



HAL
open science

Étude HMUC : Rapport Phase 3. Définition des débits biologiques - Analyses prospectives : besoins futurs et changement climatique

Léonard Santos, Gaëlle Tallec, Evelyne Tales, Aaron Bluche, Bertrand You, Anthony Thomas, Laurent Mounereau, Guillaume Thirel

► To cite this version:

Léonard Santos, Gaëlle Tallec, Evelyne Tales, Aaron Bluche, Bertrand You, et al.. Étude HMUC : Rapport Phase 3. Définition des débits biologiques - Analyses prospectives : besoins futurs et changement climatique. INRAE; EPTB Sèvre Nantaise. 2025. <hal-04355199v2>

HAL Id: hal-04355199

<https://hal.inrae.fr/hal-04355199v2>

Submitted on 7 Mar 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization



L'Ouin en rupture d'écoulement à Mauléon (source : EPTB Sèvre Nantaise)

➤ **Étude HMUC : Rapport Phase 3**

Définition des débits biologiques

Analyses prospectives : besoins futurs
et changement climatique

Rapport validé par la Commission
Locale de l'Eau du SAGE de la Sèvre
Nantaise le 19 décembre 2023

Mise à jour du 25 février 2025

| | |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nom du document | Étude HMUC : Rapport Phase 3. Définition des débits biologiques - Analyses prospectives : besoins futurs et changement climatique |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| Version du rapport | Apport | Rédacteur.rice / Relecteur.rice | Institut | Date |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------|
| V1 | Partie Climat | Guillaume Thirel | INRAE | 17/05/23 |
| | Partie Prospectives | Gaëlle Tallec, Guillaume Thirel, Léonard Santos | INRAE | |
| | Partie Prospectives | Anthony Thomas | EPTB SN | |
| V1.1 | Relecture | Anthony Thomas et Laurent Mounereau | EPTB SN | 02/06/23 |
| | Ajout chaîne de modélisation | Guillaume Thirel | INRAE | |
| V1.2 | Partie débits biologiques | Evelyne Tales, Aaron Bluche et Léonard Santos | INRAE | 05/06/23 |
| V1.3 | Analyse débits biologiques Sanguèze | Bertrand YOU | Hydro Concept | 27/07/2023 |
| | Besoins milieux + répartition intervenants débits bio + intermittence + dispo 7D-5 | Anthony Thomas | EPTB SN | 11/08/2023 |
| V1.4 | Prise en compte des retours sur la partie Milieux | Evelyne Tales | INRAE | 25/08/2023 |
| | Divers | Guillaume Thirel | INRAE | 04/09/2023 |
| V1.5 | Modélisation des usages | Léonard Santos et Guillaume Thirel | INRAE | 11/09/2023 |
| V1.6 | Evolution du débit désinfluencé et prise en compte des remarques | Léonard Santos et Guillaume Thirel | INRAE | 14/09/2023 |
| V1.7 | Evolution en fonction du scénario d'usage | Léonard Santos et Guillaume Thirel | INRAE | 21/09/2023 |
| V1.8 | Bilan, ajout d'une analyse de l'impact du mois de novembre sur le remplissage des retenues et correction de la demande AEP de Bultière | Léonard Santos et Guillaume Thirel | INRAE | 27/09/2023 |
| V1.9 | Actualisation volet « milieux » | Evelyne Tales Bertrand YOU Anthony Thomas | INRAE Hydro Concept EPTB SN | 27/10/2023 |
| V1.10 | Correctifs et mise en page | Anthony Thomas | EPTB SN | 04/12/2023 |

| Version du rapport | Apport | Rédacteur.rice / Relecteur.rice | Institut | Date |
|--------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------|----------|
| V1.11 | Corrections suite contrôle livrables | Guillaume Thirel et Anthony Thomas | INRAE et EPTB | 05/12/24 |

Comment citer ce rapport :

Santos, L., Tallec, G., Tales, E., Bluche, A., You B., Thomas, A., Mounereau, L. et Thirel, G. Étude HMUC : Rapport Phase 3. Définition des débits biologiques - Analyses prospectives : besoins futurs et changement climatique. 441 p <https://hal.inrae.fr/hal-04355199>

Table des matières

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 Introduction..... | 11 |
| 1.1 Présentation générale du bassin versant..... | 11 |
| 1.2 Contexte général de l'étude HMUC..... | 12 |
| 1.2.1 Origine de l'étude..... | 12 |
| 1.2.2 Objet de l'étude..... | 13 |
| 1.2.3 Découpage de la mission..... | 14 |
| 1.3 Étude « Volumes Prélevables » de 2012..... | 14 |
| 1.4 Objectifs de la phase 3..... | 15 |
| 1.5 Structure du rapport..... | 16 |
| 2 Volet « Milieu »..... | 17 |
| 2.1 Besoins des milieux naturels..... | 17 |
| 2.1.1 Des besoins saisonniers..... | 17 |
| 2.1.2 Focus sur les étiages..... | 19 |
| 2.2 Sensibilité des unités de gestion à l'intensité des basses eaux..... | 22 |
| 2.3 Synthèse des démarches d'évaluation des débits biologiques dans le cadre de l'étude HMUC | 27 |
| 2.4 Évaluation des débits seuils de prélèvements hors période de basses eaux selon les préconisations du SDAGE Loire Bretagne..... | 30 |
| 2.5 Ré-analyse des stations issues de l'étude « volumes prélevables »..... | 37 |
| 2.5.1 Rappel des valeurs de débits biologiques estimées en 2012..... | 37 |
| 2.5.2 Rappel des valeurs de débits biologiques estimées en 2012..... | 38 |
| 2.5.3 Révision des valeurs de débits biologiques obtenues en 2012..... | 39 |
| 2.5.4 Choix des simulations biologiques..... | 41 |
| 2.5.5 Résultats de la modélisation des surfaces d'habitats aux huit stations..... | 43 |
| 2.5.6 Estimation des valeurs seuils de débit..... | 43 |
| 2.5.7 Données stationnelles..... | 50 |
| 2.5.7.1 Sous-bassin de la Sèvre Nantaise..... | 50 |
| 2.5.7.2 Proposition d'une plage de débits biologiques..... | 54 |
| 2.5.7.3 Sous-bassin de la Maine..... | 56 |
| 2.5.7.4 Proposition d'une plage de débits biologiques..... | 62 |
| 2.5.7.5 Sous-bassin de la Moine..... | 63 |
| 2.5.7.6 Proposition d'une plage de débits biologiques..... | 67 |
| 2.5.8 Synthèse sur les débits biologiques en période de basses eaux..... | 68 |
| 2.5.9 Éléments concernant la gestion des débits en dehors de la période de basses eaux..... | 69 |
| 2.6 Stations de débits biologiques complémentaires – Méthode ESTIMHAB..... | 72 |
| 2.6.1 Localisation des sites..... | 72 |
| 2.6.2 Hydrologie reconstituée..... | 75 |
| 2.6.2.1 La Sanguèze à Mouzillon..... | 75 |
| 2.6.2.2 Le Trézon à l'Herboutière..... | 76 |
| 2.6.2.3 L'Ouin à la Basse Gelousière..... | 77 |
| 2.6.2.4 La Grande Maine à la Patricière..... | 78 |
| 2.6.2.5 La Sèvre Nantaise à l'Elunière..... | 79 |
| 2.6.3 Choix des espèces ou guildes envisagées..... | 80 |

| | | |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.6.3.1 | Choix envisagés..... | 80 |
| 2.6.3.2 | Données d'entrée d'Estimhab..... | 80 |
| 2.6.3.3 | Choix des espèces et guildes retenus..... | 84 |
| 2.6.4 | Modélisation par Estimhab..... | 84 |
| 2.6.4.1 | Plage de sensibilité ou plage du SAR..... | 84 |
| 2.6.4.2 | SPU/débits caractéristiques..... | 85 |
| 2.6.4.3 | Débit de survie..... | 85 |
| 2.6.5 | La Sanguèze à Mouzillon..... | 86 |
| 2.6.5.1 | Plage du Seuil d'Accroissement des Risques (SAR)..... | 86 |
| 2.6.5.2 | Proposition d'une plage de débits biologiques..... | 87 |
| 2.6.5.3 | Evolution du ratio SPU / SPU de référence..... | 88 |
| 2.6.5.4 | Débit de survie..... | 89 |
| 2.6.6 | Le Trézon à l'Herboutière..... | 91 |
| 2.6.6.1 | Plage du Seuil d'Accroissement des Risques (SAR)..... | 91 |
| 2.6.6.2 | Proposition d'une plage de débits biologiques..... | 93 |
| 2.6.6.3 | Evolution du ratio SPU / SPU de référence..... | 93 |
| 2.6.6.4 | Débit de survie..... | 94 |
| 2.6.7 | L'Ouin à la Basse Gelousière..... | 96 |
| 2.6.7.1 | Plage du Seuil d'Accroissement des Risques (SAR)..... | 96 |
| 2.6.7.2 | Proposition d'une plage de débits biologiques..... | 98 |
| 2.6.7.3 | Evolution du ratio SPU / SPU de référence..... | 98 |
| 2.6.7.4 | Débit de survie..... | 100 |
| 2.6.8 | La Grande Maine à la Patricière..... | 102 |
| 2.6.8.1 | Plage du Seuil d'Accroissement des Risques (SAR)..... | 102 |
| 2.6.8.2 | Proposition d'une plage de débits biologiques..... | 104 |
| 2.6.8.3 | Evolution du ratio SPU / SPU de référence..... | 104 |
| 2.6.8.4 | Débit de survie..... | 106 |
| 2.6.9 | La Sèvre Nantaise à l'Elunière..... | 108 |
| 2.6.9.1 | Plage du Seuil d'Accroissement des Risques (SAR)..... | 108 |
| 2.6.9.2 | Proposition d'une plage de débits biologiques..... | 110 |
| 2.6.9.3 | Evolution du ratio SPU / SPU de référence..... | 110 |
| 2.6.9.4 | Débit de survie..... | 112 |
| 2.7 | Évaluation des débits biologiques hors période de très basses eaux et synthèse par station..... | 114 |
| 2.7.1 | Protocole d'analyse..... | 114 |
| 2.7.1.1 | Connectivité au sein du lit mineur..... | 114 |
| 2.7.1.1.1 | Protocole..... | 114 |
| 2.7.1.1.2 | Traitement..... | 115 |
| 2.7.1.1.3 | Franchissabilité des radiers..... | 116 |
| 2.7.1.1.4 | Décolmatage des radiers..... | 117 |
| 2.7.1.2 | Connectivité du cours d'eau avec ses annexes hydrauliques..... | 118 |
| 2.7.1.2.1 | Protocole..... | 118 |
| 2.7.1.2.2 | Traitement..... | 119 |
| 2.7.1.2.2.1 | Annexe linéaire..... | 119 |
| 2.7.1.2.2.2 | Annexes surfaciques..... | 120 |
| 2.7.1.3 | Choix des débits de connectivité..... | 121 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.7.2 Conditions de prospection..... | 122 |
| 2.7.3 Débits biologiques hors période de basses eaux..... | 123 |
| 2.7.4 La Sanguèze à Mouzillon..... | 124 |
| 2.7.4.1 Localisation des sites..... | 124 |
| 2.7.4.2 Connectivité au sein du lit mineur..... | 125 |
| 2.7.4.2.1 Habitat..... | 125 |
| 2.7.4.2.2 Franchissabilité des radiers..... | 126 |
| 2.7.4.2.3 Décolmatage des radiers..... | 126 |
| 2.7.4.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques..... | 127 |
| 2.7.4.4 Synthèse des débits biologiques proposés..... | 128 |
| 2.7.5 Le Trézon..... | 130 |
| 2.7.5.1 Localisation des sites..... | 130 |
| 2.7.5.2 Connectivité au sein du lit mineur..... | 131 |
| 2.7.5.2.1 Habitat..... | 131 |
| 2.7.5.2.2 Franchissabilité des radiers..... | 132 |
| 2.7.5.2.3 Décolmatage des radiers..... | 132 |
| 2.7.5.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques..... | 132 |
| 2.7.5.4 Synthèse des débits biologiques proposés..... | 133 |
| 2.7.6 L'Ouin à la Basse Gelousière..... | 136 |
| 2.7.6.1 Localisation des sites..... | 136 |
| 2.7.6.2 Connectivité au sein du lit mineur..... | 137 |
| 2.7.6.2.1 Habitat..... | 137 |
| 2.7.6.2.2 Franchissabilité des radiers..... | 138 |
| 2.7.6.2.3 Décolmatage des radiers..... | 138 |
| 2.7.6.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques..... | 139 |
| 2.7.6.4 Synthèse des débits biologiques proposés..... | 140 |
| 2.7.7 La Sèvre Nantaise à l'Elunière..... | 143 |
| 2.7.7.1 Localisation des sites..... | 143 |
| 2.7.7.2 Connectivité au sein du lit mineur..... | 144 |
| 2.7.7.2.1 Habitat..... | 144 |
| 2.7.7.2.2 Franchissabilité des radiers..... | 145 |
| 2.7.7.2.3 Décolmatage des radiers..... | 145 |
| 2.7.7.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques..... | 146 |
| 2.7.7.4 Synthèse des débits biologiques proposés..... | 146 |
| 2.7.8 La Sèvre Nantaise à Montravers..... | 149 |
| 2.7.8.1 Localisation des sites..... | 149 |
| 2.7.8.2 Connectivité au sein du lit mineur..... | 150 |
| 2.7.8.2.1 Habitat..... | 150 |
| 2.7.8.2.2 Franchissabilité des radiers..... | 151 |
| 2.7.8.2.3 Décolmatage des radiers..... | 151 |
| 2.7.8.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques..... | 152 |
| 2.7.8.4 Synthèse des débits biologiques proposés..... | 154 |
| 2.7.9 La Sèvre Nantaise à Tiffauges..... | 156 |
| 2.7.9.1 Localisation des sites..... | 156 |
| 2.7.9.2 Connectivité au sein du lit mineur..... | 157 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.7.9.2.1 Habitat..... | 157 |
| 2.7.9.2.2 Franchissabilité des radiers..... | 158 |
| 2.7.9.2.3 Décolmatage des radiers..... | 158 |
| 2.7.9.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques..... | 158 |
| 2.7.9.4 Synthèse des débits biologiques proposés..... | 160 |
| 2.7.10 La Moine à Cholet..... | 162 |
| 2.7.10.1 Localisation des sites..... | 162 |
| 2.7.10.2 Connectivité au sein du lit mineur..... | 163 |
| 2.7.10.2.1 Habitat..... | 163 |
| 2.7.10.2.2 Franchissabilité des radiers..... | 164 |
| 2.7.10.2.3 Décolmatage des radiers..... | 164 |
| 2.7.10.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques..... | 164 |
| 2.7.10.4 Synthèse des débits biologiques proposés..... | 166 |
| 2.7.11 La Moine à St-Crespin-sur-Moine..... | 168 |
| 2.7.11.1 Localisation des sites..... | 168 |
| 2.7.11.2 Connectivité au sein du lit mineur..... | 169 |
| 2.7.11.2.1 Habitat..... | 169 |
| 2.7.11.2.2 Franchissabilité des radiers..... | 170 |
| 2.7.11.2.3 Décolmatage des radiers..... | 170 |
| 2.7.11.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques..... | 170 |
| 2.7.11.4 Synthèse des débits biologiques proposés..... | 173 |
| 2.7.12 La Grande Maine à la Patricière..... | 175 |
| 2.7.12.1 Localisation des sites..... | 175 |
| 2.7.12.2 Connectivité au sein du lit mineur..... | 176 |
| 2.7.12.2.1 Habitat..... | 176 |
| 2.7.12.2.2 Franchissabilité des radiers..... | 177 |
| 2.7.12.2.3 Décolmatage des radiers..... | 177 |
| 2.7.12.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques..... | 177 |
| 2.7.12.4 Synthèse des débits biologiques proposés..... | 178 |
| 2.7.13 La Grande Maine au Pont Léger..... | 181 |
| 2.7.13.1 Localisation des sites..... | 181 |
| 2.7.13.2 Connectivité au sein du lit mineur..... | 182 |
| 2.7.13.2.1 Habitat..... | 182 |
| 2.7.13.2.2 Franchissabilité des radiers..... | 183 |
| 2.7.13.2.3 Décolmatage des radiers..... | 183 |
| 2.7.13.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques..... | 183 |
| 2.7.13.4 Synthèse des débits biologiques proposés..... | 185 |
| 2.7.14 La Petite Maine à Fromage..... | 188 |
| 2.7.14.1 Localisation des sites..... | 188 |
| 2.7.14.2 Connectivité au sein du lit mineur..... | 189 |
| 2.7.14.2.1 Habitat..... | 189 |
| 2.7.14.2.2 Franchissabilité des radiers..... | 190 |
| 2.7.14.2.3 Décolmatage des radiers..... | 190 |
| 2.7.14.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques..... | 190 |
| 2.7.14.4 Synthèse des débits biologiques proposés..... | 192 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.7.15 La Maine à Aigrefeuille..... | 194 |
| 2.7.15.1 Localisation des sites..... | 194 |
| 2.7.15.2 Connectivité au sein du lit mineur..... | 195 |
| 2.7.15.2.1 Habitat..... | 195 |
| 2.7.15.2.2 Franchissabilité des radiers..... | 196 |
| 2.7.15.2.3 Décolmatage des radiers..... | 196 |
| 2.7.15.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques..... | 196 |
| 2.7.15.4 Synthèse des débits biologiques proposés..... | 198 |
| 2.7.16 La Sèvre Nantaise à Angreviers..... | 201 |
| 2.7.16.1 Franchissabilité de l'ouvrage..... | 201 |
| 2.7.16.2 Débits biologiques proposés..... | 201 |
| 2.7.16.3 Synthèse des débits biologiques proposés..... | 203 |
| 2.8 Débits environnementaux proposés..... | 205 |
| 2.9 Impact du changement climatique sur les peuplements de poissons d'eau douce..... | 208 |
| 2.9.1 Tendances actuelles..... | 208 |
| 2.9.1.1 Phénologie des organismes..... | 208 |
| 2.9.1.2 Changement d'aire de distribution des espèces..... | 209 |
| 2.9.1.3 Réponses aux fluctuations à court terme des conditions climatiques..... | 209 |
| 2.9.1.4 Effets d'interaction avec la qualité de l'eau..... | 209 |
| 2.9.2 Évolutions futures..... | 210 |
| 2.9.3 Impacts du changement climatique sur les peuplements de poissons du bassin de la Sèvre Nantaise..... | 211 |
| 2.9.3.1 Conditions thermiques dans les cours d'eau du bassin de la Sèvre Nantaise..... | 211 |
| 2.9.3.2 Sensibilité du bassin au changement climatique (Beaufort et al., 2020)..... | 213 |
| 2.9.3.3 Vulnérabilité des espèces du bassin (Explore 2070, MEDDE/Biotope 2012)..... | 214 |
| 2.9.4 Conclusion..... | 214 |
| 3 Volet « Climat »..... | 216 |
| 3.1 La chaîne de modélisation de l'impact du changement climatique..... | 216 |
| 3.2 Précisions sur les différents exercices de modélisation climatique..... | 217 |
| 3.3 Sélection de projections climatiques parmi les projections Explore2..... | 219 |
| 4 Volet « Usages »..... | 225 |
| 4.1 Analyses prospective : État de l'art sur la Sèvre Nantaise et scénarios mis en œuvre..... | 225 |
| 4.1.1 Objectif de ce travail de prospective..... | 225 |
| 4.1.2 Méthodologie employée..... | 226 |
| 4.1.3 Besoins de la modélisation employée..... | 228 |
| 4.1.3.1 Principes de la modélisation hydrologique..... | 228 |
| 4.1.3.2 Prise en compte des usages..... | 229 |
| 4.1.4 Usages, variables et pistes d'adaptation..... | 231 |
| 4.1.4.1 Alimentation en eau potable (AEP) et assainissement..... | 231 |
| 4.1.4.2 Agriculture..... | 250 |
| 4.1.4.3 Industries..... | 282 |
| 4.1.5 Narratif des trois scénarios..... | 286 |
| 4.1.5.1 Scénario constant..... | 286 |
| 4.1.5.2 Scénario tendanciel..... | 287 |
| 4.1.5.3 Scénario alternatif..... | 289 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.6 Récapitulatif des scénarios..... | 291 |
| 4.1.6.1 Récapitulatif du scénario constant..... | 291 |
| 4.1.6.2 Récapitulatif du scénario tendanciel..... | 294 |
| 4.1.6.3 Récapitulatif du scénario alternatif..... | 297 |
| 4.2 Modélisation des usages..... | 300 |
| 4.2.1 Modèle de demande en eau pour l'abreuvement..... | 301 |
| 4.2.2 Modèle de demande en eau pour l'industrie..... | 302 |
| 4.2.3 Modèle de demande en eau pour l'irrigation..... | 304 |
| 4.2.3.1 La modélisation agronomique..... | 304 |
| 4.2.3.2 La modélisation de la demande en eau agricole..... | 305 |
| 4.2.3.3 Le modèle CropWat..... | 306 |
| 4.2.3.4 Application du modèle CropWat dans le cas de l'étude HMUC..... | 307 |
| 4.2.4 Modèle de demande en eau pour l'AEP et les rejets de STEP..... | 309 |
| 4.2.5 Comparaison de l'hydrologie..... | 314 |
| 5 Volet « Hydrologie »..... | 318 |
| 5.1 Préambule..... | 318 |
| 5.2 Résumé des simulations effectuées..... | 318 |
| 5.3 Evolution du débit désinfluencé..... | 320 |
| 5.3.1 Projection C2..... | 321 |
| 5.3.2 Projection B3..... | 327 |
| 5.3.3 Projection F4..... | 333 |
| 5.3.4 Projection A1..... | 339 |
| 5.3.5 Projection C1..... | 345 |
| 5.3.6 Conclusion..... | 351 |
| 5.4 Evolution en fonction du scénario d'usages..... | 352 |
| 5.4.1 Horizon 2030..... | 352 |
| 5.4.1.1 Évolution du module..... | 352 |
| 5.4.1.2 Évolution du QMNA5..... | 354 |
| 5.4.1.3 Évolution des régimes hydrologiques..... | 356 |
| 5.4.1.4 Probabilités de remplissage des retenues..... | 358 |
| 5.4.1.5 Part potentielle du remplissage des retenues en novembre..... | 363 |
| 5.4.1.6 Niveau de remplissage des grands réservoirs..... | 365 |
| 5.4.1.7 Taux de satisfaction global des usages..... | 367 |
| 5.4.1.8 Taux de satisfaction individuel par usage..... | 372 |
| 5.4.1.9 Balance prélèvements / rejets..... | 376 |
| 5.4.2 Horizon 2050..... | 383 |
| 5.4.2.1 Évolution du module..... | 383 |
| 5.4.2.2 Évolution du QMNA5..... | 384 |
| 5.4.2.3 Évolution des régimes hydrologiques..... | 385 |
| 5.4.2.4 Probabilités de remplissages des retenues..... | 387 |
| 5.4.2.5 Part potentielle du remplissage des retenues en novembre..... | 391 |
| 5.4.2.6 Niveau de remplissage des grands réservoirs..... | 392 |
| 5.4.2.7 Taux de satisfaction global des usages..... | 394 |
| 5.4.2.8 Taux de satisfaction individuel par usage..... | 398 |
| 5.4.2.9 Balance prélèvements / rejets..... | 402 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.4.3 Horizon 2070..... | 407 |
| 5.4.3.1 Évolution du module..... | 407 |
| 5.4.3.2 Évolution du QMNA5..... | 408 |
| 5.4.3.3 Évolution des régimes hydrologiques..... | 410 |
| 5.4.3.4 Probabilités de remplissage des retenues..... | 412 |
| 5.4.3.5 Part potentielle du remplissage des retenues en novembre..... | 416 |
| 5.4.3.6 Niveau de remplissage des grands réservoirs..... | 417 |
| 5.4.3.7 Taux de satisfaction global des usages..... | 419 |
| 5.4.3.8 Taux de satisfaction individuel par usage..... | 423 |
| 5.4.3.9 Balance prélèvements / rejets..... | 427 |
| 5.4.4 Conclusion sur l'évolution des débits influencés..... | 434 |
| 6 Bilan de la phase 3..... | 435 |
| 7 Références..... | 438 |
| 8 Acronymes utilisés..... | 440 |

1 Introduction

1.1 Présentation générale du bassin versant

La Sèvre Nantaise est le dernier grand affluent de la Loire. A ce titre, son bassin versant fait partie du district hydrographique Loire-Bretagne. Les sources de la Sèvre Nantaise, localisées sur les communes du Beugnon et de Neuvy-Bouin, se situent à 215 m d'altitude. Son territoire d'environ 2 350 km² couvre 113 communes, réparties sur quatre départements – les Deux-Sèvres, le Maine-et-Loire, la Vendée et la Loire-Atlantique – et deux régions administratives – les Pays de la Loire et la Nouvelle-Aquitaine (pour le département des Deux-Sèvres).

Le cours de la Sèvre Nantaise s'étend sur 136 kilomètres. Elle a pour affluents principaux les Maines (Petite et Grande) en rive gauche et l'Ouin, la Moine et la Sanguèze d'amont en aval en rive droite (Figure 1). La Sèvre Nantaise, les affluents principaux et les réseaux secondaires, portent à près de 4000 km le linéaire de rivières et de ruisseaux du bassin versant de la Sèvre Nantaise.

Les agglomérations principales du bassin versant sont Nantes, Cholet, Vertou, Les Herbiers, Vallet, Mauléon, Clisson, Mortagne-sur-Sèvre, Pouzauges, Montaigu-Vendée, Les Essarts-en-Bocage, Cerizay, Saint-Fulgent, Moncoutant-sur-Sèvre, Aigrefeuille-sur-Maine et Sèvremoine. Au total, environ 330 000 habitants vivent sur le bassin.

Le climat observé sur le bassin de la Sèvre Nantaise est de type tempéré océanique. Les hivers sont doux et pluvieux et les étés relativement beaux et doux également. Le régime hydrologique de la Sèvre Nantaise est de type pluvial, c'est-à-dire avec des hivers présentant des débits plus forts et des étés présentant des débits plus faibles, sous l'influence de l'évaporation. La géologie du bassin est principalement cristalline, ce qui fait que l'hydrogéologie du bassin est marquée par un milieu fissuré et semi-perméable. Des indications chiffrées sur le climat, le régime hydrologique et hydrogéologique du bassin ont été présentées dans le rapport de phase 1, en même temps que les bases de données hydroclimatiques. Une présentation détaillée du bassin versant est aussi donnée dans le rapport de Phase 2 (Santos et al., 2023).

À retenir :

Le bassin versant de la Sèvre Nantaise a une surface de 2 350 km². Il couvre 113 communes pour environ 330 000 habitants. Le réseau hydrographique est dense (environ 4 000 km) et le climat est de type océanique.

1.2 Contexte général de l'étude HMUC

La présente étude vise à améliorer la compréhension de l'hydrologie quantitative sur le bassin versant de la Sèvre Nantaise (c'est-à-dire l'espace géographique drainé par cette dernière). Cette étude, sous maîtrise d'ouvrage de l'EPTB de la Sèvre Nantaise, est notamment financée par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne et la Région Pays de la Loire dans le cadre du Contrat Territorial Eau 2021 – 2026 du bassin versant de la Sèvre Nantaise.

Le Comité de Pilotage de ce dossier est constitué par la Commission Locale de l'Eau du SAGE de la Sèvre nantaise.

1.2.1 Origine de l'étude

Une étude « volumes prélevables » (menée par le bureau d'étude SAFEGE) ayant pour but la définition d'une stratégie de gestion quantitative de la ressource en eau en période d'étiage (c'est-à-dire la période de bas débit des cours d'eau, ici entre avril et octobre) et menée en 2011 et 2012 dans le cadre de la révision du SAGE a permis de mettre en évidence :

- la forte sensibilité aux étiages des sous-bassins versants Petite Maine, Grande Maine, Sèvre amont et Sanguèze et dans une moindre mesure des sous-bassins versants Maine, Sèvre moyenne et de l'Ouin ;
- le fait que l'essentiel des prélèvements est dédié à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation, les volumes prélevés pour l'usage industriel représentant moins de 5% des prélèvements totaux en moyenne. Les sous-bassins versants Grande Maine et Moine sont les plus sollicités par ces prélèvements.

Sur cette base la Commission Locale de l'Eau (CLE) du SAGE a défini l'alimentation en eau potable comme prioritaire, sans remettre en cause les fonctionnalités des milieux aquatiques. Au travers du SAGE approuvé par arrêté préfectoral du 7 avril 2015, la CLE demande que le respect des débits d'objectif d'étiage aux points de mesure permette d'assurer l'équilibre entre les prélèvements et la ressource disponible. Cette étude « volumes prélevables » n'a, en revanche, pas analysé spécifiquement les impacts du changement climatique et ses implications sur l'hydrologie, les milieux et les usages. Elle n'a par ailleurs pas permis de traiter la question de la gestion hivernale de la ressource. Dans la continuité du travail entrepris précédemment, le lancement d'une étude « HMUC » (Hydrologie, Milieu, Usages, Climat) doit ainsi permettre d'actualiser et d'affiner la connaissance.

À l'issue de cette étude HMUC, la Commission Locale de l'Eau doit être en mesure de déterminer des préconisations de gestion de la ressource en eau sur le bassin versant de la Sèvre Nantaise : renforcement des suivis existants (stations hydrologiques et piézomètres), et le cas échéant, définition de nouvelles valeurs de débits objectifs d'étiage, débits écologiques, débits d'alerte, débits de crise et volumes prélevables.

1.2.2 Objet de l'étude

L'étude HMUC doit appréhender et traiter nécessairement les volets hydrologie, milieu, usages et climat, en les rapprochant et en les croisant.

L'étude détaille le fonctionnement hydrologique (et hydrogéologique si nécessaire) du bassin, s'intéresse particulièrement aux usages (plans d'eau, prélèvements, ...). Elle définit des débits écologiques, qui intègrent le débit minimum d'une rivière pour garantir la vie, la circulation et la reproduction des espèces y vivant. Ces débits minimums sont établis pour chaque mois de l'année. Ces débits doivent être comparés aux débits statistiques et notamment au QMNA5.

L'étude identifie les lacunes de connaissances et analyse la pertinence de l'ensemble des indicateurs hydrologiques (et piézométriques) du dispositif de gestion structurelle (y compris en période hivernale), ainsi que du dispositif de gestion de crise sur le bassin versant.

Selon les résultats de cette analyse, elle propose une adaptation des valeurs des débits objectifs d'étiage du SAGE sur le bassin, ainsi que des seuils piézométriques et hydrométriques de gestions de crise. L'opportunité d'ajuster les volumes prélevables, d'encadrer les conditions de prélèvements estivales ou hivernales est également examinée. Des propositions de renforcement du suivi hydrologique et piézométrique seront détaillées si nécessaire.

Les résultats de cette étude doivent permettre :

- d'améliorer les connaissances concernant la ressource en eau et ses usages sur le territoire ;
- d'identifier les secteurs en déficit, à risque ou en équilibre ;
- de proposer si nécessaire, une adaptation des objectifs de gestion structurelle (DOE au point nodal du SDAGE, DOEs complémentaires, valeurs de piézométrie objectif d'étiage sur les principaux réservoirs aquifères), des objectifs de gestion de crise, un ajustement des volumes prélevables par unité de gestion et la définition des objectifs hivernaux de débits et de niveaux piézométriques ;
- d'engager un volet sur les perspectives d'évolution de tous ces éléments dans le cadre du changement climatique.

Concernant l'étude SAFEGE de 2012 ayant permis une analyse de la gestion quantitative en période d'étiage, il est attendu dans le cadre de l'étude HMUC que ces éléments soient critiqués, consolidés et complétés par les chroniques plus récentes.

Cette étude ne prévoit pas la réalisation d'assistance pour l'élaboration d'un Projet de Territoire pour la Gestion de l'Eau (PTGE). En revanche, à l'issue de l'étude HMUC, d'éventuelles recommandations pourront être établies sur l'opportunité de déclencher une démarche « PTGE ».

1.2.3 Découpage de la mission

Le découpage de cette mission sera effectué en 1 tranche ferme et 8 tranches optionnelles. Les principales prestations attendues dans le cadre de cette prestation sont les suivantes :

Tranches fermes :

- Phase 1 : Analyse des données et définition des besoins complémentaires
- Phase 2 : État des lieux / Diagnostic / Constitution de la modélisation
- Phase 3 : Analyses prospectives : besoins futurs et changement climatique
- Phase 4 : Quantification des volumes prélevables entre les différents usages et programme d'actions

Tranches optionnelles :

- Réunion supplémentaire (TO1)
- Détermination des débits écologiques (TO2)
- Définition / adaptation des débits objectifs d'étiage - DOE (TO3)
- Définition des objectifs hivernaux de débits et de niveaux (TO4)
- Adaptation des conditions de prélèvement estivales (TO5)
- Adaptation des conditions de prélèvements hivernaux en cours d'eau pour le remplissage des réserves (TO6)
- Gestion de crise - Définition / adaptation des DSA et DCR (TO7)
- Ajustement des volumes prélevables toute l'année (TO8)

Le présent rapport concerne la phase 3 : Définition des débits biologiques - Analyses prospectives : besoins futurs et changement climatique.

1.3 Étude « Volumes Prélevables » de 2012

L'étude « volumes prélevables », réalisée par le bureau d'études SAFEGE entre 2011 et 2012 avait pour but de définir une stratégie de gestion quantitative de la ressource en eau en période d'étiage. Elle s'est basée sur un découpage du bassin versant de la Sèvre Nantaise en 12 secteurs et sur une analyse sur la période 2000 - 2009 (sans prendre en compte le changement climatique). L'analyse du milieu s'est basée sur 9 stations ESTIMHAB réparties sur le bassin versant.

L'analyse des usages a montré que le bassin versant de la Sèvre Nantaise n'est pas autonome au niveau de son alimentation en eau potable. La consommation moyenne est d'environ 24 millions de m³ dont seulement 40 % sont issus de ressources internes (environ 10 millions de m³). La consommation moyenne sur le bassin est d'environ 135 litres par jour et par habitant.

La répartition des prélèvements constatés au sortir de l'étude est la suivante : en premier lieu l'Alimentation en Eau Potable (AEP, autour de 55 %), puis l'agriculture (autour de 45 %) et l'industrie qui a une influence très minoritaire (moins de 5 %). Le volume prélevé annuel représente environ 22 millions de m³, cela correspond à peu près au volume écoulé à l'exutoire de la Sèvre Nantaise entre juillet et septembre. L'étude a permis de mettre en évidence un déséquilibre quantitatif et une sensibilité en période d'étiage sur les sous-bassins de la Sèvre amont, de la Sanguèze, de la Grande et de la Petite Maine.

Les rejets correspondent à peu près aux prélèvements (environ 21 millions de m³). Ils correspondent par ordre décroissant à des rejets domestiques (entre 70 et 75 %), aux pertes des réseaux AEP (25 %) et aux rejets industriels (< 5 %).

Concernant les étiages sur le bassin, l'étude a conclu que les bassins des Maines, de la Sanguèze, de la Sèvre Amont et de l'Ouin étaient particulièrement sensibles.

1.4 Objectifs de la phase 3

L'objectif de la phase 3 de l'étude HMUC est de caractériser l'évolution du climat sur le bassin versant grâce aux dernières projections disponibles, de déterminer l'évolution future des usages de l'eau et des débits, de déterminer l'évolution des milieux dans ce contexte de changement climatique et enfin de mettre en évidence les masses d'eau en risque de déficit hydrologique.

1.5 Structure du rapport

Le présent rapport a pour objet de présenter différents éléments :

- Une analyse des débits biologiques, indépendamment du changement climatique, ainsi qu'une analyse bibliographique des effets attendus du changement climatique en lien avec le volet « Milieux » ;
- Les données climatiques futures utilisées en lien avec le volet « Climat » ;
- La prospective mise en place afin de proposer des évolutions futures des usages sur le bassin de la Sèvre Nantaise, ainsi que les modèles d'usage mise en œuvre, en lien avec le volet « Usages » ;
- Les résultats de modélisation, prenant en compte des usages, dans un contexte de changement climatique futur et d'évolution des usages, tels que décrits dans les volets précédents, en lien avec le volet « Hydrologie » ;
- Une mise en évidence des masses d'eau en risque de déficit hydrologique.

Pour mémoire, la restitution de cette étude s'appuie sur un découpage du bassin versant de la Sèvre Nantaise en unités de gestion (UG) dont la délimitation est donnée dans la Figure 1.

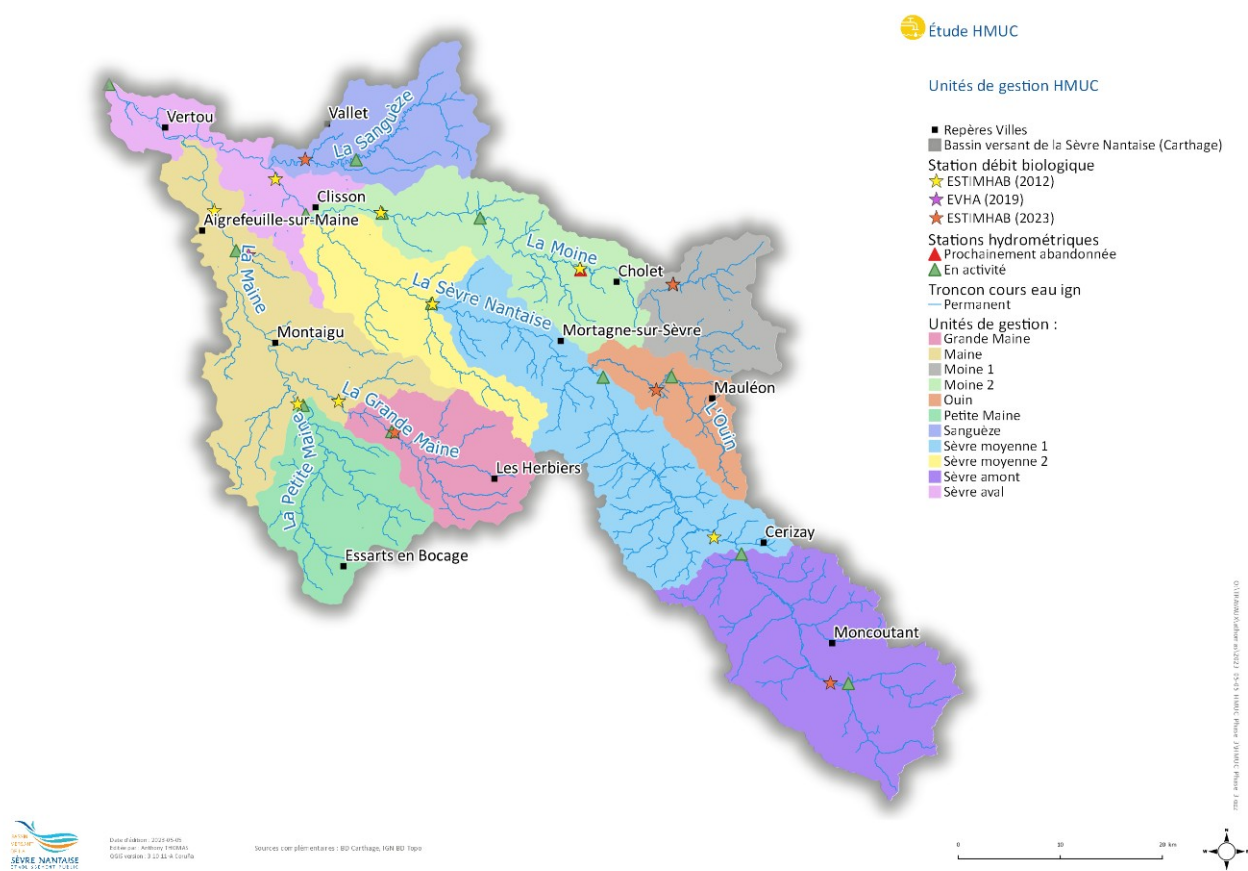


Figure 1: Localisation des unités de gestion de l'étude HMUC

2 Volet « Milieux »

Dans ce chapitre, nous déterminerons tout d'abord les débits écologiques pour les cours d'eau de la Sèvre Nantaise, en utilisant la méthodologie développée dans la Phase 2 (Santos et al., 2023) et les espèces-cibles listées dans ce même rapport. Ensuite, nous discuterons les impacts du changement climatique sur les peuplements de poissons d'eau douce grâce à une analyse bibliographique.

2.1 Besoins des milieux naturels

2.1.1 Des besoins saisonniers

L'évolution saisonnière des débits dans les cours d'eau façonne les habitats aquatiques et humides, module la connexion des différents compartiments de l'hydrosystème (lit mineur, sous-berges, annexes hydrauliques, etc.), impacte la qualité de l'eau et conditionne le maintien des cortèges faunistiques ou floristiques inféodés à ce type de milieux.

Les besoins en eau des milieux naturels s'expriment tout au long de l'année. Ces besoins sont souvent appréhendés au travers des exigences des poissons comme en témoigne la Figure 2 qui illustre la dépendance de l'accomplissement de leur cycle biologique aux débits saisonniers.

En hiver les forts débits doivent permettre la mise en eau des têtes de bassins versants qui constituent un habitat essentiel pour le frai des salmonidés. Ces débits importants assurent également un rôle de renouvellement des habitats fluviaux, au décolmatage du substrat alluvionnaire et participent à la connexion des annexes hydrauliques (bras morts, prairies inondables, etc.).

En début de période printanière, les débits encore soutenus doivent garantir le maintien en eau des annexes de l'hydrosystème, essentielles à la reproduction du brochet. Les mois d'avril et mai correspondent à la période de reproduction des principales espèces cyprinicoles et à la croissance des juvéniles de salmonidés nés plus tôt.

Les enjeux de débits en saison estivale s'orientent plus vers la sauvegarde des habitats aquatiques et la possibilité pour les populations de poissons d'accéder à des zones refuges dans lesquelles le renouvellement suffisant des eaux doit permettre d'assurer une qualité (température, oxygène, concentration en polluants notamment) compatible avec le maintien de la vie piscicole.

Les mois d'automne correspondent à la reprise des écoulements permettant d'irriguer à nouveau l'ensemble du réseau hydrographique, notamment en tête de bassin versant, et de constituer des débits d'attrait suffisants pour guider les salmonidés vers leurs zones de reproduction.

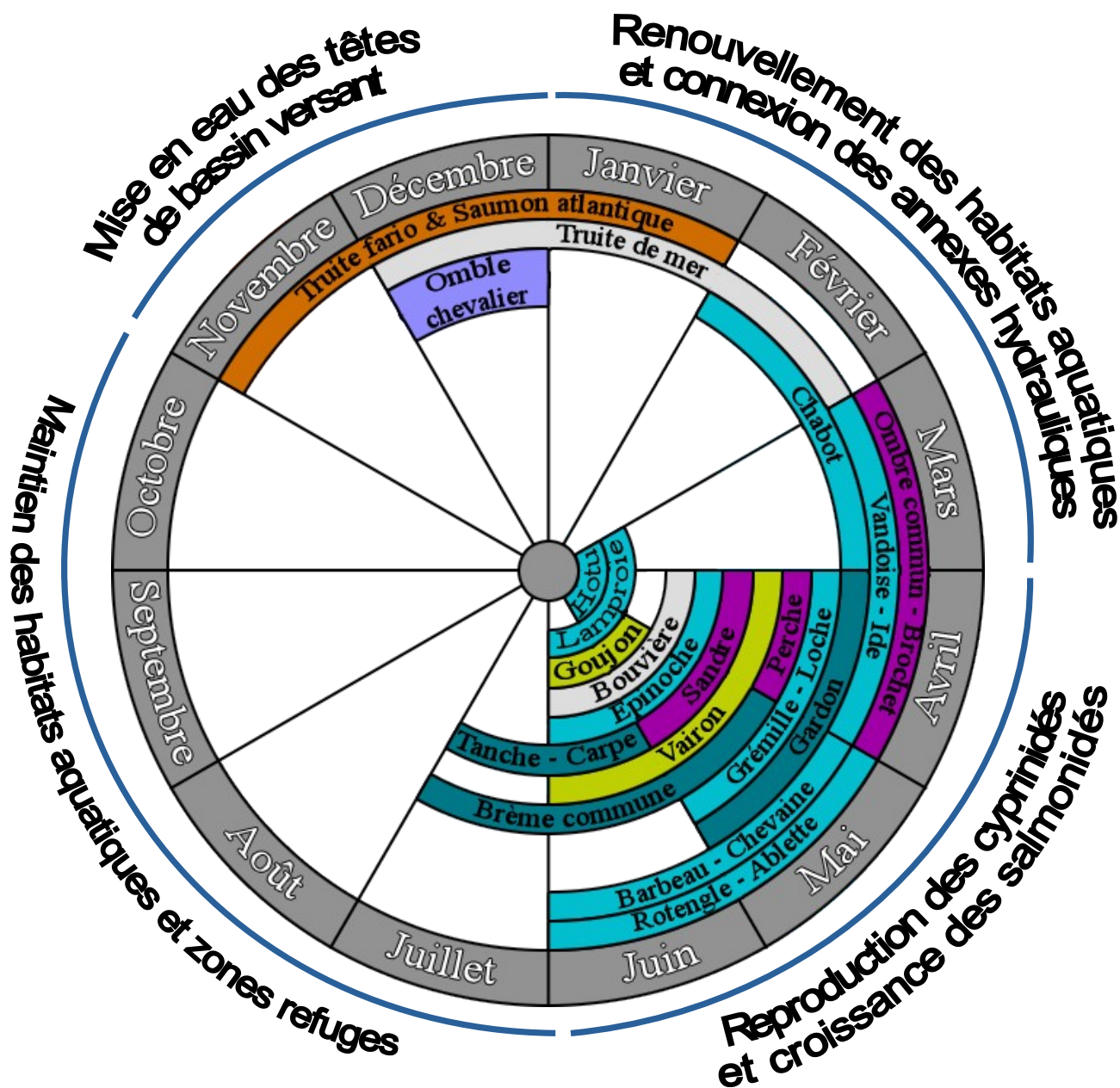


Figure 2 : Période de reproduction des poissons et synthèse des besoins des milieux aquatiques sur un cycle hydrologique, adapté de H. ANQUETIL, OFB

Source illustration centrale : http://www.ecoledepeche.be/Fr/La-reproduction-des-poissons_231_0.html

Afin d'assurer un partage équilibré de la ressource en eau entre les besoins des milieux naturels et les usages anthropiques, il est nécessaire de définir des débits (ou plages de débits) « biologiques ».

2.1.2 Focus sur les étiages

Comme en témoigne l'Étude de l'influence des étiages sur la biologie des cours d'eau en Pays de la Loire (DREAL Pays de la Loire, webinaire du 28 février 2023), la réduction des débits en période d'étiage peut avoir des conséquences multiples (Figure 3) :

- Sur les conditions d'écoulement, en diminuant la section mouillée (largeur et hauteur en eau), les vitesses d'écoulement et en modifiant les faciès d'écoulement ainsi que les relations nappe / cours d'eau.
- Sur la modification des structures d'habitats, par :
 - Uniformisation des habitats du lit mineur ;
 - Exondation et assèchement des habitats aquatiques provoquant directement la mort de toutes les espèces peu mobiles et incapables de survivre au manque d'eau ;
 - Altération voire suppression des connexions entre plusieurs parties d'un cours d'eau ou restriction de l'accès aux milieux annexes (fragmentation des milieux naturels limitant voire empêchant la mobilité des espèces) ;
 - Modification de la végétation (développement de certaines espèces au détriment d'autres) ;
- Sur la qualité physico-chimique, par réduction du facteur de dilution et concentration des polluants, augmentation de la température de l'eau et désoxygénation pouvant conduire à modifier les équilibres biologiques voire à dépasser les seuils létaux pour certaines espèces ;
- Sur la vie aquatique :
 - Modification de la chaîne trophique avec des effets sur les peuplements qui impulsent des réponses variables, la biomasse et la diversité diminuent fortement sous l'effet des bas débits et l'augmentation de la prédation ;
 - Évolution de la végétation (développement de certaines espèces, algues filamenteuses et cyanobactéries généralement, au détriment d'autres) ;
 - Déplacement voire mortalité des invertébrés les plus sensibles et prolifération des espèces les plus résistantes ;
 - Effets sur les peuplements de poissons du fait du changement des conditions d'habitats (croissance des alevins, richesse et densité de poissons, mortalités dans le pire des cas, etc.).

Face aux étiages, les êtres vivants déploient différentes stratégies de survie, puis de recolonisation une fois revenues des conditions plus favorables :

- Dérive active des invertébrés et déplacement des poissons pour gagner des zones refuges ;
- Enfouissement dans la zone hyporhéique (ensemble des sédiments saturés en eau, situés au-dessous et à côtés d'un cours d'eau) ;
- Modification de leur régime alimentaire ;
- Convergence des cycles biologiques et hydrologiques : accélération des transformations larvaires pour échapper aux assecs, ponte dans les sédiments avant l'arrivée de l'étiage, leur réhydratation à la reprise des écoulements concourant alors à la recolonisation.

Au regard de ces stratégies, il convient de souligner que les capacités de résilience sont fortement tributaires d'un bon fonctionnement hydromorphologique et d'une bonne qualité physico-chimique des eaux :

- Les communautés hyporhéiques dépendent de la présence d'un substrat compatible avec leur maintien ;
- Les altérations de l'hydromorphologie des cours d'eau peuvent conduire à limiter les vitesses d'écoulement et les capacités de dérive associées, créer des discontinuités longitudinales et latérales contraignant les déplacements, supprimer les zones refuges indispensables à la survie de certaines espèces ;
- Les concentrations de polluants, le réchauffement des eaux et la réduction de la teneur en oxygène dissous génèrent un stress sur l'écosystème et peuvent devenir létaux à partir de certains seuils.

Si la variabilité saisonnière des débits sur le bassin versant de la Sèvre Nantaise est très liée aux conditions de pluviosité, elle peut toutefois être exacerbée par les usages anthropiques, en particulier en période de basses eaux.



Figure 3 : Impacts de la baisse des niveaux d'eau sur les milieux aquatiques (Matthieu Nivesse / AFB d'après OIEau)

2.2 Sensibilité des unités de gestion à l'intensité des basses eaux

En très basses eaux, l'intensité des étiages peut se manifester par des assèchements qui condamnent alors le maintien des espèces peu mobiles et incapables de survivre au manque d'eau.

Afin d'étudier la sensibilité des unités de gestion à l'intensité des basses eaux, une analyse des débits caractéristiques spécifiques a été réalisée. Les débits spécifiques s'entendent comme un débit divisé par la surface de bassin versant intercepté et permettent ainsi une comparaison entre différents exutoires en s'affranchissant de la surface drainée.

L'exploitation des données issues de l'Observatoire National des Étiages (ONDE) a été envisagée mais les 15 stations maillant le bassin versant de la Sèvre Nantaise ne permettent pas de rendre compte avec une homogénéité suffisante la sensibilité aux basses eaux, certaines unités de gestion étant par exemple dépourvues de stations ONDE. Les données agrégées à l'échelle mensuelle des 15 stations ont toutefois été considérées pour vérifier l'approche par débit spécifique.

Dans cette analyse, les exutoires des unités de gestion ont été préférés aux stations d'évaluation des débits biologiques car ils sont intégrateurs de l'ensemble de la surface drainée par les unités de gestion. L'hydrologie désinfluencée permet d'évaluer la sensibilité « naturelle » des unités de gestion tandis que l'hydrologie influencée permet d'appréhender l'amplification ou l'atténuation des débits de très basses eaux. Les Tableau 1 à Tableau 3 présentent ainsi les résultats de cette démarche en s'appuyant sur l'échelle de couleurs suivante :

- Rouge : unités de gestion avec les plus faibles débits spécifiques,
- Jaune : unités de gestion avec des débits spécifiques intermédiaires,
- Vert : unités de gestion avec les plus forts débits spécifiques.

Tableau 1: Débits caractéristiques spécifiques en très basses eaux à l'exutoire des unités de gestion

| Surface BV intercepté (km ²) | Unité de gestion | QMNA2 Spécifique (l/s/km ²) | | QMNA5 spécifique (l/s/km ²) | | VCN10(2) (l/s) spécifique (l/s/km ²) | | VCN30(2) spécifique (l/s/km ²) | |
|------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------|------|-----------------------------------------|------|--------------------------------------------------|------|--------------------------------------------|------|
| | | DES | INF | DES | INF | DES | INF | DES | INF |
| 364 | UG Sèvre amont | 0,82 | 0,60 | 0,52 | 0,36 | 0,71 | 0,49 | 0,78 | 0,56 |
| 817 | UG Sèvre moyenne 1 | 0,75 | 0,42 | 0,48 | 0,20 | 0,66 | 0,27 | 0,72 | 0,38 |
| 1381 | UG Sèvre moyenne 2 | 0,64 | 0,73 | 0,42 | 0,43 | 0,56 | 0,52 | 0,61 | 0,64 |
| 2354 | UG Sèvre aval | 0,47 | 0,57 | 0,31 | 0,38 | 0,41 | 0,41 | 0,44 | 0,50 |
| 100 | UG Ouin | 0,54 | 0,31 | 0,33 | 0,14 | 0,45 | 0,18 | 0,50 | 0,27 |
| 133 | UG Moine 1 | 0,32 | 1,53 | 0,25 | 0,93 | 0,28 | 1,26 | 0,30 | 1,39 |
| 384 | UG Moine 2 | 0,45 | 1,39 | 0,34 | 0,97 | 0,39 | 1,07 | 0,42 | 1,28 |
| 161 | UG Sanguèze | 0,12 | 0,13 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,05 | 0,10 | 0,09 |
| 159 | UG Grande Maine | 0,21 | 0,56 | 0,12 | 0,32 | 0,16 | 0,48 | 0,19 | 0,53 |
| 192 | UG Petite Maine | 0,13 | 0,04 | 0,08 | 0,01 | 0,09 | 0,00 | 0,11 | 0,01 |
| 676 | UG Maine | 0,19 | 0,18 | 0,12 | 0,10 | 0,14 | 0,03 | 0,16 | 0,12 |

DES : Hydrologie désinfluencée / INF : Hydrologie influencée

Tableau 2: Débits mensuels spécifiques en très basses eaux à l'exutoire des unités de gestion et relevés ONDE agrégés

| Surface BV intercepté (km ²) | Unité de gestion | Débits moyens mensuels spécifiques [l.s ⁻¹ .km ⁻²] | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | | Avr | | Mai | | Juin | | Juil | | Aou | | Sep | | Oct | | Nov | |
| | | DES | INF | DES | INF | DES | INF | DES | INF | DES | INF | DES | INF | DES | INF | DES | INF |
| 364 | UG Sèvre amont | 9,59 | 9,21 | 7,23 | 6,80 | 5,00 | 4,49 | 2,37 | 1,77 | 1,75 | 1,31 | 1,36 | 1,08 | 4,14 | 3,90 | 14,50 | 14,19 |
| 817 | UG Sèvre moyenne 1 | 9,10 | 8,77 | 6,72 | 6,34 | 4,66 | 4,19 | 2,19 | 1,52 | 1,59 | 1,08 | 1,25 | 0,95 | 3,65 | 3,46 | 12,54 | 12,30 |
| 1381 | UG Sèvre moyenne 2 | 7,93 | 7,97 | 5,89 | 5,88 | 3,71 | 3,64 | 1,71 | 1,55 | 1,25 | 1,29 | 1,02 | 1,18 | 3,27 | 3,33 | 11,17 | 10,92 |
| 2354 | UG Sèvre aval | 7,06 | 7,08 | 4,99 | 4,94 | 2,96 | 2,89 | 1,30 | 1,15 | 0,90 | 0,92 | 0,78 | 0,90 | 2,83 | 2,93 | 11,24 | 10,67 |
| 100 | UG Ouin | 7,43 | 7,22 | 5,89 | 5,62 | 4,10 | 3,76 | 1,72 | 1,29 | 1,25 | 0,94 | 1,22 | 1,05 | 4,27 | 4,18 | 11,93 | 11,83 |
| 133 | UG Moine 1 | 4,46 | 6,26 | 3,49 | 5,17 | 1,78 | 3,82 | 0,65 | 3,96 | 0,52 | 4,68 | 0,46 | 3,58 | 1,92 | 2,79 | 5,30 | 3,62 |
| 384 | UG Moine 2 | 5,66 | 6,56 | 4,61 | 5,50 | 2,15 | 3,07 | 0,89 | 2,07 | 0,74 | 2,23 | 0,68 | 1,97 | 2,63 | 3,29 | 7,54 | 7,36 |
| 161 | UG Sanguèze | 3,96 | 3,89 | 2,68 | 2,65 | 1,18 | 1,11 | 0,43 | 0,35 | 0,28 | 0,25 | 0,29 | 0,32 | 2,74 | 2,80 | 12,23 | 12,27 |
| 159 | UG Grande Maine | 6,66 | 6,60 | 4,20 | 3,48 | 2,15 | 1,90 | 0,74 | 1,02 | 0,46 | 0,83 | 0,46 | 0,87 | 2,50 | 2,82 | 11,74 | 5,51 |
| 192 | UG Petite Maine | 4,92 | 4,85 | 2,56 | 2,48 | 1,27 | 1,16 | 0,50 | 0,28 | 0,31 | 0,19 | 0,43 | 0,38 | 3,27 | 3,19 | 12,45 | 12,17 |
| 676 | UG Maine | 5,95 | 5,90 | 3,65 | 3,43 | 1,80 | 1,65 | 0,65 | 0,46 | 0,37 | 0,31 | 0,41 | 0,46 | 2,36 | 2,46 | 11,59 | 9,99 |

DES : Hydrologie désinfluencée / INF : Hydrologie influencée

Observations "ONDE" sur le bassin versant de la Sèvre Nantaise

Période 2011 - 2022

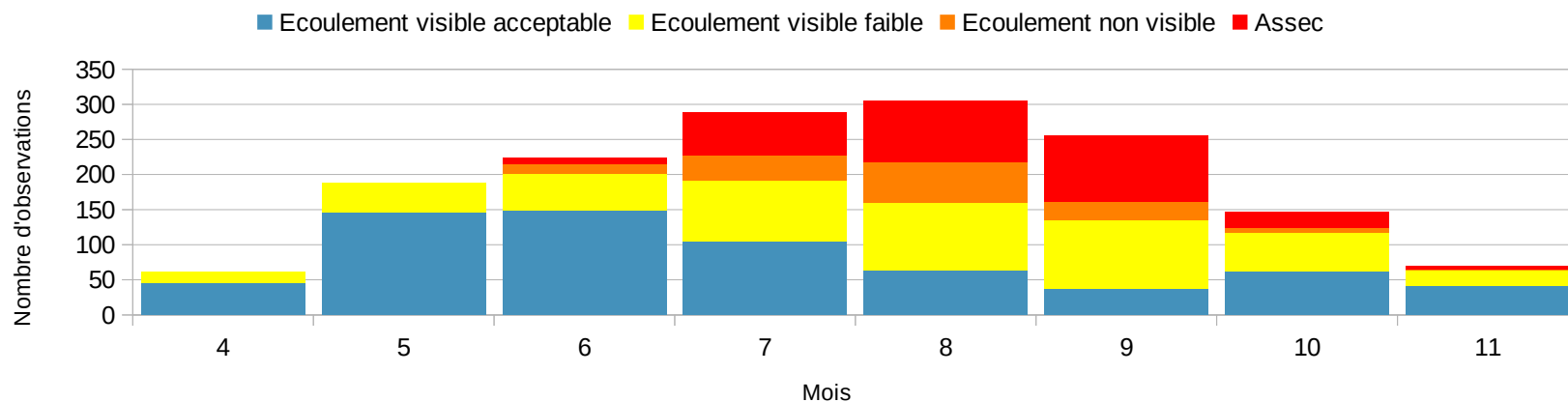


Tableau 3: Débits mensuels quinquennaux secs spécifiques en très basses eaux à l'exutoire des unités de gestion

| Surface BV intercepté (km ²) | Unité de gestion | Débits mensuels quinquennaux secs spécifiques [l.s ⁻¹ .km ⁻²] | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | Avr | | Mai | | Juin | | Juil | | Aou | | Sep | | Oct | | Nov | |
| | | DES | INF | DES | INF | DES | INF | DES | INF | DES | INF | DES | INF | DES | INF | DES | INF |
| 364 | UG Sèvre amont | 5,05 | 4,64 | 3,48 | 3,04 | 2,05 | 1,55 | 1,27 | 0,73 | 0,75 | 0,41 | 0,57 | 0,38 | 0,63 | 0,52 | 2,05 | 1,80 |
| 817 | UG Sèvre moyenne 1 | 4,79 | 4,44 | 3,30 | 2,90 | 1,92 | 1,42 | 1,16 | 0,51 | 0,69 | 0,22 | 0,52 | 0,30 | 0,58 | 0,47 | 1,91 | 1,66 |
| 1381 | UG Sèvre moyenne 2 | 4,10 | 3,97 | 2,80 | 2,70 | 1,58 | 1,46 | 0,93 | 0,73 | 0,58 | 0,46 | 0,45 | 0,61 | 0,51 | 0,70 | 1,83 | 2,02 |
| 2354 | UG Sèvre aval | 3,52 | 3,37 | 2,28 | 2,18 | 1,24 | 1,16 | 0,71 | 0,54 | 0,44 | 0,41 | 0,33 | 0,48 | 0,39 | 0,58 | 1,71 | 1,93 |
| 100 | UG Ouin | 3,40 | 3,15 | 2,31 | 1,98 | 1,24 | 0,89 | 0,72 | 0,33 | 0,45 | 0,15 | 0,33 | 0,20 | 0,43 | 0,40 | 1,78 | 1,54 |
| 133 | UG Moine 1 | 1,65 | 1,78 | 1,10 | 1,58 | 0,54 | 1,58 | 0,31 | 1,93 | 0,23 | 1,95 | 0,23 | 1,75 | 0,26 | 1,31 | 0,88 | 1,44 |
| 384 | UG Moine 2 | 2,49 | 2,79 | 1,74 | 2,30 | 0,94 | 1,63 | 0,49 | 1,27 | 0,36 | 1,18 | 0,33 | 1,35 | 0,39 | 1,18 | 1,54 | 2,51 |
| 161 | UG Sanguèze | 1,55 | 1,43 | 0,74 | 0,65 | 0,35 | 0,30 | 0,16 | 0,16 | 0,11 | 0,09 | 0,08 | 0,12 | 0,13 | 0,22 | 1,34 | 1,67 |
| 159 | UG Grande Maine | 2,97 | 1,99 | 1,65 | 1,41 | 0,78 | 0,79 | 0,37 | 0,65 | 0,20 | 0,41 | 0,13 | 0,40 | 0,17 | 0,38 | 1,15 | 0,98 |
| 192 | UG Petite Maine | 1,86 | 1,77 | 1,02 | 0,92 | 0,46 | 0,37 | 0,22 | 0,05 | 0,13 | 0,02 | 0,08 | 0,05 | 0,13 | 0,20 | 1,13 | 1,40 |
| 676 | UG Maine | 2,65 | 2,37 | 1,42 | 1,27 | 0,65 | 0,59 | 0,31 | 0,14 | 0,19 | 0,16 | 0,12 | 0,20 | 0,17 | 0,33 | 1,28 | 1,53 |

DES : Hydrologie désinfluencée / INF : Hydrologie influencée

L'approche par débits spécifiques mensuels apparaît concordante avec les relevés ONDE puisque que les valeurs les plus faibles (proches de 0 l/s/km²) sont essentiellement situées sur la période de juillet à septembre où les observations agrégées au droit des 15 stations montrent une forte proportion d'écoulement non visible ou d'assec.

Cette démarche permet ainsi d'identifier les unités de gestion de la Maine, la Petite Maine, la Grande Maine et la Sanguèze comme les sous-bassins les plus sensibles au risque d'assec en étiage, que ce soit en conditions moyennes ou quinquennales sèches. Les données hydrométriques disponibles sur ces unités de gestion confirment par ailleurs ces résultats puisque des valeurs très faibles, voire nulles, sont mesurées en très basses eaux.

En hydrologie influencée, l'unité de gestion de l'Ouin et celle de la Sèvre moyenne 1 ressortent également comme sensibles pour les débits caractéristiques QMNA5 et VCN10 biennal.

En hydrologie désinfluencée, les débits spécifiques de la période juillet à septembre peuvent également être qualifiés de très faibles pour les unités de Gestion Moine 1 et Moine 2, ce qui est moins visible en hydrologie influencée du fait du soutien d'étiage du complexe Ribou / Verdon.

L'analyse des débits spécifiques en basses eaux permet d'identifier les unités de gestion de la Maine, la Petite Maine, la Grande Maine et la Sanguèze comme les sous-bassins les plus sensibles au risque d'assec en étiage.

2.3 Synthèse des démarches d'évaluation des débits biologiques dans le cadre de l'étude HMUC

Relativement à l'étude « volumes prélevables » de 2012, plusieurs compléments d'analyse ont été réalisés afin de mieux prendre en compte la saisonnalité des besoins des milieux naturels et dans le but d'intégrer le découpage des unités de gestion retenu dans le cadre de l'étude HMUC.

Un travail de ré-analyse du travail conduit en 2012 a été effectué par INRAE en se focalisant sur la période d'étiage à partir de la méthode ESTIMHAB, sur 8 stations issues de l'étude « volumes prélevables ».

Le bureau d'études HydroConcept a pour sa part conduit des expertises en lien avec :

- L'application de la méthode ESTIMHAB sur 5 stations complémentaires (i.e. non étudiées lors de l'étude « volumes prélevables » de 2012),
- La mise en œuvre d'un protocole expérimental abordant les aspects de connectivité des habitats du lit mineur et du cours d'eau avec ses annexes hydrauliques et visant à mieux évaluer les besoins des milieux naturels en période de printemps / automne sur 12 stations (7 stations issues de l'étude « volumes prélevables » et 5 stations complémentaires).

Le Tableau 4 présente une synthèse des démarches entreprises et identifie les organismes en charge des différentes expertises réalisées :

Tableau 4 : Synthèse des démarches d'évaluation des débits biologiques

| Période | Décembre à mars | Décembre à mars | Octobre à avril | Avril à mai | Juin à septembre | Octobre à Novembre |
|---------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------|------------------------------------------------|
| Méthode | Hydrologie statistique (dispo. 7D5 du SDAGE) | Décolmatage des radiers et Connectivité lit mineur + annexes hydrauliques | Hydrologie statistique selon besoins des espèces (brochet, truite, etc.) | Connectivité lit mineur + annexes hydrauliques | ESTIMHAB | Connectivité lit mineur + annexes hydrauliques |

| Stations débits bio concernées | Origine station | Organisme concerné | | | | | |
|--------------------------------|------------------------------------|--------------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|---------------|-----------------|
| Sèvre Nantaise à Montravers | Étude « volumes prélevables » 2012 | EPTB SN | Hydro Concept | INRAE | Hydro Concept | INRAE | Hydro Concept |
| Sèvre Nantaise à Tiffauges | Étude « volumes prélevables » 2012 | EPTB SN | Hydro Concept | INRAE | Hydro Concept | INRAE | Hydro Concept |
| Sèvre Nantaise à Angreviers | Étude « volumes prélevables » 2012 | EPTB SN | Non réalisable* | INRAE (hors domaine d'application) | Non réalisable* | INRAE | Non réalisable* |
| Grande Maine au Pont Léger | Étude « volumes prélevables » 2012 | EPTB SN | Hydro Concept | INRAE | Hydro Concept | INRAE | Hydro Concept |
| Petite Maine à Fromage | Étude « volumes prélevables » 2012 | EPTB SN | Hydro Concept | INRAE | Hydro Concept | INRAE | Hydro Concept |
| Maine à Aigrefeuille | Étude « volumes prélevables » 2012 | EPTB SN | Hydro Concept | INRAE | Hydro Concept | INRAE | Hydro Concept |
| Moine à Cholet | Étude « volumes prélevables » 2012 | EPTB SN | Hydro Concept | INRAE | Hydro Concept | INRAE | Hydro Concept |
| Moine à Saint-Crespin | Étude « volumes prélevables » 2012 | EPTB SN | Hydro Concept | INRAE | Hydro Concept | INRAE | Hydro Concept |
| Sèvre Nantaise à l'Elunière | Complément HMUC | EPTB SN | Hydro Concept | - | Hydro Concept | Hydro Concept | Hydro Concept |
| Grande Maine à la Patricière | Complément HMUC | EPTB SN | Hydro Concept | - | Hydro Concept | Hydro Concept | Hydro Concept |
| Ouin à la Basse Gelousière | Complément HMUC | EPTB SN | Hydro Concept | - | Hydro Concept | Hydro Concept | Hydro Concept |
| Sanguèze à Mouzillon | Complément HMUC | EPTB SN | Hydro Concept | - | Hydro Concept | Hydro Concept | Hydro Concept |
| Le Trézon à l'Herboutière | Complément HMUC | EPTB SN | Hydro Concept | - | Hydro Concept | Hydro Concept | Hydro Concept |

* du fait de l'absence de tronçons en écoulement libre depuis Clisson jusqu'à la confluence avec la Loire

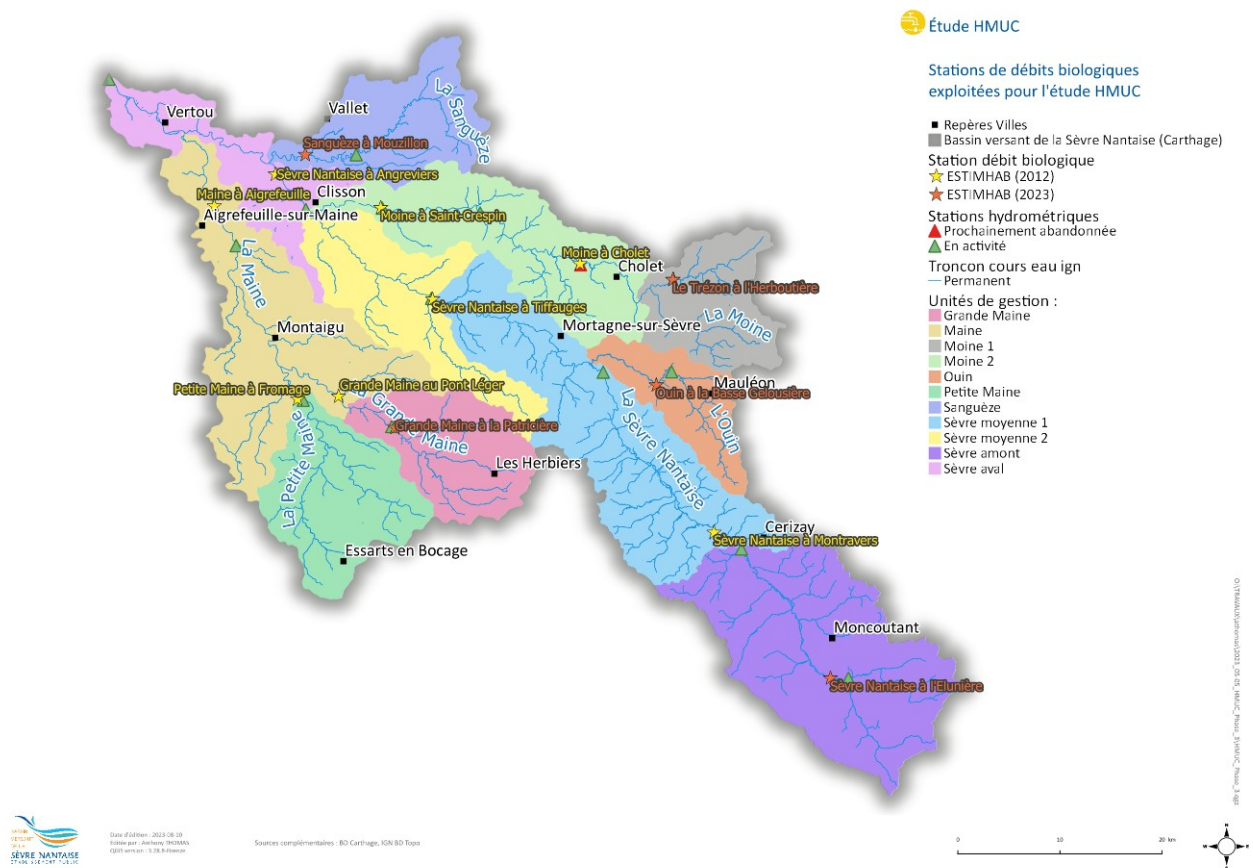


Figure 4 : Localisation des unités de gestion de l'étude HMUC

La station de la Sèvre Nantaise à Angreviers n'a pu bénéficier du protocole « connectivité » car l'intégralité de la Sèvre Nantaise est sous influence hydraulique d'ouvrages, rendant inapplicable ce type d'approche du fait de la stabilisation de la ligne d'eau.

Afin de déterminer des débits biologiques sur cette station (associée à l'unité de gestion Sèvre moyenne 2), il a été retenu de considérer :

- Les analogies avec les débits biologiques définis en amont ;
- Les résultats de la méthode ESTIMHAB (bien que hors limite d'application du fait de l'influence des ouvrages hydrauliques).

2.4 Évaluation des débits seuils de prélèvements hors période de basses eaux selon les préconisations du SDAGE Loire Bretagne

Afin de respecter les équilibres hydrologiques, biologiques et morphologiques, la disposition 7D-5 du SDAGE Loire Bretagne 2022 - 2027, préconise les éléments suivants pour encadrer les prélèvements à partir des eaux de surface réalisés hors période de basses eaux à des fins de stockage :

- Lors de prélèvement en cours d'eau, le débit minimal à maintenir dans le cours d'eau à l'exutoire du bassin versant doit être égal au module.
Le Sage peut adapter ce débit minimal, après réalisation d'une analyse HMUC, notamment dans le cadre de la définition d'un projet de territoire pour la gestion de l'eau (PTGE), sans le porter en deçà du débit moyen interannuel de fréquence quinquennale sèche.
- Le débit de prélèvement autorisé pour le remplissage des retenues hors substitution est contraint par un débit plafond de prélèvements cumulés hors période de basses eaux. Au cours de la période autorisée pour le remplissage des retenues hors substitution, le cumul de tous les débits maximum des prélèvements réglementés sur un bassin versant, y compris les interceptions d'écoulement, n'excède pas un cinquième du module interannuel du cours d'eau* (0,2 M) à l'exutoire de ce bassin versant. Dans les bassins versants présentant un régime hivernal particulièrement contrasté, dont le rapport au module du débit moyen mensuel inter-annuel maximal est supérieur à 2,5, ce débit plafond peut être porté à 0,4 M.
Le Sage peut adapter le débit plafond de prélèvement autorisé, après réalisation d'une analyse HMUC, notamment dans le cadre de la définition d'un projet de territoire pour la gestion de l'eau (PTGE), sans dépasser 0,4 M (ou 0,6 M pour les bassins versants au régime particulièrement contrasté).

Ce cadrage ne concerne pas les aménagements bénéficiant d'une déclaration d'utilité publique ou d'une déclaration d'intérêt général, les prélèvements pour l'alimentation en eau potable et la sécurité civile ainsi que les grands ouvrages de production d'électricité.

La Figure 5 présente, à partir de l'exemple de l'unité de gestion de la Sanguèze, les différentes valeurs de débits cités par la disposition 7D-5 du SDAGE relativement aux débits journaliers désinfluencés simulés sur la période novembre 2014 – mars 2020. Par souci de lisibilité, le maximum de l'échelle des débits a été réduit à 5 m³/s bien que des débits journaliers soient supérieurs à cette valeur.

Débits seuils issus de la disposition 7D-5 du SDAGE

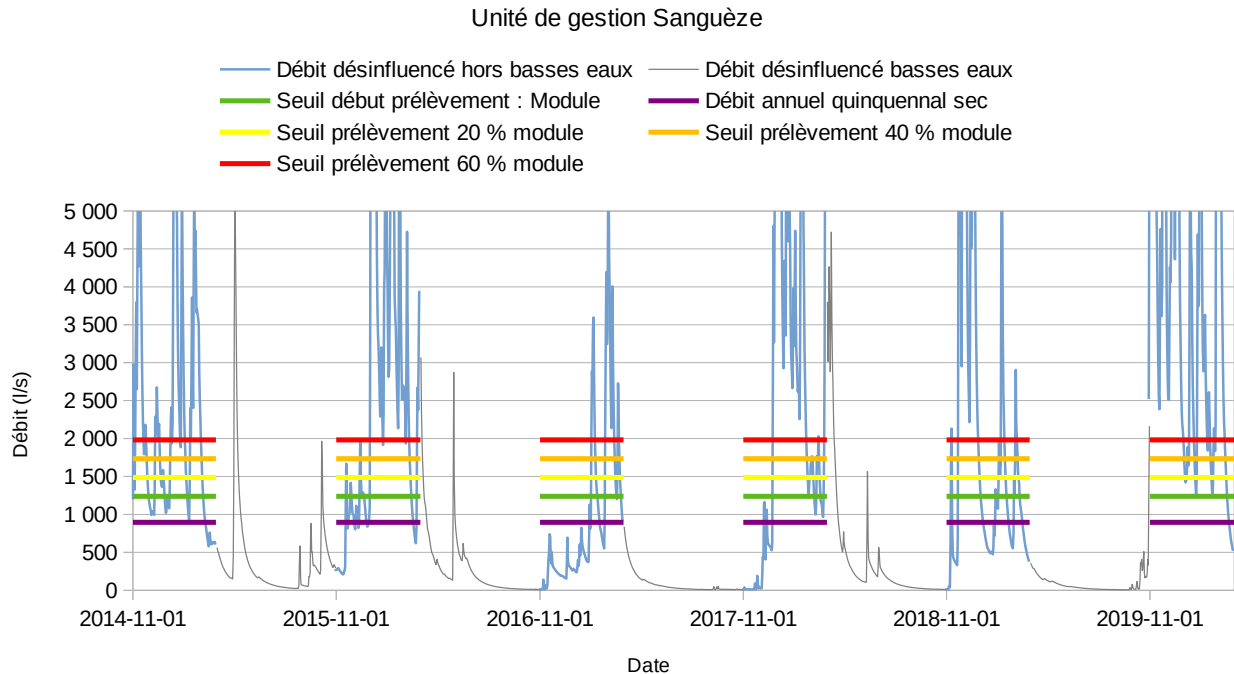


Figure 5: Débits seuils issus de la disposition 7D-5 du SDAGE, exemple de la Sanguèze

Cette approche a ainsi été déployée à l'exutoire de chaque unité de gestion et au droit des stations de débits biologiques sur la base des éléments suivants :

- Période d'analyse : novembre à mars.
- Exploitation de l'hydrologie désinfluencée sur la période 2008 – 2020 en considérant les débits moyens mensuels interannuels.
- Débit seuil avant possibilité de prélèvement : module.
- Caractérisation du type de régime : contrasté si le rapport « Débit moyen mensuel inter-annuel maximal / Module » est supérieur à 2,5. Régime non contrasté dans le cas contraire.
- Définition des valeurs de débits maximum des prélèvements réglementés préconisés par le SDAGE selon 3 taux : 20 %, 40 % ou 60 % du module (uniquement si régime contrasté pour le taux de 60%).
- Pas de temps de calcul : mois.
- Analyse de la part d'un prélèvement selon les trois taux appliqués au module comparativement au débit journalier dépassé 5 % du temps dans l'année. Ce seuil à 5 % de

dépassement (soit environ 18 jours par an) permet d'étudier l'impact des prélèvements relativement aux débits de crues morphogènes.

- Calcul de la valeur mensuelle de débit cible moyen en retenant la valeur maximale entre module et « débit moyen mensuel – débit de prélèvement (= taux de prélèvement x module) ».

Le Tableau 5 présente les résultats de l'analyse des taux de prélèvements sur les débits de crue.

Les résultats sont relativement homogènes entre unités de gestion et montrent que l'impact des prélèvements génère une baisse de l'ordre 5 % (pour un taux de prélèvement de 20 % du module) à 13 % (pour un taux de prélèvement de 60 % du module) du débit journalier dépassé 5 % du temps.

Par ailleurs 4 unités de gestion présentent un régime contrasté et 7 unités de gestion ont un régime non contrasté. Pour ces dernières, le SDAGE Loire Bretagne recommande de ne pas retenir un débit de prélèvement hors basses eaux supérieur à 40 % du module.

Les Figure 6 et Figure 7 présentent les résultats obtenus pour la définition des débits cibles hors basses eaux, à partir des exemples des UG Sèvre amont (régime non contrasté) et Sanguèze (régime contrasté). Avec la méthode utilisée, il est possible de constater que le mois de novembre ne permet pas un prélèvement supérieur à 24 % du module pour l'UG Sèvre amont. Le mois de mars s'avère également contraignant pour la Sanguèze et n'autorise pas un prélèvement supérieur à 27 % du module. Les débits quinquennaux secs sont pour la plupart situés sous le module (débit seuil pour débiter les prélèvements) et n'autoriseront donc pas de prélèvements lorsqu'ils seront atteints.

Les résultats obtenus avec cette approche sont présentés par unité de gestion (Tableau 6) et par station d'évaluation des débits biologiques (Tableau 7).

Cette méthodologie devra être affinée dans le cadre de la phase 4 de l'étude pour aboutir à la définition des modalités de prélèvements hors période de basses eaux.

Tableau 5: Impact sur les débits de crue en fonction du débit de prélèvement hors basses eaux

| Hydrologie désinfluencée (période 2008 – 2020) | | UG Sèvre amont | UG Sèvre moyenne 1 | UG Sèvre moyenne 2 | UG Ouin | UG Moine 1 | UG Moine 2 | UG Sanguèze | UG Grande Maine | UG Petite Maine | UG Maine | UG Sèvre aval |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|--------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------|-----------|---------------|
| Module (l/s) | | 4 241 | 8 797 | 13 402 | 971 | 772 | 2 801 | 1 239 | 1 477 | 1 579 | 5 946 | 21 800 |
| Débit annuel quinquennal sec (l/s) | | 2 872 | 5 989 | 9 224 | 677 | 488 | 1 933 | 896 | 969 | 997 | 3 951 | 15 025 |
| Débits moyens mensuels (l/s) | janv. | 9 640 | 20 368 | 31 808 | 2 246 | 1 914 | 6 833 | 3 300 | 3 884 | 4 139 | 15 894 | 54 224 |
| | févr. | 9 300 | 19 606 | 30 514 | 2 030 | 1 919 | 6 718 | 2 786 | 3 388 | 3 618 | 13 812 | 50 249 |
| | mars | 6 338 | 13 648 | 20 883 | 1 439 | 1 264 | 4 510 | 1 578 | 2 255 | 2 105 | 8 658 | 33 049 |
| | nov. | 5 280 | 10 244 | 15 420 | 1 199 | 707 | 2 896 | 1 969 | 1 866 | 2 388 | 7 841 | 26 457 |
| | déc. | 9 159 | 18 587 | 29 171 | 2 187 | 1 743 | 6 220 | 3 449 | 3 693 | 4 245 | 15 352 | 50 761 |
| Débit moyen mensuel inter-annuel maximal (l/s) | | 9 640 | 20 368 | 31 808 | 2 246 | 1 919 | 6 833 | 3 449 | 3 884 | 4 245 | 15 894 | 54 224 |
| Rapport « Débit moyen mensuel inter-annuel maximal / Module » (l/s) | | 2,27 | 2,32 | 2,37 | 2,31 | 2,49 | 2,44 | 2,78 | 2,63 | 2,69 | 2,67 | 2,49 |
| Type de régime | | Non contrasté | Non contrasté | Non contrasté | Non contrasté | Non contrasté | Non contrasté | Contrasté | Contrasté | Contrasté | Contrasté | Non contrasté |
| Débits maximum des prélèvements réglementés préconisés par le SDAGE - dispo 7D-5 (l/s) | 0,2 x module | 848 | 1 759 | 2 680 | 194 | 154 | 560 | 248 | 295 | 316 | 1 189 | 4 360 |
| | 0,4 x module | 1 696 | 3 519 | 5 361 | 388 | 309 | 1 120 | 496 | 591 | 632 | 2 378 | 8 720 |
| | 0,6 x module | - | - | - | - | - | - | 743 | 886 | 947 | 3 568 | - |
| Débit journalier dépassé 5 % du temps (l/s) | | 16 337 | 33 438 | 52 880 | 3 862 | 3 318 | 12 043 | 5 847 | 6 689 | 7 088 | 26 596 | 89 699 |
| Ratio entre le débit journalier dépassé 5 % du temps et le module | | 3,85 | 3,80 | 3,95 | 3,98 | 4,30 | 4,30 | 4,72 | 4,53 | 4,49 | 4,47 | 4,11 |
| Part d'un prélèvement de 20 % du module sur le débit journalier dépassé 5 % du temps | | 5,2 % | 5,3 % | 5,1 % | 5,0 % | 4,7 % | 4,7 % | 4,2 % | 4,4 % | 4,5 % | 4,5 % | 4,9 % |
| Part d'un prélèvement de 40 % du module sur le débit journalier dépassé 5 % du temps | | 10,4 % | 10,5 % | 10,1 % | 10,1 % | 9,3 % | 9,3 % | 8,5 % | 8,8 % | 8,9 % | 8,9 % | 9,7 % |
| Part d'un prélèvement de 60 % du module sur le débit journalier dépassé 5 % du temps | | - | - | - | - | - | - | 12,7 % | 13,3 % | 13,4 % | 13,4 % | - |

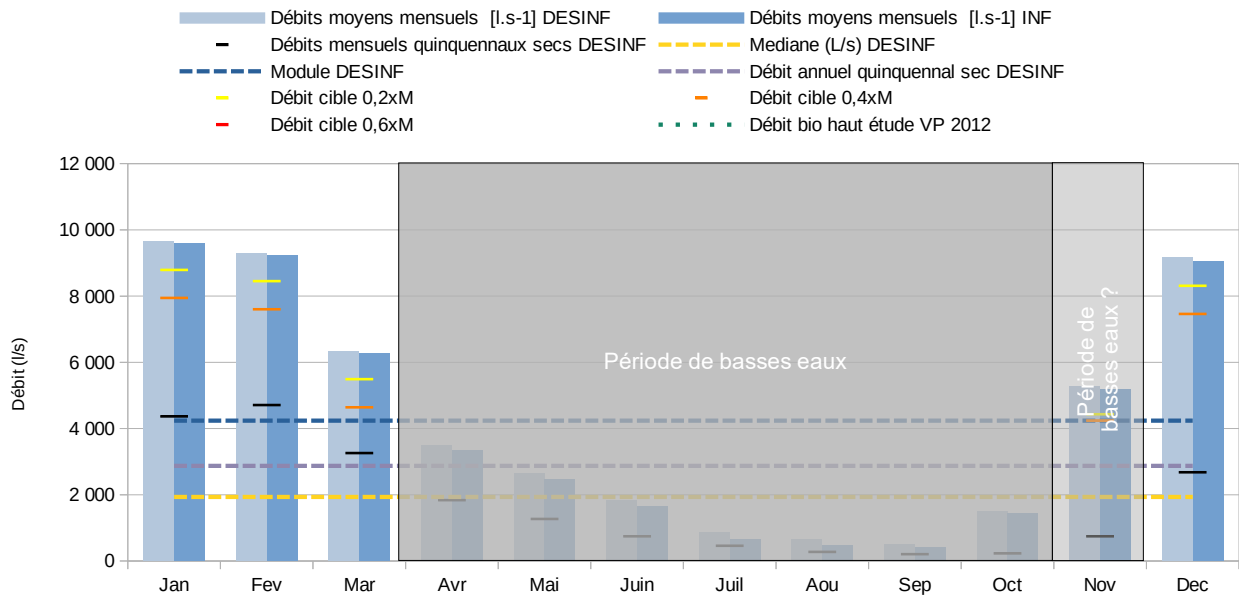


Figure 6: Débits cibles calculés hors basses eaux – Approche mensuelle (exemple de l'unité de gestion Sèvre amont)

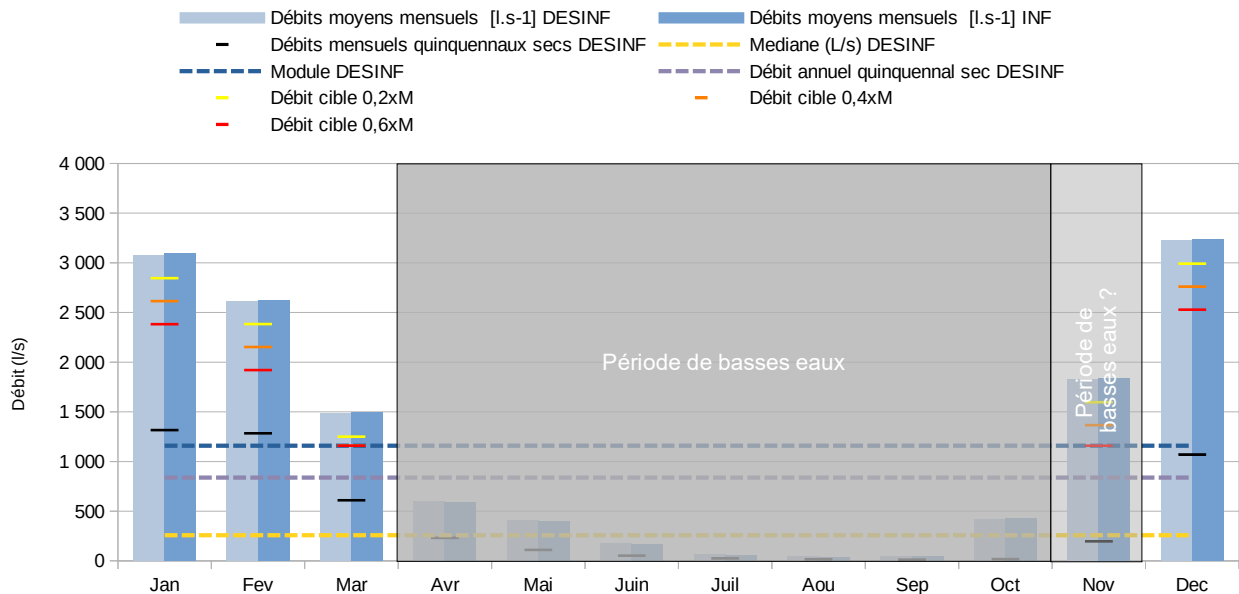


Figure 7: Débits cibles calculés hors basses eaux – Approche mensuelle (exemple de l'unité de gestion Sanguèze)

Tableau 6: Débits cibles calculés, hors basses eaux, par unité de gestion

| Hydrologie désinfluencée (période 2008 – 2020) | | UG Sèvre amont | UG Sèvre moyenne 1 | UG Sèvre moyenne 2 | UG Ouin | UG Moine 1 | UG Moine 2 | UG Sanguèze | UG Grande Maine | UG Petite Maine | UG Maine | UG Sèvre aval |
|----------------------------------------------------------|-------|-------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------|-------------|--------------------|--------------------|-----------|---------------|
| Module M (l/s) | | 4 241 | 8 797 | 13 402 | 971 | 772 | 2 801 | 1 239 | 1 477 | 1 579 | 5 946 | 21 800 |
| Débit annuel quinquennal sec (l/s) | | 2 872 | 5 989 | 9 224 | 677 | 488 | 1 933 | 896 | 969 | 997 | 3 951 | 15 025 |
| Débits mensuels moyens (l/s) | janv. | 9 640 | 20 368 | 31 808 | 2 246 | 1 914 | 6 833 | 3 300 | 3 884 | 4 139 | 15 894 | 54 224 |
| | févr. | 9 300 | 19 606 | 30 514 | 2 030 | 1 919 | 6 718 | 2 786 | 3 388 | 3 618 | 13 812 | 50 249 |
| | mars | 6 338 | 13 648 | 20 883 | 1 439 | 1 264 | 4 510 | 1 578 | 2 255 | 2 105 | 8 658 | 33 049 |
| | nov. | 5 280 | 10 244 | 15 420 | 1 199 | 707 | 2 896 | 1 969 | 1 866 | 2 388 | 7 841 | 26 457 |
| | déc. | 9 159 | 18 587 | 29 171 | 2 187 | 1 743 | 6 220 | 3 449 | 3 693 | 4 245 | 15 352 | 50 761 |
| Débits mensuels quinquennaux secs (l/s) | janv. | 4 366 | 9 099 | 14 326 | 1 053 | 679 | 3 150 | 1 410 | 1 306 | 1 503 | 5 912 | 23 399 |
| | févr. | 4 707 | 9 865 | 15 434 | 1 071 | 802 | 3 385 | 1 369 | 1 519 | 1 460 | 6 320 | 24 970 |
| | mars | 3 259 | 7 188 | 10 954 | 734 | 561 | 2 301 | 649 | 1 040 | 868 | 4 001 | 16 753 |
| | nov. | 747 | 1 559 | 2 523 | 179 | 118 | 592 | 216 | 183 | 217 | 868 | 4 024 |
| | déc. | 2 678 | 5 543 | 8 707 | 677 | 389 | 1 842 | 1 167 | 833 | 1 039 | 3 967 | 15 066 |
| Type de régime | | Non contrasté | Non contrasté | Non contrasté | Non contrasté | Non contrasté | Non contrasté | Contrasté | Contrasté | Contrasté | Contrasté | Non contrasté |
| Débits cibles (taux de prélèvement 20 % module) | janv. | 8 792 | 18 608 | 29 127 | 2 052 | 1 759 | 6 273 | 3 053 | 3 589 | 3 823 | 14 705 | 49 864 |
| | févr. | 8 452 | 17 846 | 27 833 | 1 836 | 1 765 | 6 158 | 2 538 | 3 092 | 3 302 | 12 623 | 45 889 |
| | mars | 5 490 | 11 889 | 18 202 | 1 245 | 1 110 | 3 950 | 1 330 | 1 960 | 1 789 | 7 468 | 28 689 |
| | nov. | 4 431 | 8 797 | 13 402 | 1 005 | 772 | 2 801 | 1 721 | 1 571 | 2 072 | 6 651 | 22 097 |
| | déc. | 8 311 | 16 828 | 26 491 | 1 993 | 1 589 | 5 660 | 3 201 | 3 397 | 3 929 | 14 162 | 46 401 |
| Débits cibles (taux de prélèvement 40 % module) | janv. | 7 944 | 16 849 | 26 447 | 1 858 | 1 605 | 5 713 | 2 805 | 3 293 | 3 508 | 13 516 | 45 504 |
| | févr. | 7 603 | 16 087 | 25 153 | 1 642 | 1 611 | 5 598 | 2 291 | 2 797 | 2 986 | 11 434 | 41 529 |
| | mars | 4 642 | 10 129 | 15 522 | 1 051 | 956 | 3 390 | 1 239 | 1 664 | 1 579 | 6 279 | 24 329 |
| | nov. | 4 241 | 8 797 | 13 402 | 971 | 772 | 2 801 | 1 474 | 1 477 | 1 756 | 5 946 | 21 800 |
| | déc. | 7 463 | 15 069 | 23 810 | 1 799 | 1 434 | 5 100 | 2 953 | 3 102 | 3 614 | 12 973 | 42 041 |
| Débits cibles (taux de prélèvement 60 % module) | janv. | - | - | - | - | - | - | 2 557 | 2 998 | 3 192 | 12 327 | - |
| | févr. | - | - | - | - | - | - | 2 043 | 2 502 | 2 671 | 10 244 | - |
| | mars | - | - | - | - | - | - | 1 239 | 1 477 | 1 579 | 5 946 | - |
| | nov. | - | - | - | - | - | - | 1 239 | 1 477 | 1 579 | 5 946 | - |
| | déc. | - | - | - | - | - | - | 2 705 | 2 806 | 3 298 | 11 784 | - |

Tableau 7: Débits cibles calculés, hors basses eaux, par station de débit biologique

| Hydrologie désinfluencée (période 2008 – 2020) | Sèvre Nantaise à l'Elunière | Sèvre Nantaise à Montravers | Sèvre Nantaise à Tiffauges | Sèvre Nantaise à Angreviers | Ouin à la Basse Gelousière | Le Trézon à l'Herboubrière | Moine à Cholet | Moine à Saint-Crespin | Sanguèze à Mouzillon | Grande Maine à la Patricière | Grande Maine au Pont Léger | Petite Maine à Fromage | Maine à Aigrefeuille | |
|-------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|-----------------------|----------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|--------|
| Module M (l/s) | 1 726 | 4 453 | 8 797 | 13 898 | 714 | 269 | 995 | 2 612 | 1 158 | 1 237 | 1 751 | 1 579 | 5 654 | |
| Débit annuel quinquennal sec (l/s) | 1 175 | 3 014 | 5 989 | 9 601 | 498 | 167 | 638 | 1 791 | 837 | 813 | 1 147 | 997 | 3 740 | |
| Débits mensuels moyens (l/s) | janv. | 3 936 | 10 136 | 20 368 | 33 122 | 1 644 | 718 | 2 423 | 6 371 | 3 077 | 3 230 | 4 628 | 4 139 | 15 080 |
| | févr. | 3 679 | 9 777 | 19 606 | 31 694 | 1 488 | 735 | 2 468 | 6 284 | 2 615 | 2 834 | 4 012 | 3 618 | 13 091 |
| | mars | 2 401 | 6 690 | 13 648 | 21 625 | 1 055 | 441 | 1 643 | 4 215 | 1 482 | 1 891 | 2 668 | 2 105 | 8 220 |
| | nov. | 2 438 | 5 476 | 10 244 | 15 996 | 884 | 245 | 886 | 2 672 | 1 829 | 1 573 | 2 204 | 2 388 | 7 516 |
| | déc. | 3 998 | 9 559 | 18 587 | 30 390 | 1 609 | 667 | 2 165 | 5 786 | 3 224 | 3 077 | 4 393 | 4 245 | 14 616 |
| Débits mensuels quinquennaux secs (l/s) | janv. | 1 815 | 4 566 | 9 099 | 14 974 | 772 | 223 | 907 | 2 888 | 1 316 | 1 098 | 1 546 | 1 503 | 5 547 |
| | févr. | 1 812 | 4 952 | 9 865 | 16 102 | 786 | 299 | 1 036 | 3 121 | 1 284 | 1 274 | 1 796 | 1 460 | 5 932 |
| | mars | 1 126 | 3 462 | 7 188 | 11 368 | 537 | 174 | 747 | 2 127 | 609 | 870 | 1 232 | 868 | 3 776 |
| | nov. | 305 | 784 | 1 559 | 2 643 | 132 | 21 | 190 | 553 | 196 | 154 | 217 | 217 | 807 |
| | déc. | 1 187 | 2 794 | 5 543 | 9 196 | 500 | 108 | 532 | 1 673 | 1 070 | 702 | 985 | 1 039 | 3 701 |
| Type de régime | Non contrasté | Non contrasté | Non contrasté | Non contrasté | Non contrasté | Contrasté | Non contrasté | Non contrasté | Contrasté | Contrasté | Contrasté | Contrasté | Contrasté | |
| Débits cibles (taux de prélèvement 20 % module) | janv. | 3 591 | 9 245 | 18 608 | 30 342 | 1 502 | 664 | 2 224 | 5 848 | 2 845 | 2 983 | 4 278 | 3 823 | 13 949 |
| | févr. | 3 334 | 8 886 | 17 846 | 28 914 | 1 345 | 681 | 2 268 | 5 762 | 2 384 | 2 587 | 3 662 | 3 302 | 11 960 |
| | mars | 2 056 | 5 799 | 11 889 | 18 845 | 913 | 388 | 1 444 | 3 693 | 1 250 | 1 644 | 2 318 | 1 789 | 7 089 |
| | nov. | 2 093 | 4 586 | 8 797 | 13 898 | 742 | 269 | 995 | 2 612 | 1 597 | 1 326 | 1 854 | 2 072 | 6 385 |
| | déc. | 3 652 | 8 668 | 16 828 | 27 610 | 1 467 | 613 | 1 966 | 5 264 | 2 992 | 2 830 | 4 043 | 3 929 | 13 485 |
| Débits cibles (taux de prélèvement 40 % module) | janv. | 3 246 | 8 354 | 16 849 | 27 562 | 1 359 | 610 | 2 025 | 5 326 | 2 614 | 2 735 | 3 927 | 3 508 | 12 818 |
| | févr. | 2 989 | 7 996 | 16 087 | 26 135 | 1 202 | 627 | 2 069 | 5 240 | 2 152 | 2 339 | 3 312 | 2 986 | 10 829 |
| | mars | 1 726 | 4 909 | 10 129 | 16 065 | 770 | 334 | 1 245 | 3 170 | 1 158 | 1 396 | 1 968 | 1 579 | 5 958 |
| | nov. | 1 748 | 4 453 | 8 797 | 13 898 | 714 | 269 | 995 | 2 612 | 1 365 | 1 237 | 1 751 | 1 756 | 5 654 |
| | déc. | 3 307 | 7 778 | 15 069 | 24 831 | 1 324 | 559 | 1 767 | 4 742 | 2 760 | 2 582 | 3 693 | 3 614 | 12 355 |
| Débits cibles (taux de prélèvement 60 % module) | janv. | - | - | - | - | - | 556 | - | - | 2 382 | 2 488 | 3 577 | 3 192 | 11 688 |
| | févr. | - | - | - | - | - | 573 | - | - | 1 920 | 2 092 | 2 962 | 2 671 | 9 698 |
| | mars | - | - | - | - | - | 280 | - | - | 1 158 | 1 237 | 1 751 | 1 579 | 5 654 |
| | nov. | - | - | - | - | - | 269 | - | - | 1 158 | 1 237 | 1 751 | 1 579 | 5 654 |
| | déc. | - | - | - | - | - | 506 | - | - | 2 529 | 2 335 | 3 342 | 3 298 | 11 224 |

2.5 Ré-analyse des stations issues de l'étude « volumes prélevables »

2.5.1 Rappel des valeurs de débits biologiques estimées en 2012

L'étude menée par la SAFEGE en 2012 avait fourni une fourchette de valeurs pour les débits biologiques à chaque station à l'issue de la modélisation EstimHab. La comparaison de ces valeurs est faite avec les indicateurs hydrologiques d'étiage observés sur la période 1994-2022 (VCN3 (5) et QMNA5) pour estimer les conditions potentielles d'occurrence des débits biologiques (Tableau 8) et les resituer dans le contexte de l'hydrologie locale.

Cette comparaison globale indique que :

- Sur les trois stations de la Sèvre Nantaise, les valeurs de débit biologique semblent avoir été globalement respectées en conditions d'étiage habituelles (la valeur du QMNA5 observé correspond à la fourchette de débit) mais pas en cas d'étiage plus sévère (VCN3 (5) inférieur à la valeur de débit biologique bas) ;
- Sur les stations du bassin de la Maine (Grande Maine, Petite Maine et Maine), les indicateurs hydrologiques d'étiage sont systématiquement très inférieurs à la valeur basse de débit biologique, ce qui indique que l'hydrologie est limitante ;
- Sur les deux stations de la Moine, les indicateurs hydrologiques d'étiage sont au contraire supérieurs aux valeurs de débit biologique.

Tableau 8: Comparaison des débits biologiques calculés en 2012 aux statistiques de débit observé ($L.s^{-1}$) (* = valeurs à la station de débit biologique réajustées à partir de la station hydrologique la plus proche)

| Code | Nom station | Débit biologique valeur basse | VCN3(5) observé (banque Hydro) | Débit biologique valeur haute | QMNA5 naturel (Safege 2012) | QMNA5 observé (banque Hydro) |
|------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| SNA1 | Sèvre Nantaise à Montravers | 100 | 91* | 140 | 150 (St-Mesmin) | 172* |
| SNA2 | Sèvre Nantaise à Tiffauges | 250 | 72 | 300 | 300 | 281 |
| SNA3 | Sèvre Nantaise à Angreviers | 400 | 398* | 500 | 300 (Clisson) | 761* |
| PMAI | Petite Maine à Fromage | 70 | 1 | 100 | 10 | 5 |
| GMAI | Grande Maine au Pont Léger | 70 | 3 (St-Fulgent) | 100 | 3 (St-Fulgent) | 13 (St-Fulgent) |
| MAIN | Maine à Aigrefeuille | 120 | 17* | 150 | 20 (Rémouillé) | 36* |
| MOI1 | Moine à Cholet | 100 | 201 | 130 | 190 | 315 |
| MOI2 | Moine à Saint-Crespin | 150 | 176 | 200 | 320 | 388 |

2.5.2 Rappel des valeurs de débits biologiques estimées en 2012

L'étude menée par la SAFEGE en 2012 avait fourni une fourchette de valeurs pour les débits biologiques à chaque station à l'issue de la modélisation EstimHab. La comparaison de ces valeurs est faite avec les indicateurs hydrologiques d'étiage observés sur la période 1994-2022 (VCN3 (5) et QMNA5) pour estimer les conditions potentielles d'occurrence des débits biologiques (Tableau 9) et les resituer dans le contexte de l'hydrologie locale.

Cette comparaison globale indique que :

- Sur les trois stations de la Sèvre Nantaise, les valeurs de débit biologique semblent avoir été globalement respectées en conditions d'étiage habituelles (la valeur du QMNA5 observé correspond à la fourchette de débit) mais pas en cas d'étiage plus sévère (VCN3 (5) inférieur à la valeur de débit biologique bas) ;
- Sur les stations du bassin de la Maine (Grande Maine, Petite Maine et Maine), les indicateurs hydrologiques d'étiage sont systématiquement très inférieurs à la valeur basse de débit biologique, ce qui indique que l'hydrologie est limitante ;
- Sur les deux stations de la Moine, les indicateurs hydrologiques d'étiage sont au contraire supérieurs aux valeurs de débit biologique.

Tableau 9: Comparaison des débits biologiques calculés en 2012 aux statistiques de débit observé ($L.s^{-1}$) (* = valeurs à la station de débit biologique réajustées à partir de la station hydrologique la plus proche)

| Code | Nom station | Débit biologique valeur basse | VCN3(5) observé (banque Hydro) | Débit biologique valeur haute | QMNA5 naturel (Safege 2012) | QMNA5 observé (banque Hydro) |
|------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| SNA1 | Sèvre Nantaise à Montravers | 100 | 91* | 140 | 150 (St-Mesmin) | 172* |
| SNA2 | Sèvre Nantaise à Tiffauges | 250 | 72 | 300 | 300 | 281 |
| SNA3 | Sèvre Nantaise à Angreviers | 400 | 398* | 500 | 300 (Clisson) | 761* |
| PMAI | Petite Maine à Fromage | 70 | 1 | 100 | 10 | 5 |
| GMAI | Grande Maine au Pont Léger | 70 | 3 (St-Fulgent) | 100 | 3 (St-Fulgent) | 13 (St-Fulgent) |
| MAIN | Maine à Aigrefeuille | 120 | 17* | 150 | 20 (Rémouillé) | 36* |
| MOI1 | Moine à Cholet | 100 | 201 | 130 | 190 | 315 |
| MOI2 | Moine à Saint-Crespin | 150 | 176 | 200 | 320 | 388 |

2.5.3 Révision des valeurs de débits biologiques obtenues en 2012

Pour mémoire, la méthode retenue pour déterminer les débits biologiques est Estimhab. Il s'agit d'expertiser les valeurs antérieures déterminées en 2012 (Étude SAFEGE). La méthode Estimhab est adaptée pour estimer des débits minimaux en période de basses eaux (avril à octobre). Un examen des statistiques de débits sera utilisé de manière complémentaire pour contextualiser les valeurs obtenues et élargir l'approche plus globalement pour la gestion de débits biologiques.

Par rapport à l'étude SAFEGE de 2012, une station n'a pas été retenue : la Sanguèze au Pallet (localisation incorrecte de la station partiellement sous influence de la Sèvre Nantaise). L'examen porte donc sur huit stations (Tableau 10).

Les mesures réalisées par le bureau d'études sur le terrain en 2011 et 2012 ont été reprises pour implémenter les nouvelles modélisations. L'estimation de la géométrie hydraulique des tronçons repose sur des mesures de hauteur et de largeur à deux débits sur 15 transects par station (Tableau 10).

Tableau 10: Données de mesure moyennes sur les tronçons Estimhab aux huit stations (données SAFEGE 2012)

| Nom Station | Code Station | Longueur station (m) | Date mesure | Débit (m ³ .s ⁻¹) | Largeur moyenne (m) | Hauteur moyenne (m) | Taille moyenne substrat (m) |
|-----------------------------|--------------|----------------------|-------------|------------------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|
| Sèvre Nantaise à Montravers | SNA1 | 180 | 24/11/2011 | 0,22 | 11,65 | 0,31 | 0,052 |
| | | | 21/03/2012 | 2,08 | 13,29 | 0,57 | |
| Sèvre Nantaise à Tiffauges | SNA2 | 240 | 25/11/2011 | 0,96 | 17,52 | 0,50 | 0,212 |
| | | | 16/05/2012 | 5,39 | 18,23 | 0,58 | |
| Sèvre Nantaise à Angreviers | SNA3 | 550 | 22/11/2011 | 1,83 | 36,43 | 2,15 | 0,070 |
| | | | 20/03/2012 | 5,70 | 37,86 | 2,79 | |
| Petite Maine à Fromage | PMAI | 150 | 23/11/2011 | 0,14 | 9,66 | 0,50 | 0,049 |
| | | | 15/05/2012 | 0,58 | 10,02 | 0,61 | |
| Grande Maine au Pont Léger | GMAI | 120 | 23/11/2011 | 0,15 | 8,01 | 0,15 | 0,053 |
| | | | 24/04/2012 | 0,53 | 8,47 | 0,21 | |
| Maine à Aigrefeuille | MAIN | 270 | 25/11/2011 | 0,80 | 19,21 | 0,74 | 0,144 |
| | | | 15/05/2012 | 2,15 | 19,27 | 0,84 | |
| Moine à Cholet | MOI1 | 120 | 21/11/2011 | 0,32 | 6,69 | 0,26 | 0,239 |
| | | | 24/04/2012 | 1,08 | 7,17 | 0,44 | |
| Moine à Saint-Crespin | MOI2 | 150 | 24/11/2011 | 0,67 | 10,97 | 0,41 | 0,059 |
| | | | 14/05/2011 | 1,67 | 11,02 | 0,50 | |

Un certain nombre de critères est énoncé pour respecter la validité de la méthode. Ces critères doivent être vérifiés avant de passer à la phase modélisation.

Les deux débits doivent être assez contrastés (Q1 basses eaux et Q2 moyennes eaux), tels que $Q2 > 2 \times Q1$, ce qui est le cas pour les mesures réalisées.

Le calage du modèle nécessite d'estimer le débit médian en conditions naturelles (Q50 désinfluencé). L'estimation du débit médian désinfluencé est issu de la modélisation hydrologique récemment réalisée (période 2008-2020) (cf Rapport phase 2, Santos et al., 2023) (Tableau 11). Les caractéristiques moyennes de chaque station sont calculées pour le Q50 désinfluencé estimé (Tableau 11). Ces résultats permettent d'effectuer un contrôle-qualité a posteriori et de vérifier que les conditions de validité d'Estimhab sont respectées.

Tableau 11: Caractéristiques hydrauliques moyennes des stations Estimhab aux débits médians

| Code Station | Débit médian désinfluencé ($m^3 \cdot s^{-1}$) | Hauteur à Q50 (m) | Largeur à Q50 (m) | Nombre de Froude à Q50 |
|--------------|--------------------------------------------------|-------------------|-------------------|------------------------|
| SNA1 | 2,058 | 0,57 | 13,28 | 0,115 |
| SNA2 | 4,087 | 0,56 | 18,11 | 0,170 |
| SNA3 | 5,973 | 2,82 | 37,92 | 0,0106 |
| PMAI | 0,375 | 0,58 | 9,83 | 0,0272 |
| GMAI | 0,489 | 0,207 | 8,45 | 0,197 |
| MAIN | 1,549 | 0,82 | 19,25 | 0,0346 |
| MOI1 | 0,296 | 0,25 | 6,66 | 0,113 |
| MOI2 | 0,865 | 0,43 | 10,98 | 0,0881 |

Pour certaines stations, les conditions ne sont pas tout à fait respectées dans certaines circonstances :

- La hauteur d'eau sur la station de la Sèvre Nantaise à Angreviers (SNA3) dépasse le maximum indiqué pour réaliser des simulations par guildes ($2.84 \text{ m} > 2.25 \text{ m}$) et par espèce ($2.84 \text{ m} > 1.45 \text{ m}$). Elle est à l'inverse un peu faible sur la station de la Grande Maine (GMAI) pour réaliser les simulations par espèce ($0.21 \text{ m} < 0.25 \text{ m}$) ;
- Les débits médians sont trop faibles ($< 1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) pour réaliser les estimations par guildes aux stations de la Petite Maine (PMAI), de la Grande Maine (GMAI) et de la Moine à Cholet (MOI1) et à St-Crespin (MOI2).

Ces circonstances particulières diminuent la fiabilité des résultats de la modélisation mais permettent de réaliser les calculs sauf dans le cas des simulations par espèce pour la station SNA3

dont les fortes hauteurs d'eau s'expliquent pas l'influence de la chaussée d'Angreviers qui maintient des niveaux d'eau « importants » y compris en période de très faibles débits.

Les valeurs des caractéristiques moyennes estimées ici ne sont pas les mêmes que celles indiquées dans l'étude 2012 de la SAFEGE. L'examen des données d'entrée du modèle utilisées par le bureau d'études semble indiquer que ce n'est pas le débit médian qui a été fourni mais plutôt une valeur de débit proche du module. En conséquence, la mise à jour de la donnée d'entrée « débit médian naturel » du modèle a modifié, par rapport à ce qui a été présenté en 2012, les conditions hydrauliques modélisées ainsi que les surfaces d'habitat potentiel. Dans le cadre de la suite de l'étude le débit médian désinfluencé calculé en phase 2 sur la période 2008 - 2020 au droit de chaque station d'évaluation de débit biologique ainsi été considéré en remplacement des valeurs initialement considérées par le bureau d'études SAFEGE en 2012.

Le Tableau 12 suivant permet de comparer les valeurs de débits médian désinfluencé utilisée pour la présente étude avec celles retenues en 2012.

Tableau 12: Débits médians désinfluencés retenus dans le cadre de l'étude HMUC et dans le cadre de l'étude « volumes prélevables » en 2012

| Code Station | Débit médian désinfluencé HMUC (m ³ .s ⁻¹) | Débit médian désinfluencé Étude « volumes prélevables 2012 » (m ³ .s ⁻¹) |
|--------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SNA1 | 2,058 | 3,833 |
| SNA2 | 4,087 | 8,66 |
| SNA3 | 5,973 | 12,95 |
| PMAI | 0,375 | 1,371 |
| GMAI | 0,489 | 1,323 |
| MAIN | 1,549 | 4,013 |
| MOI1 | 0,296 | 1,116 |
| MOI2 | 0,865 | 2,708 |

2.5.4 Choix des simulations biologiques

Il faut se référer à l'état des peuplements de poissons (rapport Phase 2, Santos et al., 2023) pour choisir quelles espèces ou quelles guildes vont devoir être prises en compte dans la modélisation. Plusieurs options sont possibles, selon des scénarios de gestion différents. Les modèles d'habitats peuvent être limités dans un premier temps aux espèces effectivement présentes dans les différentes stations ; l'objectif est alors de maintenir des conditions d'habitats favorables pour les espèces présentes.

Il est important aussi d'examiner dans quelles conditions les habitats des espèces à enjeu, plus sensibles, sont préservés. Cela consiste à modéliser les habitats pour des espèces potentiellement

présentes en l'absence d'altération. L'effet des prélèvements sur la variation de surfaces d'habitats favorables pour les espèces ou guildes considérées sera pris en compte en considérant les caractéristiques hydrologiques d'étiage en conditions naturelles (valeurs des débits désinfluencés).

Il convient de rappeler aussi que même si une liste d'une dizaine d'espèces à enjeux sur le bassin de la Sèvre Nantaise a été établie (rapport Phase 2, Santos et al., 2023), le choix d'EstimHab comme méthode de modélisation ne permet pas de considérer individuellement toutes les espèces. Ainsi, la plupart d'entre elles seront prises en compte via les simulations par guildes (Tableau 13).

Tableau 13: Modalités de prise en compte des espèces à enjeux dans EstimHab

| Code espèce | Nom vernaculaire | Présence sur le bassin de la Sèvre Nantaise | Considérée dans EstimHab | Modèle EstimHab |
|-------------|--------------------|---------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------|
| ANG | Anguille d'Europe | X | Oui | Guilde Mouille |
| BRO | Brochet | X | Non | |
| TRF | Truite commune | X | Oui | TRF adulte et juvénile |
| BAF | Barbeau fluviatile | X | Oui | BAF adulte, guilde chenal et guilde radier (BAF jeune) |
| LPP | Lamproie de Planer | X | Non | |
| SPI | Spirlin | | Non | |
| BOU | Bouvière | X | Non | |
| CHA | Chabot fluviatile | X | Oui | CHA adulte et guilde radier |
| VAN | Vandoise | X | Oui | Guilde Chenal |
| HOT | Hotu | | Non | Guilde Chenal |

Certaines espèces sont globalement occurrentes sur l'ensemble des cours d'eau du bassin versant : l'anguille, le gardon, la perche, le chevesne, le goujon, le vairon (Tableau 14). Elles font partie des guildes « mouille » et « rive » dont les habitats seront systématiquement modélisés. La loche franche est également largement présente sur le bassin : ses conditions d'habitats seront modélisées soit individuellement soit via la guilde « radier » dont elle fait partie.

Les cyprinidés rhéophiles sont essentiellement représentés par la vandoise, dont la distribution n'est pas généralisée dans le bassin, et plus ponctuellement par le barbeau. Ces espèces font partie de la guilde « chenal » dont les habitats seront modélisés à toutes les stations dans la perspective de leur rétablissement dans l'ensemble de ce bassin.

Enfin, le chabot est présent dans des petits affluents des cours d'eau principaux (par exemple Ouin et Sèvre Nantaise amont) et la truite particulièrement dans des petits affluents de la Sèvre Nantaise amont (station SNA1 et SNA2). Il est donc important que les conditions d'habitats de ces espèces soient favorables dans les cours principaux pour assurer leur maintien, voire leur développement.

Tableau 14 : Identification des guildes ou espèces à prendre en compte dans la modélisation (LOF : loche franche ; CHA : chabot ; TRF : truite fario).

| Code station | Guildes/Espèces état actuel | Guildes/Espèces à enjeu |
|--------------|------------------------------------------|--------------------------------------|
| SNA1 | Chenal, Mouille, Rive, Radier (LOF, CHA) | Radier (CHA), TRF adulte et juvénile |
| SNA2 | Mouille, Rive, LOF, CHA | Chenal, CHA TRF adulte et juvénile |
| SNA3 | Mouille, Rive | Chenal |
| PMAI | Mouille, Rive, LOF | Chenal, CHA |
| GMAI | Chenal, Mouille, Rive, LOF | Chenal, CHA |
| MAIN | Mouille, Rive, LOF | Chenal, CHA |
| MOI1 | Mouille, Rive, LOF | Chenal, CHA |
| MOI2 | Mouille, Rive, LOF | Chenal, CHA |

2.5.5 Résultats de la modélisation des surfaces d'habitats aux huit stations

La modélisation avec Estimhab fournit comme résultats l'évolution des habitats, notamment de la surface pondérée utile (SPU) d'habitats en fonction des variations du débit pour chaque station étudiée et chaque guilde ou espèce considérée. C'est sur la base des variations de ces surfaces d'habitats en fonction du débit que des valeurs seuils de débit sont indiquées, en deçà desquelles la SPU diminue drastiquement. Ces valeurs seuils correspondent à une valeur seuil d'accroissement de risque (SAR) en dessous de laquelle les conditions d'habitats potentiels se dégradent rapidement. Elles sont par ailleurs mises en perspective par rapport à des valeurs de débit caractéristiques d'étiage tels que le QMNA5 ou le VCN3(5) par exemple.

2.5.6 Estimation des valeurs seuils de débit

L'exercice de modélisation va donc consister à rechercher les valeurs seuils de débits pour préserver les conditions d'habitats pour les différentes guildes et espèces soit communément présentes sur les stations, soit potentiellement présentes en l'absence d'altération. En pratique, ces valeurs de débit sont estimées en première approche par une interprétation des courbes modélisées d'évolution de SPU en fonction du débit. La valeur basse de débit correspond à la rupture de pente de la courbe d'évolution de la SPU entre la zone de décroissance rapide de la courbe et la zone de décroissance

régulière (Figure 8). En deçà de cette valeur, la perte d'habitats favorables accélère de manière drastique. L'intersection entre la tangente à ce point de rupture de pente et le palier de la courbe permet de déterminer la valeur haute de débits. Ces deux valeurs de débits encadrent la zone de décroissance régulière de la SPU en fonction du débit pour laquelle les conditions d'habitats restent acceptables pour l'espèce/guilde considérée.

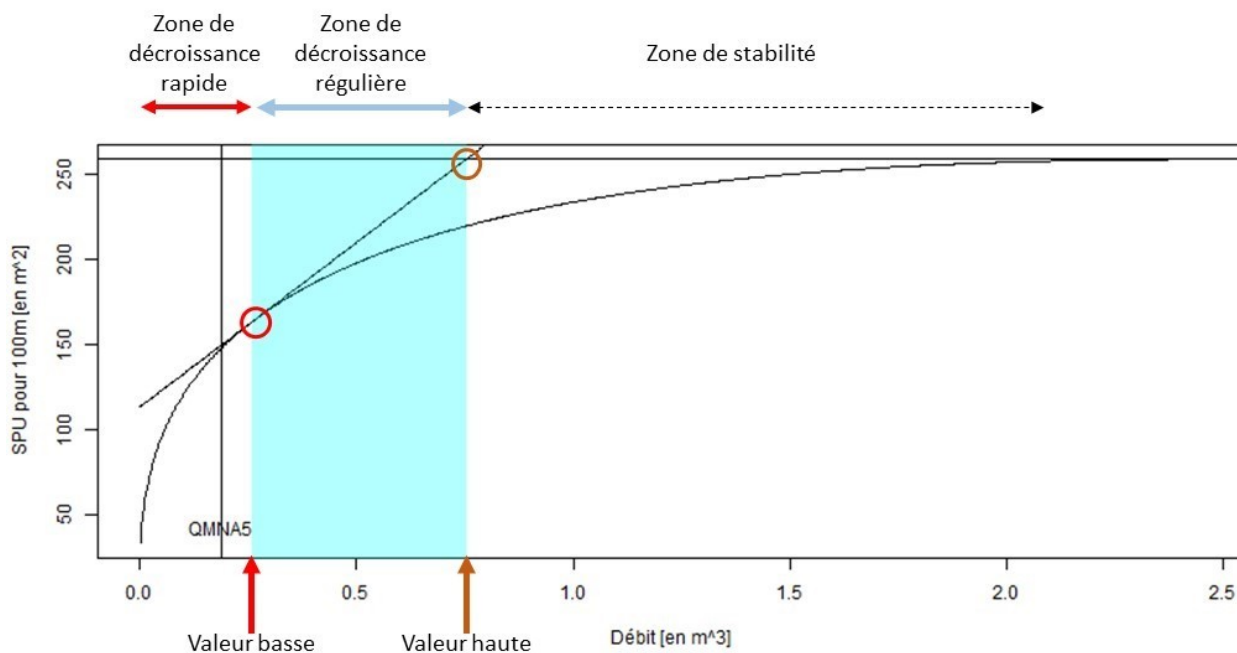


Figure 8 : Éléments explicatifs pour déterminer les valeurs basses et hautes de débit biologique à partir d'une courbe d'évolution de SPU en fonction du débit issue de la modélisation Estimhab.

La méthode d'estimation des valeurs seuils est uniquement détaillée pour la station de la Sèvre Nantaise à Montravers (SNA1) (Figure 9). Comme indiqué précédemment, les espèces communément occurrentes sont représentées par les guildes Mouille et Rive, mais la guildes Mouille comprend également l'anguille qui est une des espèces à enjeux. Cette station pourrait accueillir d'autres espèces à enjeux (truite, chabot et cyprinidés rhéophiles) ce qui implique de modéliser les habitats des guildes Chenal, Radier ainsi que ceux de la truite et du chabot.

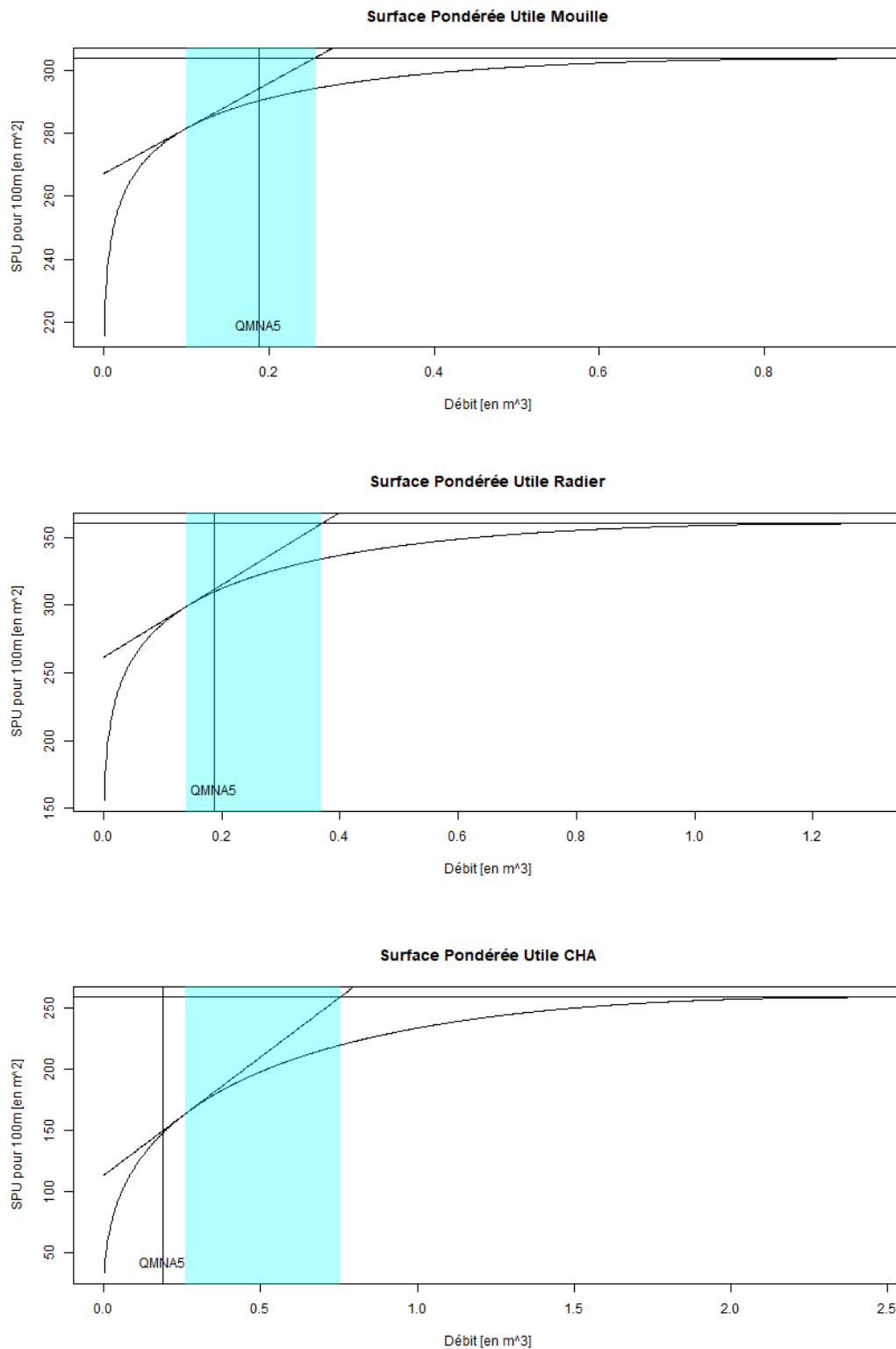


Figure 9 : Evolution de la SPU pour la guildes Mouille, la guildes radier et pour le chabot sur la Sèvre Nantaise à Montravers (SNA1) et détermination graphique des valeurs seuils de débit (zone en bleu).

Pour la guilde Mouille, la plage de valeurs varie de 0,1 à 0,25 m³/s et inclut le QMNA5 désinfluencé qui correspond à des conditions d'étiage habituelles (Tableau 15). Cette plage de valeurs peut correspondre aux besoins des espèces communes dans ce secteur, ainsi qu'à l'anguille qui est une des espèces à enjeux du secteur. Pour les autres espèces à enjeux, telles que la truite fario et le chabot, les gammes de débit sont supérieures (respectivement entre 0,17 et 0,48 et entre 0,26 et 0,75 m³/s) et se situent au-dessus de la valeur du QMNA5 désinfluencé (Figure 9).

Tableau 15 : Gamme des valeurs de débit pour la station de la Sèvre Nantaise à Montravers (SNA1).

| | Guilde / espèce | Valeur basse (m ³ /s) | Valeur haute (m ³ /s) |
|------------------|------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Espèces à enjeux | Chenal | 1,25 | 4,66 |
| | Chabot | 0,26 | 0,75 |
| | Truite fario ad. | 0,17 | 0,48 |
| | Radier | 0,14 | 0,37 |
| Espèces communes | Mouille | 0,10 | 0,25 |
| | Rive | 0,06 | 0,14 |

Pour la guilde Chenal considérée seule, la plage de débit est encore plus élevée. La SPU évolue constamment avec l'augmentation de débit jusqu'à une valeur proche de 1,25 m³/s avant de marquer un ralentissement. Bien que cette valeur corresponde à la valeur basse de débit, elle est élevée et se rapproche plutôt du débit médian de cette station. Comme la guilde Chenal regroupe les espèces d'eaux courantes, il est normal qu'elle soit favorisée pour des valeurs croissantes de débit, même si cette relation n'est pas forcément linéaire. Si la détermination de cette valeur est intéressante, c'est un optimum théorique qui a peu d'intérêt pratique pour évaluer les conditions limites en situation d'étiage pour l'ensemble du peuplement de poissons. On retient cependant que des conditions de bas débit sont de fait pénalisantes pour les habitats des espèces de cette guildes.

De la même manière, la plage de débit pour la guildes Rive, correspond à des valeurs faibles de débit qui peuvent être pénalisantes pour le reste du peuplement de poissons, alors même que la quantité de SPU pour cette guildes est toujours supérieure aux SPU des autres guildes.

Ainsi, par la suite, les gammes de débit de ces deux « extrêmes » (guildes chenales et guildes rives) ne seront pas considérées pour l'approche multi-espèces car elles sont trop contraignantes pour les autres composantes du peuplement.

Le bilan de cette analyse permet donc de choisir des scénarios de gestion quantitative selon les objectifs choisis (Figure 10). Dans le cas présenté ici, la plage de débit entre 0,1 et 0,25 m³/s correspond à des conditions acceptables d'habitats des espèces actuellement présentes dans cette station (gilde Mouille). La valeur seuil de 0,26 m³/s correspond également à la valeur basse pour le chabot parmi les espèces à enjeux. Elle est par ailleurs incluse dans la gamme de débits définie pour la truite fario et la gilde radier. Un compromis pourrait être de sélectionner comme valeur haute celle pour la truite fario adulte (0,48 m³/s), dans l'objectif à la fois de ne pas nuire aux espèces actuellement présentes sur ce secteur, tout en créant des conditions plus favorables au développement des espèces à enjeux.

La cohérence de ces valeurs est ensuite examinée en les resituant dans le contexte hydrologique local, et notamment les caractéristiques d'étiage. Dans cet exercice, la valeur de la SPU au QMNA5 désinfluencé est retenue comme référence pour analyser l'impact potentiel de bas débits sur les conditions d'habitats des différentes composantes du peuplement de poissons. En effet, en situation naturelle de conditions hydrologiques et hydromorphologiques, les peuplements de poissons sont aptes à supporter les périodes d'étiage habituel (c'est-à-dire les conditions pour le QMNA5). En revanche, des conditions durables de bas débit, en deçà de cette valeur sont défavorables au maintien d'un peuplement de poissons équilibré.

| | Valeurs de débit (m ³ /s) | % d'évolution de SPU (réf au QMNA5 désinfluencé) | | | | | |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | | Chenal | Chabot | TRF Adulte | Radier | Mouille | Rive |
| <i>Valeur haute (Chabot)</i> | 0,75 | 60 | 46 | 23 | 13 | 4 | 0 |
| 1/10 Module desinf | 0,44 | 33 | 27 | 15 | 9 | 3 | 1 |
| QMNA2 desinf | 0,31 | 18 | 15 | 8 | 5 | 2 | 1 |
| VCN10(2) desinf | 0,27 | 12 | 11 | 6 | 4 | 1 | 1 |
| QMNA5 désinf (SPU en m² pour 100m) | 0,20 | 113 | 151 | 366 | 315 | 290 | 722 |
| VCN3(5) desinf | 0,18 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | 0 |
| QMNA5 observé | 0,17 | -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 |
| <i>Valeur basse (Mouille)</i> | 0,10 | -22 | -20 | -12 | -8 | -3 | -2 |
| VCN3(5) observé | 0,09 | -24 | -22 | -14 | -9 | -4 | -3 |

Figure 10: Evolution en pourcentage des surfaces pondérées utiles (en m² pour 100 m) à différentes valeurs de débits en comparaison avec la valeur de SPU au QMNA5 désinfluencé sur la Sèvre Nantaise à Montravers (SNA1).

A partir de ce bilan, il est possible d'établir un compromis entre les valeurs seuils déterminées et le ratio de SPU par rapport à la référence de SPU au QMNA5 désinfluencé selon les guildes et espèces modélisées (Figure 11). Les variations observées de SPU selon les valeurs de débit sont les plus faibles pour les guildes Mouille et Rive. En revanche, les SPU pour la guildes Chenal, le chabot et la truite fario adulte varient nettement selon les valeurs de débit indiquées. Par exemple la valeur basse de la guildes Mouille (0,1 m³/s) correspond à une diminution supérieure à 10% de la SPU pour la truite fario, et à près de 20% pour la guildes Chenal et le chabot par rapport à des conditions d'étiage naturelles et habituelles. A l'inverse, au QMNA2 désinfluencé qui est proche de la valeur basse estimée pour le chabot (0,26 m³/s), les quantités de SPU de la guildes Chenal et du chabot progressent de plus de 10% par rapport aux SPU au QMNA5 et aux environs de 5% pour la truite fario et la guildes Radier. C'est en examinant l'ensemble de ces variations et leur impact qu'on peut affiner les limites de la gamme de débit biologique à cette station. A noter que pour cette station, le QMNA5 observé est inférieur mais relativement proche du QMNA5 désinfluencé, ce qui témoigne d'une moindre contrainte sur la ressource.

Cette démarche a été mise en œuvre sur l'ensemble des huit stations, de manière à disposer des éléments nécessaires à l'estimation des différentes valeurs seuils de débit qui permettent de préserver des conditions d'habitats le moins pénalisantes possible pour l'ensemble des espèces et guildes considérées.

| Code Station | Guilde/espèce | Valeur basse (m ³ /s) | Valeur haute (m ³ /s) |
|--------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| SNA1 | Chenal | 1,25 | 4,66 |
| | Chabot | 0,26 | 0,75 |
| | Truite fario adulte | 0,17 | 0,48 |
| | Radier | 0,14 | 0,37 |
| | Mouille | 0,10 | 0,25 |
| | Rive | 0,06 | 0,14 |
| SNA2 | Chenal | 1,85 | 6,02 |
| | Chabot | 0,43 | 1,07 |
| | Truite fario adulte | 0,20 | 0,58 |
| | Loche franche | 0,16 | 0,43 |
| | Mouille | 0,09 | 0,19 |
| | Rive | 0,05 | 0,09 |
| SNA3 | Chenal | 4,50 | 14,12 |
| | Mouille | 0,16 | 0,40 |
| | Rive | 0,10 | 0,22 |
| PMAI | Chenal | 1,60 | 4,38 |
| | Chabot | 0,17 | 0,50 |
| | Loche franche | 0,12 | 0,29 |
| | Mouille | 0,04 | 0,10 |
| | Rive | 0,02 | 0,05 |
| GMAI | Chenal | 1,10 | 3,49 |
| | Chabot | 0,16 | 0,47 |
| | Loche franche | 0,10 | 0,26 |
| | Mouille | 0,05 | 0,13 |
| | Rive | 0,02 | 0,05 |
| MAIN | Chenal | 2,80 | 7,43 |
| | Chabot | 0,28 | 0,85 |
| | Loche franche | 0,18 | 0,45 |
| | Mouille | 0,01 | 0,02 |
| | Rive | 0,005 | 0,01 |
| MOI1 | Chenal | 1,20 | 3,41 |
| | Chabot | 0,15 | 0,42 |
| | Loche franche | 0,07 | 0,20 |
| | Mouille | 0,07 | 0,16 |
| | Rive | 0,02 | 0,05 |
| MOI2 | Chenal | 1,5 | 4,11 |
| | Chabot | 0,2 | 0,55 |
| | Loche franche | 0,07 | 0,21 |
| | Mouille | 0,01 | 0,02 |
| | Rive | 0,003 | 0,008 |

Figure 11 : Bilan des valeurs de débit issues des courbes de surfaces pondérées utiles en fonction du débit modélisées pour différentes guildes et espèces sur les huit stations (en bleu la plage des valeurs figurée sur les courbes de SPU en fonction du débit, comprises entre la valeur basse minimum et la valeur haute maximum hors guildes Rive et Chenal)

2.5.7 Données stationnelles

Les résultats des modélisations pour les huit stations sont détaillés ci-dessous puis commentés, par sous-bassin versant.

2.5.7.1 Sous-bassin de la Sèvre Nantaise

Sèvre Nantaise amont à Montravers (SNA1)

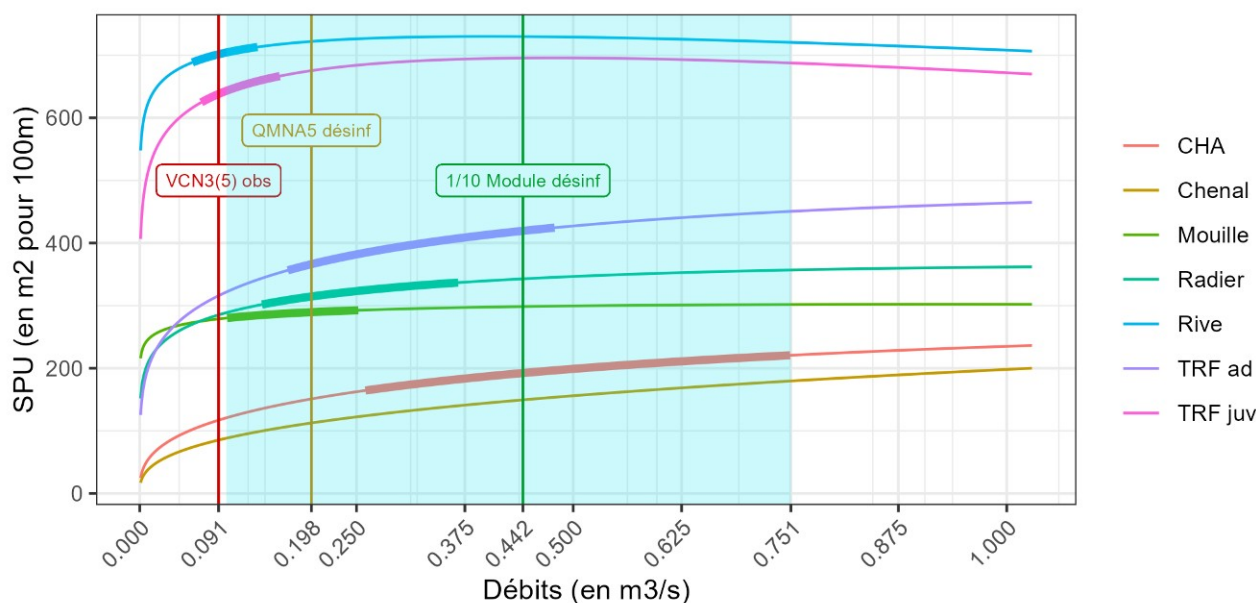


Figure 12: Evolution des surfaces pondérées utiles en fonction du débit sur la Sèvre Nantaise amont à Montravers (SNA1). (La portion de courbe épaissie correspond à la plage de débit biologique pour la guildes considérée).

Sur cette station les valeurs minimales et maximales issues de la modélisation des différentes espèces et guildes peuvent être affinées pour proposer une gamme de débits biologiques :

- La valeur basse peut être fixée à 170 l/s. Il s'agit d'un compromis :
 - correspondant à la valeur seuil minimale d'accroissement des risques de la truite fario adulte ;
 - situé dans la plage acceptable identifiée pour la guildes mouille et proche de l'optimum pour la guildes rive ainsi que les juvéniles de truite fario ;
 - induisant une perte d'habitats de 13 % pour le Chabot, relativement au seuil de débit bas de cette espèce (260 l/s).
- La valeur haute peut être fixée à 480 l/s, valeur maximale de débit pour la truite fario qui est une des espèces à enjeux du sous bassin. A ces valeurs, les graphiques et les tableaux d'évolution de la SPU en fonction du débit indiquent que l'habitat du chabot est peu pénalisé.

| | Valeurs de débit (m ³ /s) | % d'évolution de SPU (réf au QMNA5 désinfluenté) | | | | | |
|------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|--------|------------|--------|---------|------|
| | | Chenal | Chabot | TRF Adulte | Radier | Mouille | Rive |
| Valeur haute (Chabot) | 0,75 | 60 | 46 | 23 | 13 | 4 | 0 |
| 1/10 Module desinf | 0,44 | 33 | 27 | 15 | 9 | 3 | 1 |
| QMNA2 desinf | 0,31 | 18 | 15 | 8 | 5 | 2 | 1 |
| VCN10(2) desinf | 0,27 | 12 | 11 | 6 | 4 | 1 | 1 |
| QMNA5 désinf (SPU en m ² pour 100m) | 0,20 | 113 | 151 | 366 | 315 | 290 | 722 |
| VCN3(5) desinf | 0,18 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | 0 |
| QMNA5 observé | 0,17 | -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 |
| Valeur basse (Mouille) | 0,10 | -22 | -20 | -12 | -8 | -3 | -2 |
| VCN3(5) observé | 0,09 | -24 | -22 | -14 | -9 | -4 | -3 |

Figure 13: Evolution en pourcentage des surfaces pondérées utiles (en m² pour 100 m) à différentes valeurs de débits en comparaison avec la valeur de SPU au QMNA5 désinfluenté sur la Sèvre Nantaise à Montravers (SNA1).

Sur la station de la Sèvre Nantaise à Montravers, la plage de débits biologiques proposée pour les très basses eaux se situe entre une valeur basse de 170 l/s et une valeur haute de 480 l/s.

Sèvre Nantaise moyenne à Tiffauges (SNA2)

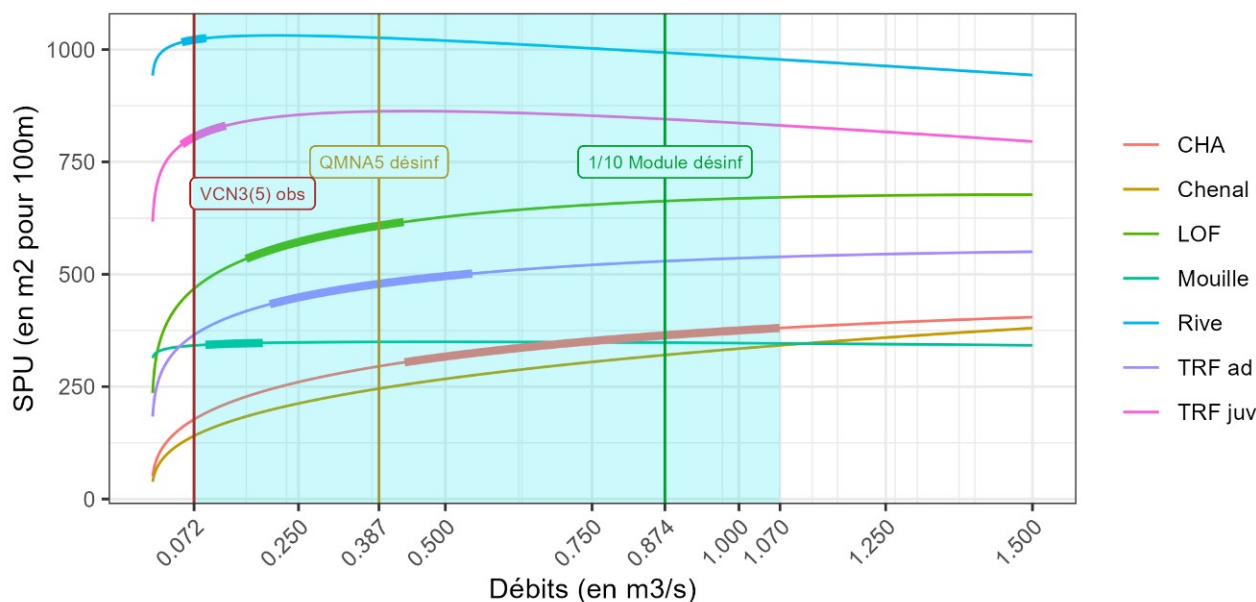


Figure 14: Evolution des surfaces pondérées utiles en fonction du débit sur la Sèvre Nantaise à Tiffauges (SNA2). (La portion de courbe épaissie correspond à la plage de débit biologique pour la guildes considérée).

Sur cette station les valeurs minimales et maximales issues de la modélisation des différentes espèces et guildes peuvent être affinées pour proposer une gamme de débits biologiques :

- La valeur basse peut être fixée à 200 l/s. Il s'agit d'un compromis :
 - correspondant à la valeur seuil minimale d'accroissement des risques de la Truite fario adulte ;
 - situé dans proche de l'optimum pour les guildes mouille et rive et au-dessus du minimum pour la Loche Franche (160 l/s) ;
 - induisant une perte d'habitats de 20 % pour le Chabot, relativement au seuil de débit bas de cette espèce (430 l/s).
- La valeur haute peut être fixée à 580 l/s, valeur maximale de débit pour la truite fario qui est une des espèces à enjeux du sous bassin. A ces valeurs, les graphiques et les tableaux d'évolution de la SPU en fonction du débit indiquent que l'habitat du chabot est peu pénalisé.

Sur la station de la Sèvre Nantaise à Tiffauges, la plage de débits biologiques proposée pour les très basses eaux se situe entre une valeur basse de 200 l/s et une valeur haute de 580 l/s.

| | Valeurs de débit (m ³ /s) | % d'évolution de SPU (réf au QMNA5 désinflué) | | | | | |
|------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------|--------|------------|---------------|---------|------|
| | | Chenal | Chabot | TRF adulte | Loche franche | Mouille | Rive |
| <i>Valeur haute (Chabot)</i> | 1,07 | 39 | 29 | 13 | 10 | -1 | -5 |
| 1/10 Module desinf | 0,87 | 30 | 23 | 11 | 9 | 0 | -3 |
| QMNA2 desinf | 0,61 | 16 | 13 | 6 | 6 | 0 | -1 |
| VCN10(2) desinf | 0,53 | 11 | 9 | 4 | 4 | 0 | -1 |
| QMNA5 désinf (SPU en m ² pour 100m) | 0,39 | 246 | 295 | 479 | 608 | 350 | 1026 |
| VCN3(5) desinf | 0,35 | -3 | -3 | -1 | -1 | 0 | 0 |
| QMNA5 observé | 0,28 | -10 | -9 | -5 | -4 | 0 | 0 |
| <i>Valeur basse (Mouille)</i> | 0,09 | -38 | -36 | -21 | -20 | -2 | 0 |
| VCN3(5) observé | 0,07 | -43 | -40 | -24 | -23 | -2 | 0 |

Figure 15: Evolution en pourcentage des surfaces pondérées utiles (en m² pour 100 m) à différentes valeurs de débits en comparaison avec la valeur de SPU au QMNA5 désinflué sur la Sèvre Nantaise à Tiffauges (SNA2).

Sèvre Nantaise aval à Angreviers (SNA3)

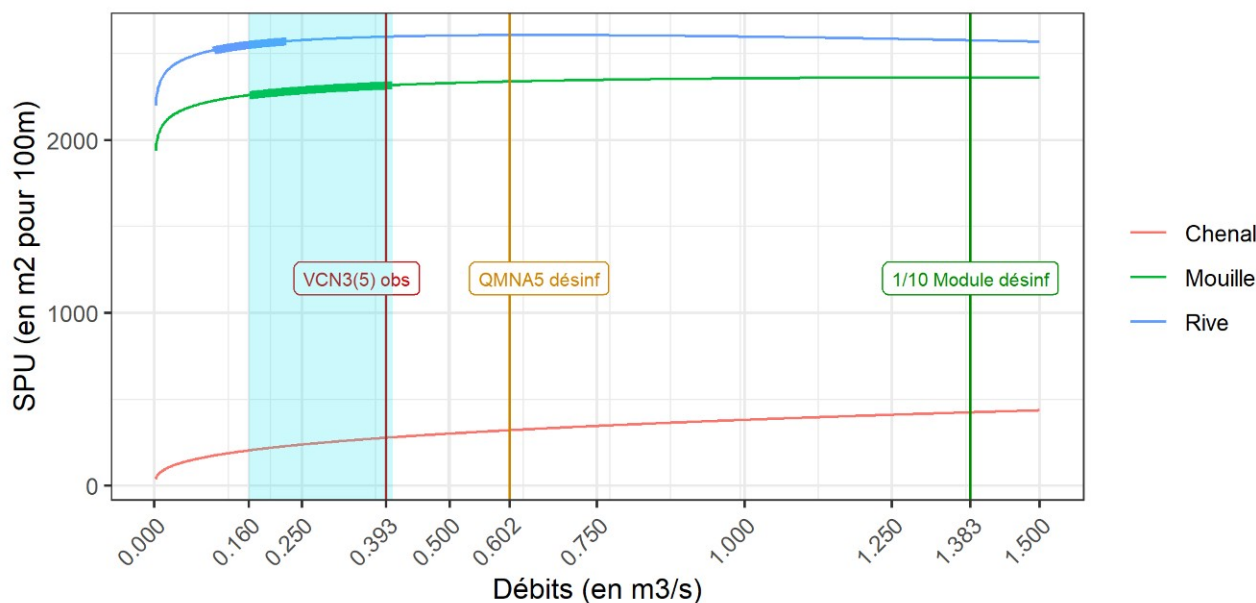


Figure 16: Evolution des surfaces pondérées utiles en fonction du débit sur la Sèvre Nantaise aval à Angreviers (SNA3). (La portion de courbe épaissie correspond à la plage de débit biologique pour la guilde considérée).

La station SNA3 est singulière puisque les conditions d'application d'Estimhab ne sont pas conformes. Les valeurs basses (160 l/s correspondant au débit bas de la guilde mouille) et hautes (400 l/s correspondant au débit haut de la guilde mouille) sont indicatives.

| | | % d'évolution de SPU (réf au QMNA5 désinflucé) | | |
|------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------|---------|------|
| | Valeurs de débit (m ³ /s) | Chenal | Mouille | Rive |
| 1/10 Module desinf | 1,38 | 32 | 1 | -1 |
| QMNA2 desinf | 0,90 | 15 | 1 | 0 |
| VCN10(2) desinf | 0,79 | 10 | 0 | 0 |
| QMNA5 observé | 0,76 | 8 | 0 | 0 |
| QMNA5 désinf (SPU en m ² pour 100m) | 0,60 | 321 | 2338 | 2606 |
| VNC3(5) desinf | 0,55 | -3 | 0 | 0 |
| Valeur haute (Mouille) | 0,40 | -13 | -1 | 0 |
| VCN3(5) observé | 0,39 | -13 | -1 | 0 |
| Valeur basse (Mouille) | 0,16 | -36 | -3 | -2 |

Figure 17: Evolution en pourcentage des surfaces pondérées utiles (en m² pour 100 m) à différentes valeurs de débits en comparaison avec la valeur de SPU au QMNA5 désinflucé sur la Sèvre Nantaise aval à Angreviers.

2.5.7.2 Proposition d'une plage de débits biologiques

Les valeurs de débit retenues sont les valeurs minimales et maximales issues de la modélisation des différentes espèces et guildes. En général la valeur minimale correspond à la valeur basse de débit pour la guildes Mouille et la valeur maximale à la valeur haute pour le chabot. Une gamme pour la valeur du débit biologique à chaque station peut être affinée selon plusieurs critères. Pour les stations de la Sèvre Nantaise, les valeurs hautes peuvent être ramenées à la valeur maximale de débit pour la truite fario qui est une des espèces à enjeux du sous bassin. A ces valeurs, les graphiques et les tableaux d'évolution de la SPU en fonction du débit indiquent que l'habitat du chabot est peu pénalisé. Les valeurs basses ont été définies en cherchant une valeur de compromis entre les espèces ou guildes considérées. Les valeurs basses retenues induisent des pertes d'habitats parfois conséquentes pour le Chabot. La station SNA3 est singulière puisque les conditions d'application d'Estimhab ne sont pas conformes. Les valeurs basses et hautes sont indicatives.

Tableau 16 : Plage de débits biologiques proposés sur les stations de la Sèvre Nantaise

| Code Station | UG | Station | Débit Bio EstimHab 2023 (en m ³ /s) | | Plage de débits biologiques proposée (en m ³ /s) | | Débit bio étude VP 2012 (en m ³ /s) | |
|--------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------|--------------|
| | | | Valeur minimale | Valeur maximale | Valeur basse | Valeur haute | Valeur basse | Valeur haute |
| SNA1 | UG Sèvre amont | Sèvre Nantaise à Montravers | 0,10 | 0,75 | 0,17 | 0,48 | 0,10 | 0,14 |
| SNA2 | UG Sèvre moyenne 1 | Sèvre Nantaise à Tiffauges | 0,09 | 1,07 | 0,20 | 0,58 | 0,25 | 0,30 |
| SNA3 | UG Sèvre moyenne 2 | Sèvre Nantaise à Angreviers | 0,16 | 0,40 | 0,16 | 0,40 | 0,40 | 0,50 |

Bilan pour le sous-bassin de la Sèvre Nantaise

Pour ce sous-bassin, les principaux enjeux concernent les stations amont (SNA1 et SNA2). Il peut être intéressant de préserver, en période de basses eaux, des conditions de débit adéquates pour des espèces sensibles telles que la truite fario ou le chabot qui sont recensées dans ce secteur, et par conséquent de retenir comme valeur de débit biologique un débit inclus dans leur gamme favorable de débit. La comparaison des valeurs de débits seuils pour ces espèces, aux métriques hydrologiques d'étiage, indique que les gammes de débit estimées peuvent être aisément atteintes même si la situation est plus délicate pour le chabot. Cette observation s'explique par la similarité de leurs ordres de grandeur avec le QMNA5 (valeurs désinfluencée ou observée). Pour ces deux stations, seules les valeurs d'étiage sévère observées, VCN3(5), sont inférieures à la valeur basse minimum.

Concernant la station la plus aval, il ne semble pas non plus y avoir de contraintes de débit pour les guildes modélisées, correspondant aux espèces communes et à l'anguille. Cette absence de contrainte s'observe également en conditions d'étiage sévère. Cependant sur cette station, la méthode de modélisation n'est pas entièrement valide car les hauteurs d'eau sont trop importantes (du fait de l'influence de la chaussée d'Angreviers sur la ligne d'eau). Il faut donc prendre avec précaution ces résultats. Une simulation à l'aide d'un modèle hydraulique serait plus indiquée.

Il convient aussi de rappeler que l'analyse des débits en période de basses eaux a montré que la tension sur la ressource en eau était plus régulière sur la Sèvre Nantaise depuis 2017, ce qui constitue un point d'attention.

2.5.7.3 Sous-bassin de la Maine

Petite Maine à Fromage (PMAI)

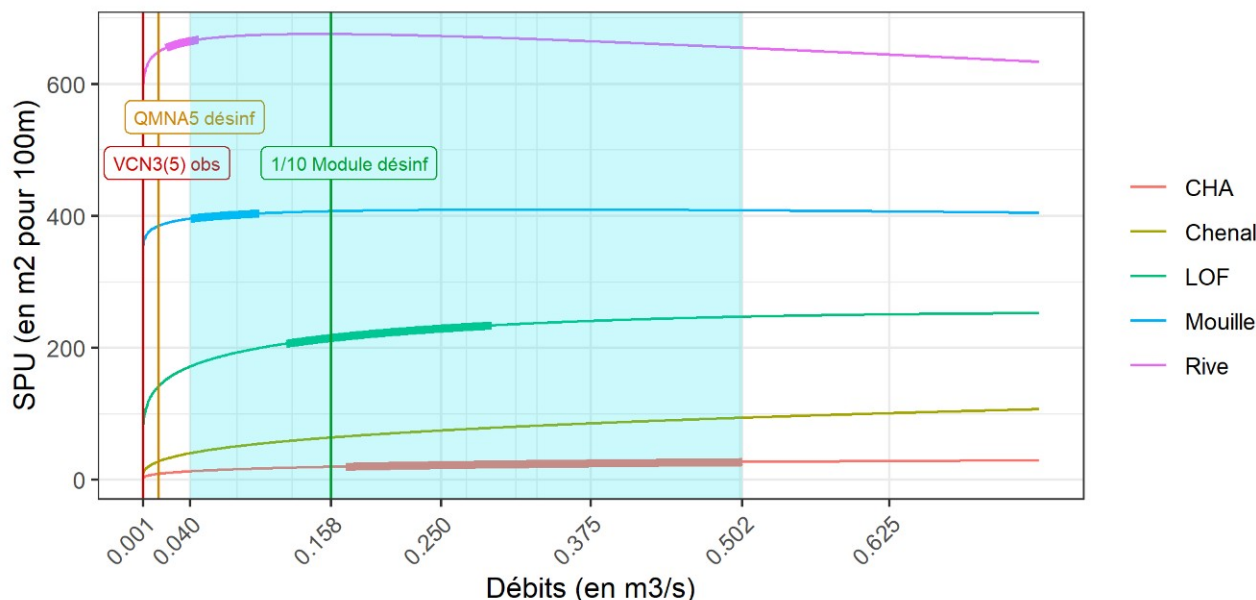


Figure 18: Evolution des surfaces pondérées utiles en fonction du débit sur la Petite Maine à Fromage (PMAI). (La portion de courbe épaissie correspond à la plage de débit biologique pour la guildes considérée).

Sur cette station les valeurs minimales et maximales issues de la modélisation des différentes espèces et guildes peuvent être affinées pour proposer une gamme de débits biologiques :

- La valeur basse peut être fixée à 120 l/s. Il s'agit d'un compromis :
 - correspondant à la valeur seuil minimale d'accroissement des risques de la Loche franche ;
 - proche de l'optimum pour les guildes mouille et rive ;
 - induisant une perte d'habitats de 10 % pour le Chabot, relativement au seuil de débit bas de cette espèce (170 l/s).
- La valeur haute peut être fixée à 290 l/s, valeur maximale de débit de la loche franche, ce qui correspond à une valeur intermédiaire pour la gamme de débit du chabot.

Sur la station de la Petite Maine à Fromage, la plage de débits biologiques proposée pour les très basses eaux se situe entre une valeur basse de 120 l/s et une valeur haute de 290 l/s.

| | Valeurs de débit (m ³ /s) | % d'évolution de SPU (réf au QMNA5 désinfluencé) | | | | |
|------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|--------|---------------|---------|------|
| | | Chenal | Chabot | Loche franche | Mouille | Rive |
| <i>Valeur haute (Chabot)</i> | 0,502 | 232 | 194 | 73 | 6 | 1 |
| 1/10 Module desinf | 0,158 | 126 | 116 | 51 | 6 | 4 |
| <i>Valeur basse (Mouille)</i> | 0,040 | 43 | 41 | 21 | 3 | 2 |
| QMNA2 desinf | 0,026 | 23 | 22 | 12 | 2 | 1 |
| VCN10(2) desinf | 0,018 | 9 | 9 | 5 | 1 | 1 |
| QMNA5 désinf (SPU en m ² pour 100m) | 0,014 | 28 | 9 | 143 | 385 | 649 |
| VCN3(5) desinf | 0,011 | -8 | -8 | -4 | -1 | -1 |
| QMNA5 observé | 0,005 | -29 | -29 | -17 | -3 | -3 |
| VCN3(5) observé | 0,001 | -59 | -58 | -38 | -7 | -7 |

Figure 19: Evolution en pourcentage des surfaces pondérées utiles (en m² pour 100 m) à différentes valeurs de débits en comparaison avec la valeur de SPU au QMNA5 désinfluencé sur la Petite Maine à Fromage (PMAI).

Grande Maine au Pont Léger (GMAI)

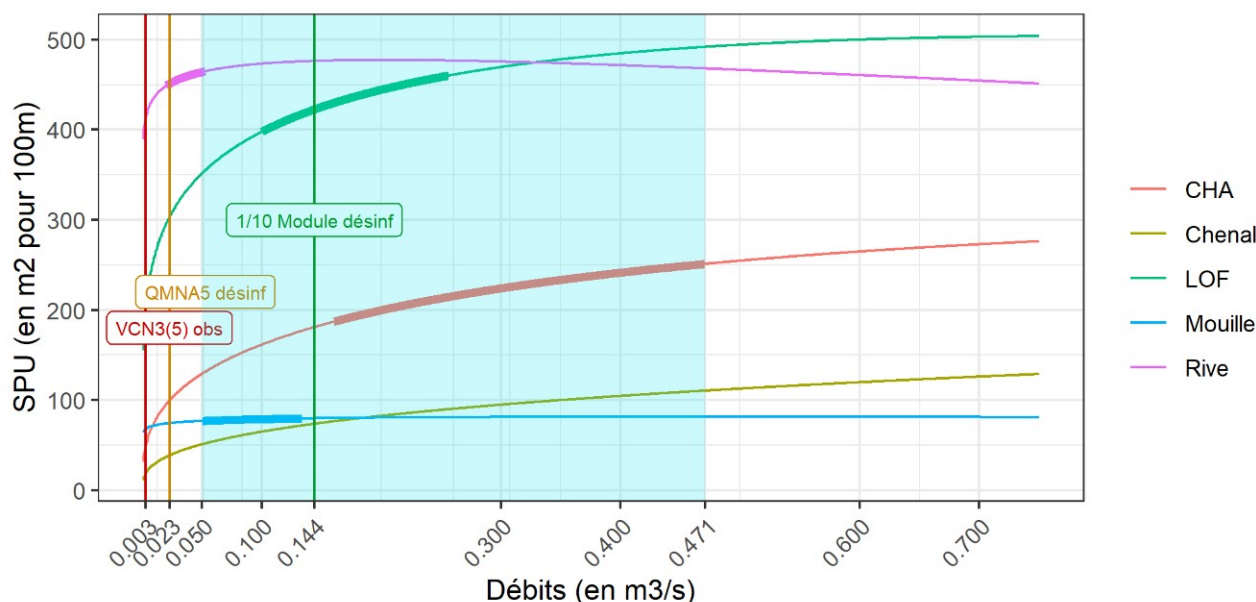


Figure 20: Evolution des surfaces pondérées utiles en fonction du débit sur la Grande Maine au Pont Léger (GMAI). (La portion de courbe épaissie correspond à la plage de débit biologique pour la guilde considérée).

Sur cette station les valeurs minimales et maximales issues de la modélisation des différentes espèces et guildes peuvent être affinées pour proposer une gamme de débits biologiques :

- La valeur basse peut être fixée à 100 l/s. Il s'agit d'un compromis :
 - correspondant à la valeur seuil minimale d'accroissement des risques de la Loche franche ;
 - proche de l'optimum pour les guildes mouille et rive ;
 - induisant une perte d'habitats de 14 % pour le Chabot, relativement au seuil de débit bas de cette espèce (160 l/s).
- La valeur haute peut être fixée à 260 l/s, valeur maximale de débit pour la loche franche dans cette station, ce qui correspond à une valeur intermédiaire pour la gamme de débit du chabot.

Sur la station de la Grande Maine au Pont Léger, la plage de débits biologiques proposée pour les très basses eaux se situe entre une valeur basse de 100 l/s et une valeur haute de 260 l/s.

| | Valeurs de débit (m ³ /s) | % d'évolution de SPU (réf au QMNA5 désinfluencé) | | | | |
|------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|--------|---------------|---------|------|
| | | Chenal | Chabot | Loche franche | Mouille | Rive |
| <i>Valeur haute (Chabot)</i> | 0,471 | 184 | 151 | 62 | 9 | 4 |
| 1/10 Module desinf | 0,144 | 89 | 81 | 39 | 7 | 6 |
| <i>Valeur basse (Mouille)</i> | 0,050 | 31 | 29 | 16 | 3 | 3 |
| QMNA2 desinf | 0,039 | 20 | 19 | 11 | 2 | 2 |
| VCN10(2) | 0,030 | 10 | 9 | 5 | 1 | 1 |
| QMNA5 désinf (SPU en m ² pour 100m) | 0,023 | 39 | 100 | 304 | 75 | 451 |
| VCN3(5) désinf | 0,019 | -6 | -6 | -4 | -1 | -1 |
| QMNA5 observé | 0,013 | -18 | -17 | -10 | -2 | -2 |
| VCN3(5) observé | 0,003 | -51 | -50 | -33 | -9 | -8 |

Figure 21: Evolution en pourcentage des surfaces pondérées utiles (en m² pour 100 m) à différentes valeurs de débits en comparaison avec la valeur de SPU au QMNA5 désinfluencé sur la Grande Maine au Pont Léger.

Maine à Aigrefeuille (MAIN)

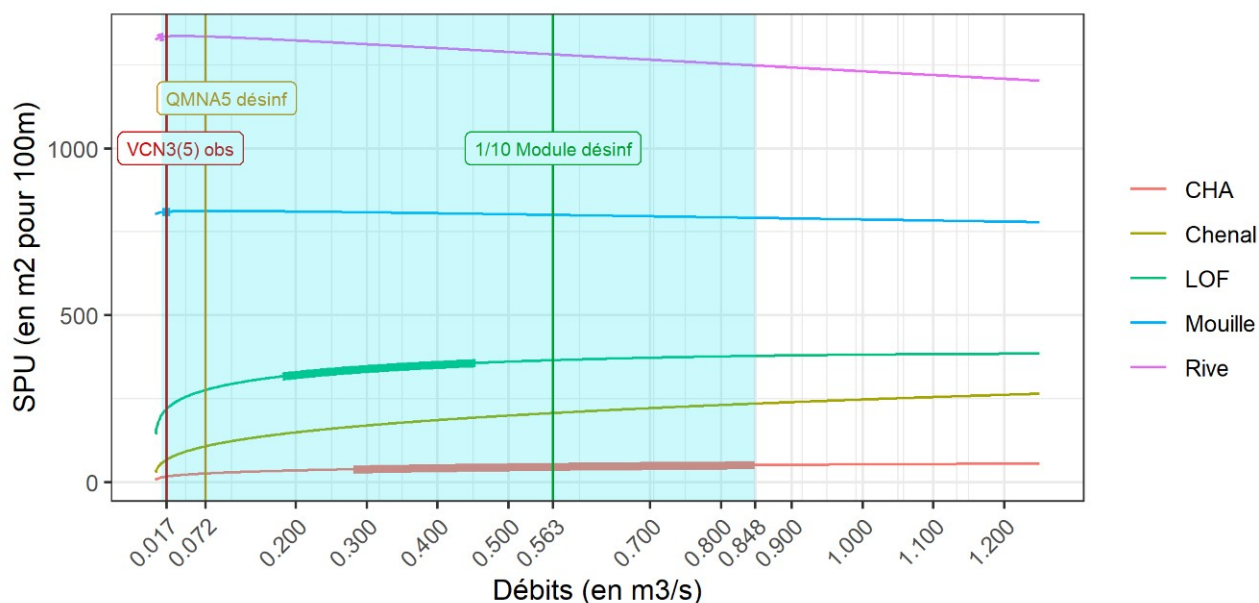


Figure 22: Evolution des surfaces pondérées utiles en fonction du débit sur la Maine à Aigrefeuille (MAIN). (La portion de courbe épaissie correspond à la plage de débit biologique pour la guilda considérée).

Sur cette station les valeurs minimales et maximales issues de la modélisation des différentes espèces et guildes peuvent être affinées pour proposer une gamme de débits biologiques :

- La valeur basse peut être fixée à 180 l/s. Il s'agit d'un compromis :
 - correspondant à la valeur seuil d'accroissement des risques minimal de la courbe de SPU de la Loche franche ;
 - proche de l'optimum pour la guilda mouille ;
 - induisant une perte d'habitats de 12 % pour le Chabot, relativement au seuil de débit bas de cette espèce (280 l/s).
- La valeur haute peut être fixée à 450 l/s, valeur maximale de débit pour la loche franche à cette station, ce qui correspond à une valeur intermédiaire pour la gamme de débit du chabot.

Sur la station de la Maine à Aigrefeuille, la plage de débits biologiques proposée pour les très basses eaux se situe entre une valeur basse de 180 l/s et une valeur haute de 450 l/s.

| | Valeurs de débit (m ³ /s) | % d'évolution de SPU (réf au QMNA5 désinfluencé) | | | | |
|------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|--------|---------------|---------|------|
| | | Chenal | Chabot | Loche franche | Mouille | Rive |
| <i>Valeur haute (Chabot)</i> | 0,85 | 119 | 99 | 37 | -3 | -6 |
| 1/10 Module desinf | 0,56 | 93 | 81 | 32 | -1 | -4 |
| QMNA2 desinf | 0,12 | 17 | 16 | 8 | 0 | 0 |
| VCN10(2) desinf | 0,09 | 8 | 7 | 4 | 0 | 0 |
| QMNA5 désinf (SPU en m ² pour 100m) | 0,07 | 107 | 26 | 276 | 812 | 1335 |
| VCN3(5) desinf | 0,06 | -7 | -6 | -3 | 0 | 0 |
| QMNA5 observé | 0,04 | -20 | -19 | -10 | 0 | 0 |
| VCN3(5) observé | 0,02 | -37 | -36 | -20 | 0 | 0 |
| <i>Valeur basse (Mouille)</i> | 0,01 | -47 | -46 | -27 | 0 | 0 |

Figure 23: Evolution en pourcentage des surfaces pondérées utiles (en m² pour 100 m) à différentes valeurs de débits en comparaison avec la valeur de SPU au QMNA5 désinfluencé sur la Maine à Aigrefeuille.

2.5.7.4 Proposition d'une plage de débits biologiques

Les valeurs de débit retenues sont les valeurs minimales et maximales issues de la modélisation des différentes espèces et guildes. En général la valeur minimale correspond à la valeur basse de débit pour la guildes Mouille et la valeur maximale à la valeur haute pour le chabot. Une gamme pour la valeur du débit biologique à chaque station peut être affinée selon plusieurs critères. Pour les trois stations de la Maine, les valeurs de SPU du chabot et de la guildes chenale sont très faibles (quelques dizaines de m²) et en définitive évoluent peu avec le débit tel que l'indiquent les graphiques d'évolution de toutes les courbes de SPU. La valeur haute du débit biologique peut donc être ramenée à la valeur maximale de la gamme de débit de la loche franche dans chaque station, ce qui correspond à une valeur intermédiaire pour la gamme de débit du chabot. Les valeurs basses ont été définies en cherchant une valeur de compromis entre les espèces ou guildes considérées. Les valeurs basses retenues induisent des pertes d'habitats parfois conséquentes pour le Chabot.

Tableau 17 : Plage de débits biologiques proposés sur les stations du bassin versant de la Maine

| Code Station | UG | Station | Débit Bio EstimHab 2023 (en m ³ /s) | | Plage de débits biologiques proposée (en m ³ /s) | | Débit bio étude VP 2012 (en m ³ /s) | |
|--------------|-----------------|----------------------------|------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------|--------------|
| | | | Valeur minimale | Valeur maximale | Valeur basse | Valeur haute | Valeur basse | Valeur haute |
| PMAI | UG Petite Maine | Petite Maine à Fromage | 0,04 | 0,50 | 0,12 | 0,29 | 0,07 | 0,10 |
| GMAI | UG Grande Maine | Grande Maine au Pont Léger | 0,05 | 0,47 | 0,10 | 0,26 | 0,07 | 0,10 |
| MAIN | UG Maine | Maine à Aigrefeuille | 0,01 | 0,85 | 0,18 | 0,45 | 0,12 | 0,15 |

Bilan pour le sous-bassin de la Maine

Pour ce sous-bassin en revanche, les conditions hydrologiques en période d'étiage sont très nettement contraignantes pour les poissons, même en l'absence de prélèvements (indicateurs hydrologiques désinfluencés). Les gammes de débit estimées par la modélisation se situent au-delà de la valeur du QMNA2 désinfluencé et du QMNA5 désinfluencé même pour les guildes les moins exigeantes. On se retrouve donc dans la situation où le débit biologique est supérieur aux débits naturels. Pour la guilde Chenal et le chabot, les quantités d'habitats favorables au QMNA5 désinfluencé sont très faibles. De plus, dans le cas de la station de la Grande Maine (GMAIN), les valeurs des caractéristiques d'étiage correspondent à des hauteurs d'eau extrêmement faibles, proches des tirants d'eau limites pour toutes les espèces, constituant ainsi une contrainte supplémentaire.

Seules les conditions pour la station localisée sur l'axe principal (MAIN) peuvent être compatibles avec les exigences des espèces les moins sensibles du peuplement (guilde Mouille et Rive).

2.5.7.5 Sous-bassin de la Moine

Moine à Cholet (MOI1)

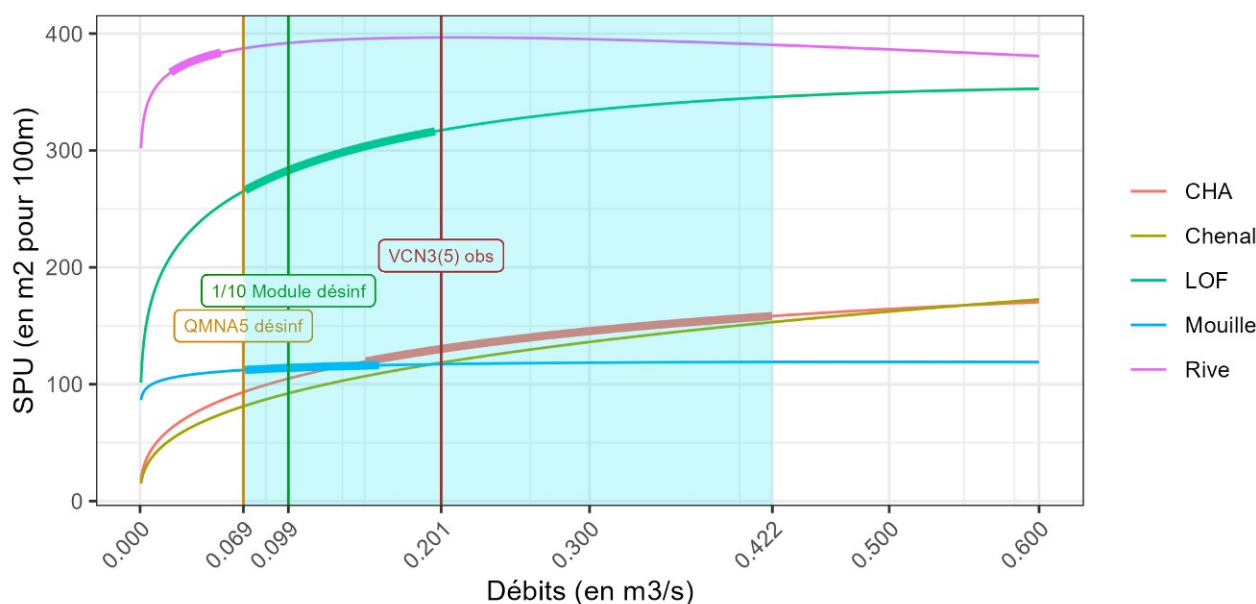


Figure 24: Evolution des surfaces pondérées utiles en fonction du débit sur la Moine à Cholet (MOI1). (La portion de courbe épaissie correspond à la plage de débit biologique pour la guilde considérée).

Sur cette station les valeurs minimales et maximales issues de la modélisation des différentes espèces et guildes peuvent être affinées pour proposer une gamme de débits biologiques :

- La valeur basse peut être fixée à 100 l/s. Il s'agit d'un compromis :
 - situé dans la gamme de débit identifiée pour la Loche franche et la goule mouille ;
 - proche de l'optimum pour la goule rive ;
 - induisant une perte d'habitats de 12 % pour le Chabot, relativement au seuil de débit bas de cette espèce (150 l/s).
- La valeur haute peut être fixée à 320 l/s, valeur intermédiaire de la gamme de débit biologique du chabot correspondant également au QMNA5 observé.

Sur la station de la Moine à Cholet, la plage de débits biologiques proposée pour les très basses eaux se situe entre une valeur basse de 100 l/s et une valeur haute de 320 l/s.

| % d'évolution de SPU (réf au QMNA5 désinfluencé) | | | | | | |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------|--------|--------|---------------|---------|------|
| | Valeurs de débit (m ³ /s) | Chenal | Chabot | Loche franche | Mouille | Rive |
| Valeur haute (Chabot) | 0,42 | 89 | 70 | 30 | 6 | 1 |
| QMNA5 observé | 0,32 | 71 | 58 | 27 | 6 | 2 |
| VCN3(5) observé | 0,20 | 46 | 40 | 20 | 5 | 2 |
| 1/10 Module desinf | 0,10 | 14 | 12 | 7 | 2 | 1 |
| QMNA2 desinf | 0,08 | 5 | 5 | 3 | 1 | 1 |
| VCN10(2) desinf | 0,07 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| QMNA5 désinf (SPU en m ² pour 100m) | 0,07 | 81 | 93 | 265 | 112 | 387 |
| VCN3(5) desinf | 0,06 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 |
| Valeur basse (Mouille) | 0,05 | -11 | -10 | -6 | -2 | -1 |

Figure 25: Evolution en pourcentage des surfaces pondérées utiles (en m² pour 100 m) à différentes valeurs de débits en comparaison avec la valeur de SPU au QMNA5 désinfluencé sur la Moine à Cholet.

Moine à Saint-Crespin (MOI2)

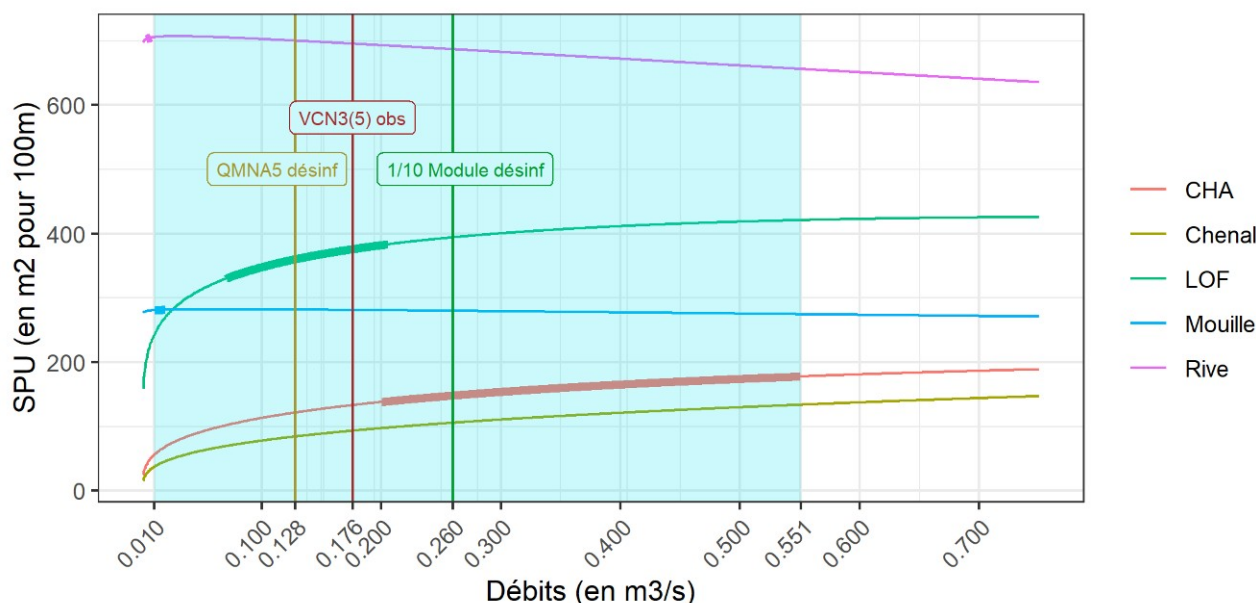


Figure 26: Evolution des surfaces pondérées utiles en fonction du débit sur la Moine à Saint-Crespin (MOI2). (La portion de courbe épaissie correspond à la plage de débit biologique pour la guildes considérée).

Sur cette station les valeurs minimales et maximales issues de la modélisation des différentes espèces et guildes peuvent être affinées pour proposer une gamme de débits biologiques :

- La valeur basse peut être fixée à 150 l/s. Il s'agit d'un compromis :
 - situé dans la gamme de débit identifiée pour la Loche franche ;
 - proche de l'optimum pour la guildes mouille ;
 - induisant une perte d'habitats de 8 % pour le Chabot, relativement au seuil de débit bas de cette espèce (200 l/s).
- La valeur haute peut être fixée à 390 l/s, valeur intermédiaire de la gamme de débit biologique du chabot correspondant également au QMNA5 observé.

Sur la station de la Moine à Saint-Crespin, la plage de débits biologiques proposée pour les très basses eaux se situe entre une valeur basse de 150 l/s et une valeur haute de 390 l/s.

| | Valeurs de débit (m ³ /s) | % d'évolution de SPU (réf au QMNA5 désinfluencé) | | | | |
|------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|--------|---------------|---------|------|
| | | Chenal | Chabot | Loche franche | Mouille | Rive |
| <i>Valeur haute (Chabot)</i> | 0,55 | 59 | 46 | 17 | -3 | -6 |
| QMNA5 observé | 0,39 | 42 | 35 | 14 | -1 | -4 |
| 1/10 Module desinf | 0,26 | 25 | 22 | 9 | -1 | -2 |
| VCN3(5) observé | 0,18 | 11 | 10 | 4 | 0 | -1 |
| QMNA2 desinf | 0,17 | 8 | 8 | 3 | 0 | -1 |
| VCN10(2) desinf | 0,15 | 4 | 4 | 2 | 0 | 0 |
| QMNA5 désinf (SPU en m ² pour 100m) | 0,13 | 84 | 122 | 360 | 282 | 700 |
| VCN3(5) desinf | 0,12 | -2 | -2 | -1 | 0 | 0 |
| <i>Valeur basse (Mouille)</i> | 0,01 | -56 | -54 | -33 | 0 | 1 |

Figure 27: Evolution en pourcentage des surfaces pondérées utiles (en m² pour 100 m) à différentes valeurs de débits en comparaison avec la valeur de SPU au QMNA5 désinfluencé sur la Moine à Saint-Crespin.

2.5.7.6 Proposition d'une plage de débits biologiques

Les valeurs de débit retenues sont les valeurs minimales et maximales issues de la modélisation des différentes espèces et guildes. En général la valeur minimale correspond à la valeur basse de débit pour la guildes Mouille et la valeur maximale à la valeur haute pour le chabot. Une gamme pour la valeur du débit biologique à chaque station peut être affinée selon plusieurs critères. A ces stations, l'allure des courbes d'évolution de SPU du chabot et la guildes chenale est différente. Ramener la valeur haute de débit biologique à la valeur maximale de la loche franche serait trop pénalisant pour le chabot. Il est cependant possible de choisir une valeur intermédiaire de la gamme de débit biologique du chabot. Cette valeur intermédiaire peut correspondre finalement aux valeurs du QMNA5 observé. Les valeurs basses ont été définies en cherchant une valeur de compromis entre les espèces ou guildes considérées. Les valeurs basses retenues induisent des pertes d'habitats parfois conséquentes pour le Chabot.

Tableau 18 : Plage de débits biologiques proposés sur les stations du bassin versant de la Moine

| Code Station | UG | Station | Débit Bio EstimHab 2023 (en m ³ /s) | | Plage de débits biologiques proposée (en m ³ /s) | | Débit bio étude VP 2012 (en m ³ /s) | |
|--------------|------------|-----------------------|------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------|--------------|
| | | | Valeur minimale | Valeur maximale | Valeur basse | Valeur haute | Valeur basse | Valeur haute |
| MOI1 | UG Moine 2 | Moine à Cholet | 0,07 | 0,42 | 0,10 | 0,32 | 0,10 | 0,13 |
| MOI2 | UG Moine 2 | Moine à Saint-Crespin | 0,01 | 0,55 | 0,15 | 0,39 | 0,15 | 0,20 |

Bilan pour le sous-bassin de la Moine

Comme indiqué dans les bilans hydrologiques (rapport de phase 2, Santos et al., 2023), la particularité des stations de ce sous-bassin est qu'elles bénéficient d'un soutien d'étiage en raison de la présence des plans d'eau du complexe Ribou-Verdon. Cependant, même en conditions naturelles (valeurs désinfluencées), les résultats de la modélisation n'indiquent pas de contraintes hydrologiques fortes pour atteindre les débits seuils estimés.

2.5.8 Synthèse sur les débits biologiques en période de basses eaux

Des situations contrastées apparaissent dans les cours d'eau du bassin de la Sèvre Nantaise concernant les conditions de débit pour les peuplements de poissons en période de basses eaux. La situation la plus critique concerne les cours d'eau du bassin de la Maine pour lesquels les étiages sont défavorables, même en l'absence de prélèvements. Cette situation critique s'observe aussi pour les espèces actuellement présentes, qui sont les moins sensibles (guildes mouille et rive). Il peut donc être compliqué d'envisager de créer des conditions d'habitats hydrauliques favorables pour les espèces plus sensibles telles que les cyprinidés rhéophiles modélisés via la guildes Chenal. A l'opposé, le sous bassin de la Moine bénéficie de soutien d'étiage via les aménagements locaux, ce qui rend les conditions hydrologiques plus favorables pour les poissons en période d'étiage. Les enjeux principaux sont localisés dans la partie amont de la Sèvre Nantaise dont les peuplements de poissons, a minima dans les affluents, comportent encore des espèces sensibles comme la truite fario ou le chabot. La détermination des débits biologiques dans ce sous bassin doit donc prendre en compte cette particularité, de manière à ce que les conditions hydrologiques en période de basses eaux n'exercent pas une contrainte supplémentaire sur les milieux aquatiques.

Dans la pratique, la gamme des débits biologiques cibles en période de basses eaux pourrait correspondre aux valeurs de débits basses et hautes pour les surfaces d'habitats modélisés avec un niveau de contraintes intermédiaire pour que les conditions d'habitats soient compatibles pour l'ensemble du peuplement de poissons. Par exemple, la valeur de débit pour la guildes Rive est systématiquement la plus basse et donc est très limitante pour toutes les autres espèces. La gamme de débit de la guildes Mouille, est également limitante pour les espèces comme la loche ou le chabot. Il vaudrait mieux préférer comme conditions minimales la gamme de débit identifiée pour la loche franche, correspondant aux conditions favorables pour les espèces actuellement présentes dans la plupart des stations et pour l'anguille, sans être trop pénalisante pour les autres espèces.

L'estimation de la limite haute de la gamme de débit biologique va plutôt dépendre du choix des espèces cibles retenues, notamment les espèces à enjeux telles que les cyprinidés rhéophiles, la truite ou le chabot. Cependant, la gamme de débit estimée pour la guildes Chenal seule est élevée et ne peut pas être retenue comme valeur haute, car elle n'est pas favorable pour les autres espèces. Selon les stations considérées, la limite haute peut donc plutôt correspondre à la valeur haute estimée pour certaines espèces telles que la loche franche, la truite ou encore le chabot. Mais, au moins dans certains secteurs, cette limite haute peut aussi être relevée pour ne pas pénaliser les espèces de la guildes Chenal, notamment la vandoise.

Évidemment, dans cette approche quantitative ne sont pas prises en compte les autres exigences écologiques des espèces, relatives par exemple à la continuité écologique ou à la qualité physico-chimique de l'eau ou encore à la qualité des habitats non hydrauliques (bois mort, caches sous berges, ...). Le peuplement de poissons des cours d'eau du bassin de la Sèvre Nantaise est

globalement dégradé dans l'ensemble des unités de gestion. Or, quand les débits sont faibles, les conditions défavorables sont exacerbées pour les poissons car leur circulation peut être d'autant plus entravée par les obstacles et la qualité de l'eau plus dégradée, et les conditions thermiques.

2.5.9 Éléments concernant la gestion des débits en dehors de la période de basses eaux

Le fonctionnement écologique d'un cours d'eau dépend des variations saisonnières du régime hydrologique, même si la période de basses eaux peut être particulièrement critique. Dans une approche plus intégrative, il est donc important d'examiner la gestion des débits en dehors de la période de basses eaux. Les éléments mentionnés par la suite contribuent juste à cette réflexion. Une approche plus ambitieuse nécessiterait de recueillir d'autres données, et de mettre en œuvre d'autres outils.

Certaines espèces de poissons se reproduisent en dehors de la période de basses eaux. La période de reproduction de la truite fario se situe de novembre à janvier. Elle débute par une phase de mouvements migratoires des adultes pour rechercher les zones d'habitats favorables à la reproduction. Bien que les préférences d'habitat prises en compte dans EstimHab ne correspondent pas nécessairement aux habitats de reproduction, il est cependant raisonnable de considérer que la gamme de débit estimée pour cette espèce à la station de la Sèvre Nantaise amont (SNA1) (0,17 à 0,48 m³/s) ou à la station de la Sèvre Nantaise à Tiffauges (SNA2) (0,2 à 0,58 m³/s) doit être dépassée pour fournir des conditions favorables à sa reproduction. En effet, les têtes de bassin versant doivent être en eau pour le frai. Le débit est l'un des signaux qui déclenchent la migration pour la reproduction (débit d'attrait). De bonnes conditions d'écoulement en tête de bassin se traduisent par des conditions de débits suffisantes, relativement importantes, au niveau des stations plus en aval. C'est d'autant plus important que l'analyse de la saisonnalité des débits a montré que le mois de novembre pouvait être particulièrement sec sur le bassin (rapport Phase 2), ce qui pourrait retarder voire compromettre la reproduction de l'espèce et à terme son maintien.

Le brochet est l'espèce repère du bassin de la Sèvre Nantaise. L'état des lieux a indiqué que l'espèce avait une occurrence relative de 28 % dans le bassin, mais avec des faibles niveaux d'abondance. Le brochet se reproduit de février à avril et a besoin de conditions durables de hautes eaux. Sa reproduction est déclenchée à la fois par la température et l'augmentation du niveau de l'eau. Cette espèce est donc affectée par la modification du régime de crues. Elle utilise en effet des zones inondées latérales au chenal principal, dans l'idéal des prairies, comme habitats de reproduction. Comme la durée de développement entre le stade œuf et alevin mobile est de l'ordre de 3 semaines en fonction des conditions thermiques, c'est aussi la durée minimale pendant laquelle le maintien continu d'un haut niveau d'eau est requis pour permettre le succès de la reproduction. A titre indicatif, le débit biologique pour la reproduction du brochet peut être une valeur comprise entre 1,5 à deux fois le module. C'est un ordre de grandeur qui est régulièrement mentionné dans la

littérature et justifié notamment par des expérimentations de télémétrie sur cette espèce (Meuse, Seine) qui permettent de connaître précisément le débit auquel les individus marqués gagnent les zones de frayères latérales au cours d'eau (Ovidio & Philippart, 2005, Cormont et al. 2020, Grimaud 2020). Une analyse des débits journaliers simulés a été réalisée pour rechercher l'occurrence de cette valeur seuil, consécutive pendant 3 semaines entre février et avril (période 2008-2020) (Tableau 19).

Tableau 19: Analyse de l'occurrence d'une valeur de débit supérieure à deux fois le module pendant 21 jours consécutifs entre février et avril aux huit stations (période 2008-2020)

| Station | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---------|------|------|------|------|------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|
| SNA1 | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | VRAI | FAUX | VRAI | FAUX | VRAI | FAUX | VRAI |
| SNA2 | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | VRAI | FAUX | VRAI | FAUX | VRAI | FAUX | VRAI |
| SNA3 | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | VRAI | FAUX | VRAI | FAUX | VRAI | FAUX | VRAI |
| PMAI | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | VRAI | FAUX | VRAI | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX |
| GMAI | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | VRAI | FAUX | VRAI | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX |
| MAIN | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | VRAI | FAUX | VRAI | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX |
| MOI1 | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | VRAI | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | VRAI |
| MOI2 | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | VRAI | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | FAUX | VRAI |

Il ressort de cette requête que les conditions hydrologiques ne sont pas souvent favorables pour la reproduction du brochet avec une valeur seuil haute de débit équivalente à deux fois le module. Les conditions de l'année 2014, qui a été une année humide, semblent avoir été favorables à toutes les stations. Pour les stations de la Sèvre Nantaise, les conditions devaient être propices par ailleurs en 2016, 2018 et 2020. En revanche les conditions favorables pour les autres sous-bassins, Maine et Moine, ne sont réalisées que ponctuellement, en 2016 et 2020 respectivement.

Évidemment, il s'agit d'une approche très grossière puisqu'elle ne tient pas compte 1/ des conditions hydrauliques réelles qui contrôlent la mise en connexion des zones périfluviales dans lesquelles se reproduit l'espèce, 2/ des caractéristiques et de la surface de ces zones potentiellement inondées, 3/ de la présence à des niveaux d'abondance suffisants de l'espèce dans les stations. Pour affiner le diagnostic, il faudrait opter pour une analyse détaillée et spatialement explicite du terrain.

Le régime hydrologique est aussi caractérisé par les débits de crue qui ont un rôle pour la dynamique géomorphologique des cours d'eau. Ils conditionnent par conséquent l'hétérogénéité des faciès et des habitats pour les taxons aquatiques. La réduction des débits de crue en amplitude et durée perturbe les processus d'auto-renouvellement des formes des cours d'eau sur le long terme. Le débit morphogène au sens strict correspond sensiblement au débit à pleins bords du lit mineur, dont la fréquence de retour est de 1 à 3 ans. Les valeurs des débits de fréquence 1,5 et 2 ans ont été calculées pour les huit stations à titre indicatif (Tableau 20).

Tableau 20: Valeurs des débits de crues (en m³/s) de retour 1,5 et 2 ans aux huit stations (période 2008-2020)

| Débit (m ³ /s) | SNA1 | SNA2 | SNA3 | PMAI | GMAI | MAIN | MOI1 | MOI2 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Crue 1,5 ans | 29,10 | 50,33 | 82,92 | 12,32 | 13,87 | 40,03 | 8,13 | 20,27 |
| Crue biennale | 35,16 | 59,13 | 96,98 | 14,87 | 16,55 | 47,23 | 11,91 | 24,41 |

Il n'est pas certain que ces valeurs correspondent effectivement à un débit morphogène pour les secteurs fortement modifiés, car dans ces circonstances, elles s'écartent potentiellement des valeurs de débit à pleins bords. Quand la fréquence de retour du débit à pleins bords est moins importante voire rare, en conséquence la morphogénèse est limitée, ou accentue des déséquilibres existant (incision ou érosion latérale excessive). L'estimation des valeurs de débit à pleins bords et de leur fréquence de retour permettraient de diagnostiquer ce type d'altération.

Conclusion

Il est difficile de fournir des indications précises sur les enjeux de gestion de débit en dehors de la période de basses eaux car l'outil EstimHab n'est pas conçu dans cet objectif. L'outil Habby développé et bientôt opérationnel ne permettra pas non plus de traiter la période de moyennes à hautes eaux. Il a en effet été étalonné en conditions de basses eaux, à l'étiage, et ces résultats ne pourront ainsi pas être interprétés utilement hors période de basses eaux.

Pour la période de basses eaux, cet outil contient toutefois une réactualisation des courbes de préférences des espèces piscicoles mais également l'ajout de courbes de préférence pour les macroinvertébrés, permettant ainsi une approche plus complète des débits écologiques. Enfin, pour mieux comprendre plus globalement ce qui se passe en période de hautes eaux, il faudrait estimer des débits caractéristiques tels que le débit à pleins bords.

À retenir :

En période de basses eaux, des situations contrastées apparaissent dans les cours d'eau de la Sèvre Nantaise concernant les conditions de débits pour les peuplements de poissons. La situation la plus critique concerne les cours d'eau du bassin de la Maine pour lesquels les étiages sont défavorables même en l'absence de prélèvements. La situation du sous-bassin de la Sèvre Nantaise constitue un point de vigilance du fait d'une tension sur la ressource en eau plus importante depuis 2017. Il est par ailleurs important de rappeler qu'en situation de débits limitants, la qualité de l'eau se dégrade et par conséquent les conditions défavorables des milieux aquatiques sont globalement exacerbées pour les poissons.

En dehors de la période de basses eaux, faire un focus sur les conditions de débits pour la reproduction de la truite et du brochet est important, leur maintien naturel dans les cours d'eau du bassin en dépend.

2.6 Stations de débits biologiques complémentaires – Méthode ESTIMHAB

Cette section aborde l'évaluation de débits biologiques en très basses eaux sur 5 sites non étudiés dans le cadre de l'étude « volumes prélevables » de 2012. Par souci de cohérence avec les investigations portant sur les stations « historiques », la méthode retenue pour déterminer les débits biologiques est Estimhab. Cette prestation complémentaire a été réalisée par Hydro Concept entre la fin de l'année 2022 et 2023.

2.6.1 Localisation des sites

La Figure 28 permet de localiser les nouveaux sites, avec ceux étudiés en 2012. Chacune de ces 5 stations complémentaires a été positionnée après une démarche de pré-localisation, incluant une expertise de terrain. Pour rappel, le rapport de la mission SELECT – Définition des sites de mesures est disponible en annexe du rapport de phase 2 de l'étude HMUC.

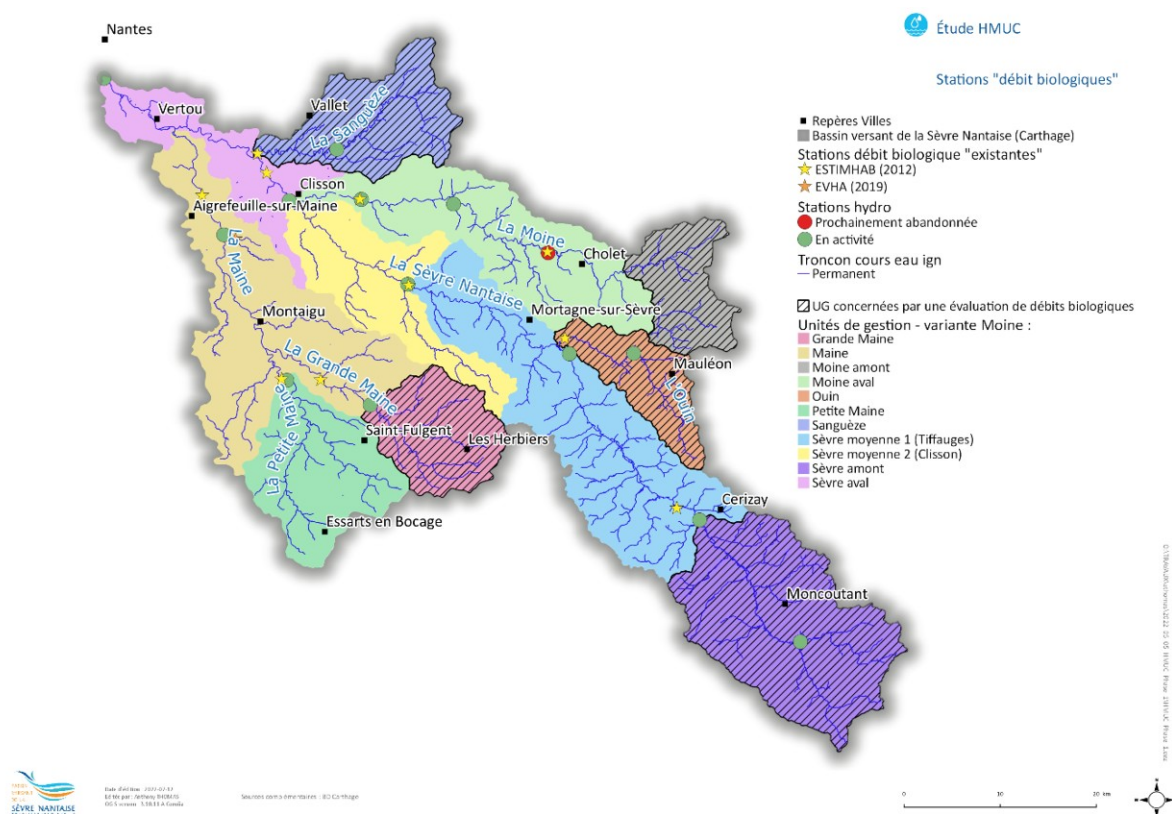


Figure 28: Localisation des stations d'évaluation des débits biologiques à l'échelle du bassin versant

Tableau 21: Code et rattachement des stations aux unités de gestion

| UG | Cours d'eau | Nom station | Code |
|-------------------------|----------------|------------------------------|---------|
| UG Sanguèze | Sanguèze | Sanguèze à Mouzillon | SANG |
| UG Moine 1 | Trézon | Trézon à l'Herboutière | TREZ |
| UG Ouin | Ouin | Ouin à la Basse Gelousière | OUIIN |
| UG Grande Maine | Grande Maine | Grande Maine à la Patricière | GMAI_AM |
| UG Sèvre Nantaise amont | Sèvre Nantaise | Sèvre Nantaise à l'Elunière | SNAN_AM |



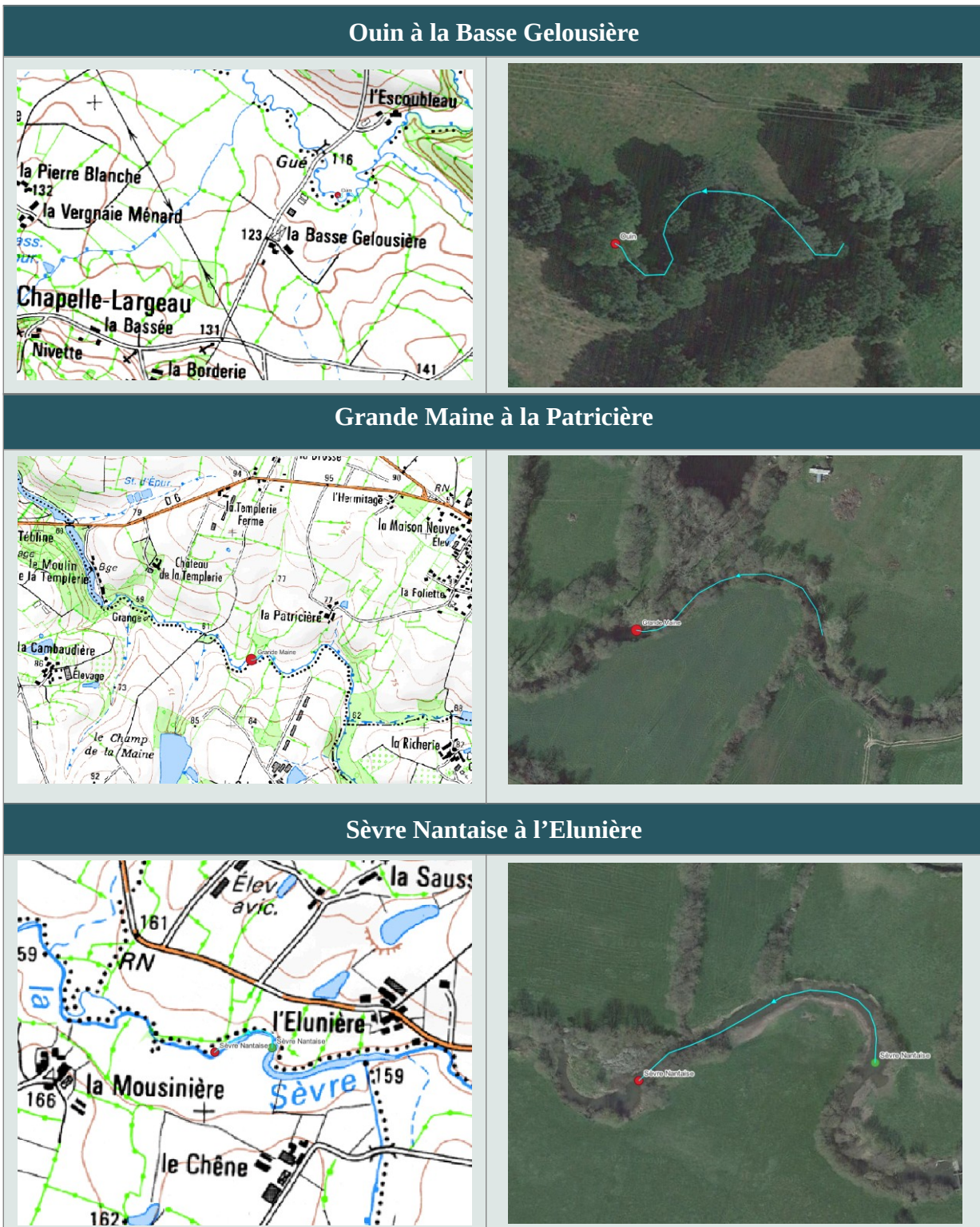


Figure 29: Localisation individuelle des stations d'évaluation des débits biologiques complémentaires

2.6.2 Hydrologie reconstituée

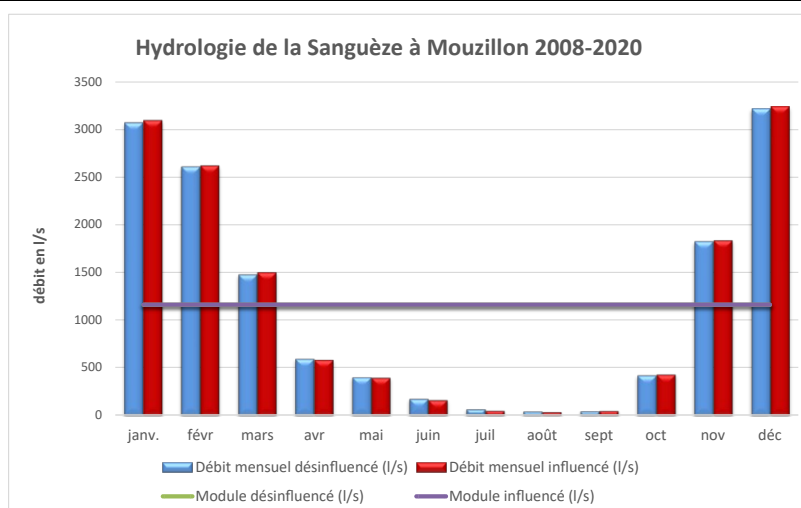
Les Tableau 22 à Tableau 26 présentent une synthèse de l'hydrologie influencée et désinfluencée reconstituée des stations complémentaires étudiées sur la période 2008-2020 par l'INRAE.

2.6.2.1 La Sanguèze à Mouzillon

Tableau 22: Débits mensuels et débits caractéristiques influencés et désinfluencés à la station de débit biologique de la Sanguèze à Mouzillon (période 2008 - 2020)

| Sanguèze à Mouzillon | janv. | févr | mars | avr | mai | juin | juil | août | sept | oct | nov | déc | module |
|----------------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|--------|--------|--------|
| Débit mensuel désinfluencé (l/s) | 3077,1 | 2615,2 | 1481,6 | 595,4 | 402,5 | 174,1 | 64,3 | 41,6 | 43,4 | 421,9 | 1828,7 | 3223,6 | 1158,5 |
| Débit mensuel influencé (l/s) | 3091,1 | 2617,7 | 1499,8 | 584,5 | 397,7 | 163,7 | 51,8 | 37,6 | 48,4 | 431,3 | 1835,1 | 3237,8 | 1159,9 |

| Débit caractéristiques (l/s) | | |
|------------------------------|--------------|-----------|
| | Désinfluencé | Influencé |
| Mediane | 258,2 | 253,2 |
| Module | 1158,5 | 1159,9 |
| QMNA2 | 17,4 | 18,8 |
| QMNA5 | 10,0 | 12,2 |
| VCN3(2) | 11,4 | 0,9 |
| VCN10(2) | 12,0 | 7,5 |
| VCN3(5) | 7,3 | 0,0 |
| VCN10(5) | 7,7 | 3,2 |

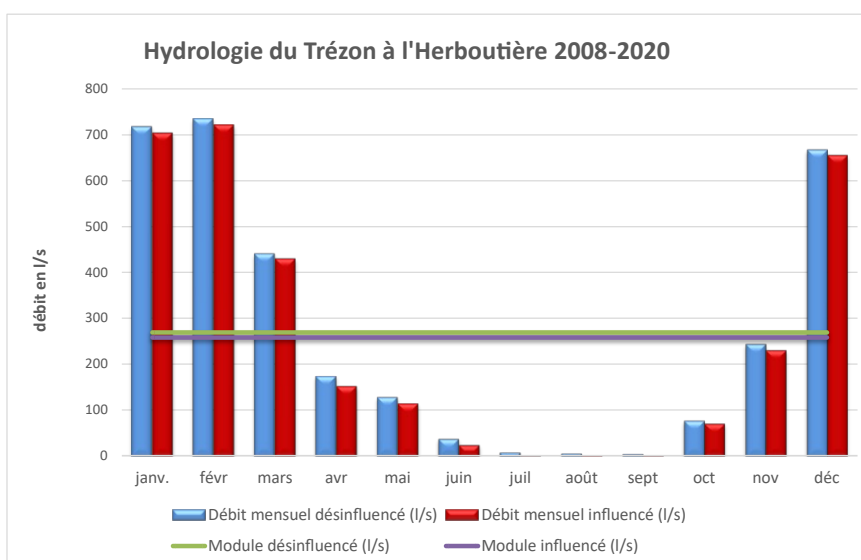


2.6.2.2 Le Trézon à l'Herboutilère

Tableau 23: Débits mensuels et débits caractéristiques influencés et désinfluencés à la station de débit biologique du Trézon à l'Herboutilère (période 2008 – 2020)

| Trézon à l'Herboutilère | janv. | févr | mars | avr | mai | juin | juil | août | sept | oct | nov | déc | module |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|--------|
| Débit mensuel désinfluencé (l/s) | 717,7 | 734,7 | 441,3 | 175,1 | 129,3 | 38,6 | 8,8 | 6,6 | 5,5 | 78,2 | 244,9 | 666,9 | 268,9 |
| Débit mensuel influencé (l/s) | 704,4 | 722,2 | 431,2 | 153,4 | 115,3 | 25,0 | 1,3 | 2,6 | 2,1 | 71,6 | 231,1 | 655,8 | 257,8 |

| Débit caractéristiques (l/s) | | |
|------------------------------|--------------|-----------|
| | Désinfluencé | Influencé |
| Mediane | 45,7 | 29,3 |
| Module | 268,9 | 257,8 |
| QMNA2 | 2,6 | 0,0 |
| QMNA5 | 1,7 | 0,0 |
| VCN3(2) | 1,9 | 0,0 |
| VCN10(2) | 2,0 | 0,0 |
| VCN3(5) | 1,5 | 0,0 |
| VCN10(5) | 1,5 | 0,0 |

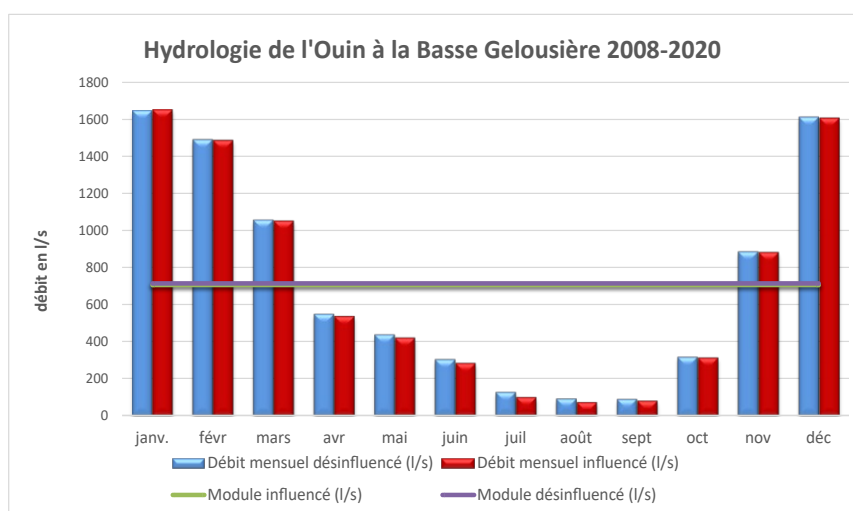


2.6.2.3 L'Ouin à la Basse Gelousière

Tableau 24: Débits mensuels et débits caractéristiques influencés et désinfluencés à la station de débit biologique de l'Ouin à la Basse Gelousière (période 2008 – 2020)

| Ouin à la Basse Gelousière | janv. | févr | mars | avr | mai | juin | juil | août | sept | oct | nov | déc | module |
|----------------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|--------|--------|
| Débit mensuel désinfluencé (l/s) | 1644,4 | 1487,7 | 1055,5 | 548,7 | 437,4 | 304,7 | 127,5 | 92,8 | 90,9 | 317,6 | 884,3 | 1609,3 | 713,6 |
| Débit mensuel influencé (l/s) | 1652,6 | 1486,4 | 1052,5 | 537,2 | 421,6 | 284,3 | 100,1 | 73,0 | 80,4 | 314,5 | 882,3 | 1607,4 | 704,0 |

| Débit caractéristiques (l/s) | | |
|------------------------------|--------------|-----------|
| | Désinfluencé | Influencé |
| Mediane | 298,6 | 282,7 |
| Module | 713,6 | 704,0 |
| QMNA2 | 39,8 | 26,5 |
| QMNA5 | 24,7 | 12,7 |
| VCN3(2) | 31,8 | 16,7 |
| VCN10(2) | 33,2 | 16,7 |
| VCN3(5) | 21,5 | 8,2 |
| VCN10(5) | 22,2 | 5,8 |

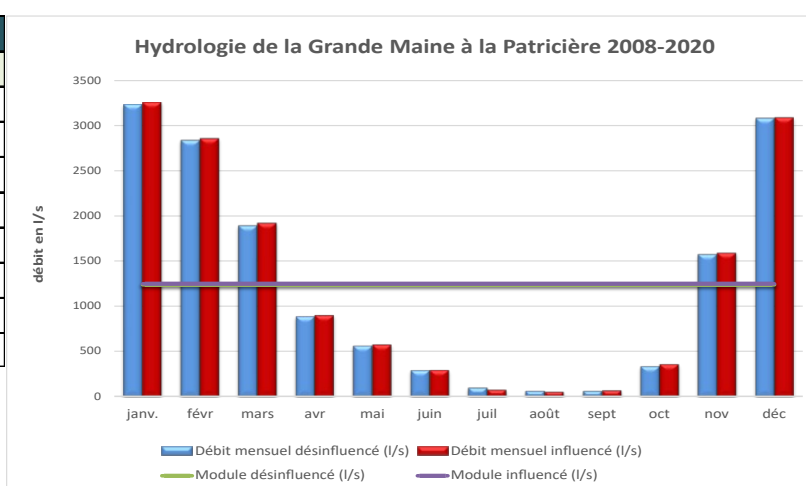


2.6.2.4 La Grande Maine à la Patricière

Tableau 25: Débits mensuels et débits caractéristiques influencés et désinfluencés à la station de débit biologique de la Grande Maine à la Patricière (période 2008 – 2020)

| La Grande Maine à la Patricière | janv. | févr | mars | avr | mai | juin | juil | août | sept | oct | nov | déc | module |
|-----------------------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|--------|--------|--------|
| Débit mensuel désinfluencé (l/s) | 3230,0 | 2834,2 | 1891,0 | 887,1 | 564,0 | 292,7 | 99,6 | 62,9 | 62,6 | 336,4 | 1573,2 | 3077,0 | 1236,7 |
| Débit mensuel influencé (l/s) | 3253,1 | 2852,9 | 1919,5 | 902,1 | 576,7 | 295,8 | 77,9 | 55,6 | 72,2 | 360,0 | 1588,9 | 3084,6 | 1246,5 |

| Débit caractéristiques (l/s) | | |
|------------------------------|--------------|-----------|
| | Désinfluencé | Influencé |
| Mediane | 348,0 | 358,1 |
| Module | 1236,7 | 1246,5 |
| QMNA2 | 27,6 | 26,2 |
| QMNA5 | 16,2 | 15,4 |
| VCN3(2) | 20,9 | 0,0 |
| VCN10(2) | 21,8 | 4,2 |
| VCN3(5) | 13,5 | 0,0 |
| VCN10(5) | 13,8 | 0,0 |

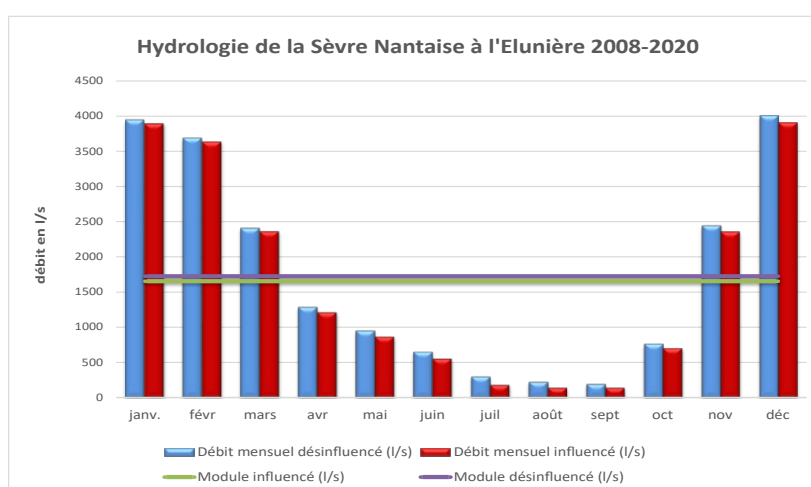


2.6.2.5 La Sèvre Nantaise à l'Elunière

Tableau 26: Débits mensuels et débits caractéristiques influencés et désinfluencés à la station de débit biologique de la Sèvre Nantaise à l'Elunière (période 2008 – 2020)

| Sèvre Nantaise à l'Elunière | janv. | févr | mars | avr | mai | juin | juil | août | sept | oct | nov | déc | module |
|-----------------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Débit mensuel désinfluencé (l/s) | 3935,9 | 3679,2 | 2401,0 | 1283,9 | 948,4 | 650,6 | 297,6 | 223,7 | 192,3 | 761,4 | 2438,4 | 3997,5 | 1725,9 |
| Débit mensuel influencé (l/s) | 3892,4 | 3632,2 | 2358,4 | 1210,6 | 865,7 | 554,1 | 180,7 | 140,2 | 139,7 | 702,5 | 2356,3 | 3907,9 | 1651,8 |

| Débit caractéristiques (l/s) | | |
|------------------------------|--------------|-----------|
| | Désinfluencé | Influencé |
| Mediane | 699,3 | 612,6 |
| Module | 1725,9 | 1651,8 |
| QMNA2 | 98,5 | 40,2 |
| QMNA5 | 59,1 | 13,1 |
| VCN3(2) | 78,8 | 3,0 |
| VCN10(2) | 82,4 | 7,3 |
| VCN3(5) | 50,8 | 0,0 |
| VCN10(5) | 52,4 | 0,6 |



2.6.3 Choix des espèces ou guildes envisagées

2.6.3.1 Choix envisagés

En concordance avec les éléments présentés dans la partie 2.5.3 (choix des simulations biologiques), les guildes ou espèces envisagées sur ces 5 sites sont les suivantes (Tableau 27) :

Tableau 27: Identification des guildes ou espèces à prendre en compte dans la modélisation (LOF : loche franche ; CHA : chabot ; TRF : truite fario).

| Code station | Guildes/Espèces Etat actuel | Guildes/Espèces à enjeux |
|--------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| SANG | Chenal, Mouille, Rive, Radier, LOF, VAI, GOU | Chenal, Radier, CHA |
| TREZ | Mouille, Rive, Radier, LOF, VAI, GOU | Chenal, Radier, CHA |
| OUIIN | Chenal, Mouille, Rive, Radier, LOF, CHA, VAI, GOU | Chenal, Radier, CHA |
| GMAI_AM | Chenal, Mouille, Rive, LOF, VAI, GOU | Chenal, Radier, CHA |
| SNAN_AM | Chenal, Mouille, Rive, Radier, LOF, CHA, VAI, GOU | Chenal, Radier, CHA, TRF adulte et juvénile |

2.6.3.2 Données d'entrée d'Estimhab

Ci-dessous sont indiquées les données d'entrée d'Estimhab obtenues sur les 5 sites de mesure de 2023. Ces données permettent de valider le domaine d'application de la méthode ESTIMHAB en référence à une espèce ou guildes donnée.

L'estimation de la géométrie hydraulique des tronçons repose sur des mesures de hauteur et de largeur à deux débits sur 15 transects par station. Un certain nombre de critères est énoncé pour respecter la validité de la méthode. Ces critères doivent être vérifiés avant de passer à la phase modélisation.

Les deux débits doivent être assez contrastés (Q1 : basses eaux et Q2 : moyennes eaux), tels que $Q2 > 2 \times Q1$, ce qui est le cas pour les mesures réalisées.

Tableau 28: Données de mesure moyennes sur les tronçons Estimhab aux cinq stations (données Hydro Concept 2023)

| Nom Station | Code Station | Longueur (m) | Date mesure | Débit (l.s ⁻¹) | Largeur moyenne (m) | Hauteur moyenne (m) | Taille moyenne substrat (m) |
|------------------------------|--------------|--------------|-------------|----------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|
| Sanguèze à Mouzillon | SANG | 119 | 27/10/22 | Q1 = 17 | 4.91 | 0.23 | 0.025 |
| | | | 22/5/2023 | Q2 = 253 | 5.43 | 0.37 | |
| Trézon à l'Herboutilère | TREZ | 100 | 2/12/2023 | Q1 = 23 | 3.81 | 0.21 | 0.033 |
| | | | 22/5/23 | Q2 = 47 | 4.06 | 0.24 | |
| Ouin à la Basse Gelousière | OUIN | 105 | 12/10/22 | Q1 = 9 | 2.59 | 0.15 | 0.02 |
| | | | 23/5/23 | Q2 = 167 | 4.04 | 0.25 | |
| Grande Maine à la Patricière | GMAI_AM | 150 | 12/10/2022 | Q1 = 10 | 5.63 | 0.16 | 0.047 |
| | | | 22/5/2023 | Q2 = 299 | 7.12 | 0.29 | |
| Sèvre Nantaise à l'Elunière | SNAN_AM | 180 | 12/10/22 | Q1 = 52 | 6.03 | 0.15 | 0.011 |
| | | | 23/5/23 | Q2 = 422 | 9.25 | 0.41 | |

Le calage du modèle nécessite d'estimer le débit médian en conditions naturelles (Q50 désinfluencé). Ces résultats permettent d'effectuer un contrôle-qualité a posteriori et de vérifier que les conditions de validité d'Estimhab sont respectées.

Les données d'entrée qui sont conformes au domaine de validité figurent sur fond bleu.

Tableau 29: Domaine de validité physique d'ESTIMHAB – Station de la Sanguèze à Mouzillon

| Domaines de validité physique d'Estimhab | | | | | Données d'entrée Sanguèze |
|------------------------------------------|-------------|---------|------------|---------|---------------------------|
| Données d'entrée | Par espèces | | Par Guilde | | |
| | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | |
| Caractéristique du cours d'eau | | | | | |
| Débit médian Q50 (m ³ /s) | 0.2 | 13.10 | 1.00 | 152.00 | 0.258 |
| Largeur à Q50 (m) | 5.15 | 39.05 | 7.00 | 139.00 | 5.43 |
| Hauteur à Q50 (m) | 0.18 | 1.45 | 0.25 | 2.25 | 0.37 |
| Substrat (m) | 0.02 | 0.64 | 0.01 | 0.33 | 0.025 |

Pour la Sanguèze, la simulation par guilde n'est donc pas réalisable.

Tableau 30: Domaine de validité physique d'ESTIMHAB – Station du Trézon à l'Herboutilère

| Domaines de validité physique d'Estimhab | | | | | Données d'entrée Trézon |
|------------------------------------------|-------------|---------|-----------|---------|-------------------------|
| Données d'entrée | Par espèces | | Par Gilde | | |
| Caractéristique du cours d'eau | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | |
| Débit médian Q50 (m ³ /s) | 0.2 | 13.10 | 1.00 | 152.00 | 0.046 |
| Largeur à Q50 (m) | 5.15 | 39.05 | 7.00 | 139.00 | 4.05 |
| Hauteur à Q50 (m) | 0.18 | 1.45 | 0.25 | 2.25 | 0.24 |
| Substrat (m) | 0.02 | 0.64 | 0.01 | 0.33 | 0.033 |

Pour le Trézon, la simulation par guildes n'est pas réalisable. La simulation par espèce ne remplit pas tous les critères à Q50, mais se rapproche de ceux-ci. Seule la simulation par espèce sera réalisée.

Tableau 31: Domaine de validité physique d'ESTIMHAB – Station de l'Ouin à la Basse Gelousière

| Domaines de validité physique d'Estimhab | | | | | Données d'entrée Ouin |
|------------------------------------------|-------------|---------|-----------|---------|-----------------------|
| Données d'entrée | Par espèces | | Par Gilde | | |
| Caractéristique du cours d'eau | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | |
| Débit médian Q50 (m ³ /s) | 0.2 | 13.10 | 1.00 | 152.00 | 0.299 |
| Largeur à Q50 (m) | 5.15 | 39.05 | 7.00 | 139.00 | 4.41 |
| Hauteur à Q50 (m) | 0.18 | 1.45 | 0.25 | 2.25 | 0.28 |
| Substrat (m) | 0.02 | 0.64 | 0.01 | 0.33 | 0.02 |

Pour l'Ouin, la simulation par guildes n'est pas réalisable. La simulation par espèce ne remplit pas tous les critères à Q50, mais se rapproche de ceux-ci. Seule la simulation par espèce sera réalisée.

Tableau 32: Domaine de validité physique d'ESTIMHAB – Station de la Grande Maine à la Patricière

| Domaines de validité physique d'Estimhab | | | | | Données d'entrée Grande Maine |
|------------------------------------------|-------------|---------|------------|---------|-------------------------------|
| Données d'entrée | Par espèces | | Par Guilde | | |
| Caractéristique du cours d'eau | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | |
| Débit médian Q50 (m ³ /s) | 0.2 | 13.10 | 1.00 | 152.00 | 0.348 |
| Largeur à Q50 (m) | 5.15 | 39.05 | 7.00 | 139.00 | 7.19 |
| Hauteur à Q50 (m) | 0.18 | 1.45 | 0.25 | 2.25 | 0.3 |
| Substrat (m) | 0.02 | 0.64 | 0.01 | 0.33 | 0.047 |

Pour la Grande Maine, la simulation par guilde et espèces est réalisable.

Tableau 33: Domaine de validité physique d'ESTIMHAB – Station de la Sèvre Nantaise à l'Élunière

| Domaines de validité physique d'Estimhab | | | | | Données d'entrée Sèvre Nantaise |
|------------------------------------------|-------------|---------|------------|---------|---------------------------------|
| Données d'entrée | Par espèces | | Par Guilde | | |
| Caractéristique du cours d'eau | Minimum | Maximum | Minimum | Maximum | |
| Débit médian Q50 (m ³ /s) | 0.2 | 13.10 | 1.00 | 152.00 | 0.699 |
| Largeur à Q50 (m) | 5.15 | 39.05 | 7.00 | 139.00 | 10.25 |
| Hauteur à Q50 (m) | 0.18 | 1.45 | 0.25 | 2.25 | 0.52 |
| Substrat (m) | 0.02 | 0.64 | 0.01 | 0.33 | 0.011 |

Pour la Sèvre Nantaise, la simulation par guilde est réalisable. Un critère, bien que très proche de la valeur seuil, n'est pas validé pour la simulation par espèce, toutefois nous réaliserons quand même la modélisation pour la truite, espèce à enjeux présente dans le secteur.

2.6.3.3 Choix des espèces et guildes retenus

Après vérification des conditions d'application de la méthode ESTIMHAB, les guildes ou espèces analysées sur les 5 sites sont les suivantes (Tableau 34) :

Tableau 34: Identification des guildes ou espèces à prendre en compte dans la modélisation

| Code station | Guildes/Espèces Etat actuel | Guildes/Espèces à enjeux |
|--------------|----------------------------------------------|--------------------------|
| SANG | LOF, VAI, GOU | CHA |
| TREZ | LOF, VAI, GOU | CHA |
| OUIIN | LOF, CHA, VAI, GOU | CHA |
| GMAI_AM | Chenal, Mouille, Rive, Radier, LOF, VAI, GOU | Chenal, Radier, CHA |
| SNAN_AM | Chenal, Mouille, Rive, Radier | Chenal, Radier, TRF |

2.6.4 Modélisation par Estimhab

La modélisation avec Estimhab fournit comme résultats l'évolution des habitats, notamment de la surface pondérée utile (SPU) d'habitats en fonction des variations du débit pour chaque station étudiée et chaque guildes ou espèce considérée. Elles sont par ailleurs mises en perspective par rapport à des valeurs de débit caractéristiques d'étiage tels que le QMNA5 ou le VCN10 et le VCN3.

2.6.4.1 Plage de sensibilité ou plage du SAR

Graphiquement on cherche à évaluer un seuil de débit ou une plage de débits, en deçà duquel la SPU diminue drastiquement comme indiqué dans le paragraphe 2.5.6.

Ces valeurs seuils ou plages (SAR min et SAR max) correspondent à une valeur ou plage de seuil d'accroissement de risque (SAR) en dessous de laquelle les conditions d'habitats potentiels se dégradent rapidement.

Les valeurs de seuils du chabot et de la truite adulte pourront nous servir pour établir les débits hors période estivale, car les valeurs associées à ces espèces sont souvent élevées et éloignées des bas débits. Pour rappel, ces espèces ont chacune une période de reproduction spécifique : Truite de novembre à février, le chabot de mars à avril.

Tableau 35: Exemple de recherche de plage du SAR sur le Trézon

| Guilde / espèce | Valeur basse (l/s) | Valeur haute (l/s) |
|-----------------|--------------------|--------------------|
| GOU | 20 | 34 |
| LOF | 25 | 48 |
| CHA | 25 | 55 |
| VAI | 30 | 53 |

La plage proposée pour le Trézon se situe entre une valeur basse de 25 l/s (SAR min) et 55 l/s (SAR Max). Pour rappel sur ce site le QMNA2 désinfluencé est de 2,6 l/s et le QMNA5 désinfluencé est de 1,7 l/s.

2.6.4.2 SPU/débits caractéristiques

On cherchera à visualiser les variations de SPU autour des débits caractéristiques (VCN, QMNA, SAR, QMensuel), notamment le QMNA5 désinfluencé qui sert de valeur de référence. Dans les faits, le QMNA2 a été choisi à la place du QMNA5, car très souvent la valeur basse de plage (SAR MIN) était supérieure au QMNA5.

Tableau 36: Exemple d'évolution de la SPU vis-à-vis de la SPU au débit de référence (QMNA5)

| Débit | m3/s | % d'évolution de la SPU / SPU de référence | | | |
|-----------------------------------|--------------|--------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | CHA | GOU | LOF | VAI |
| | 0,0005 | -45,7 | -14,9 | -32,0 | -23,3 |
| | 0,001 | -29,8 | -8,9 | -20,0 | -14,2 |
| VCN3/10(5)_des | 0,0015 | -18,4 | -5,2 | -12,0 | -8,5 |
| QMNA5_des | 0,0017 | -14,6 | -4,0 | -9,4 | -6,6 |
| VCN10(2)des | 0,002 | -9,3 | -2,5 | -5,9 | -4,1 |
| SPU à QMNA2_des (m ²) | 0,0026 | 9,8 | 202,6 | 77,0 | 168,4 |
| | 0,003 | 5,4 | 1,4 | 3,4 | 2,3 |
| | 0,004 | 17,3 | 4,3 | 10,5 | 7,1 |
| Septembre_des | 0,0055 | 31,9 | 7,5 | 19,0 | 12,7 |
| Août_des | 0,0066 | 41,0 | 9,4 | 24,1 | 16,0 |
| Juillet_des | 0,0088 | 56,7 | 12,4 | 32,6 | 21,4 |
| | 0,01 | 64,2 | 13,8 | 36,6 | 23,9 |
| | 0,015 | 90,4 | 18,2 | 49,8 | 31,9 |
| SAR Min | 0,02 | 111,4 | 21,4 | 59,8 | 37,9 |
| Seuil Bas Débit Bio | 0,025 | 129,1 | 23,9 | 68,0 | 42,6 |
| | 0,03 | 144,6 | 26,0 | 74,9 | 46,5 |
| | 0,035 | 158,3 | 27,7 | 80,9 | 49,8 |
| Juin_des | 0,039 | 168,4 | 28,9 | 85,2 | 52,2 |
| Seuil Haut Débit Bio | 0,04 | 170,9 | 29,2 | 86,2 | 52,7 |
| | 0,05 | 192,9 | 31,6 | 95,2 | 57,6 |
| SAR Max | 0,055 | 202,8 | 32,7 | 99,2 | 59,7 |

2.6.4.3 Débit de survie

Les débits de survie assurent le maintien de fonctions vitales minimales pour une espèce et un stade de développement donné, sans garantir les besoins nécessaires à l'accomplissement de l'ensemble du cycle biologique de cette espèce (reproduction, croissance, migration...).

Les débits de survie sont le plus souvent des débits journaliers ou de courte durée ayant vocation à contribuer à définir des seuils de crise dans les arrêtés cadre sécheresse.

Pour définir ce débit, on s'aidera de la chronique des débits classés (INRAE), de la limite de franchissabilité des radiers et des SPU. Le Tableau 37 présente les paramètres limitants pour le franchissement des radiers par les espèces retenues. Ces valeurs sont issues du guide *Information sur la continuité écologique (ICE) - Évaluer le franchissement des obstacles par des poissons : principes et méthodes*, ONEMA, 2014.

Tableau 37: Paramètres limitants pour le franchissement des radiers par les espèces retenues

| Données ICE | TRF-ADU | TRF-JUV | BAF | CHA | GOU | LOF | VAI |
|-------------------------------|---------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Hauteur limitante (cm) | 10 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Vitesse sprint minimale (m/s) | 3 | 2,5 | 2,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1 |

NB : Pour définir la franchissabilité des radiers, on étudiera les hauteurs d'eau observées sur les radiers lors de la campagne à bas débit. En complément, on pourra s'aider des courbes et tableurs hauteur/débit d'Estimhab, en sachant que ces informations ne sont pas le résultat d'une modélisation hydraulique mais d'une approche statistique.

2.6.5 La Sanguèze à Mouzillon

2.6.5.1 Plage du Seuil d'Accroissement des Risques (SAR)

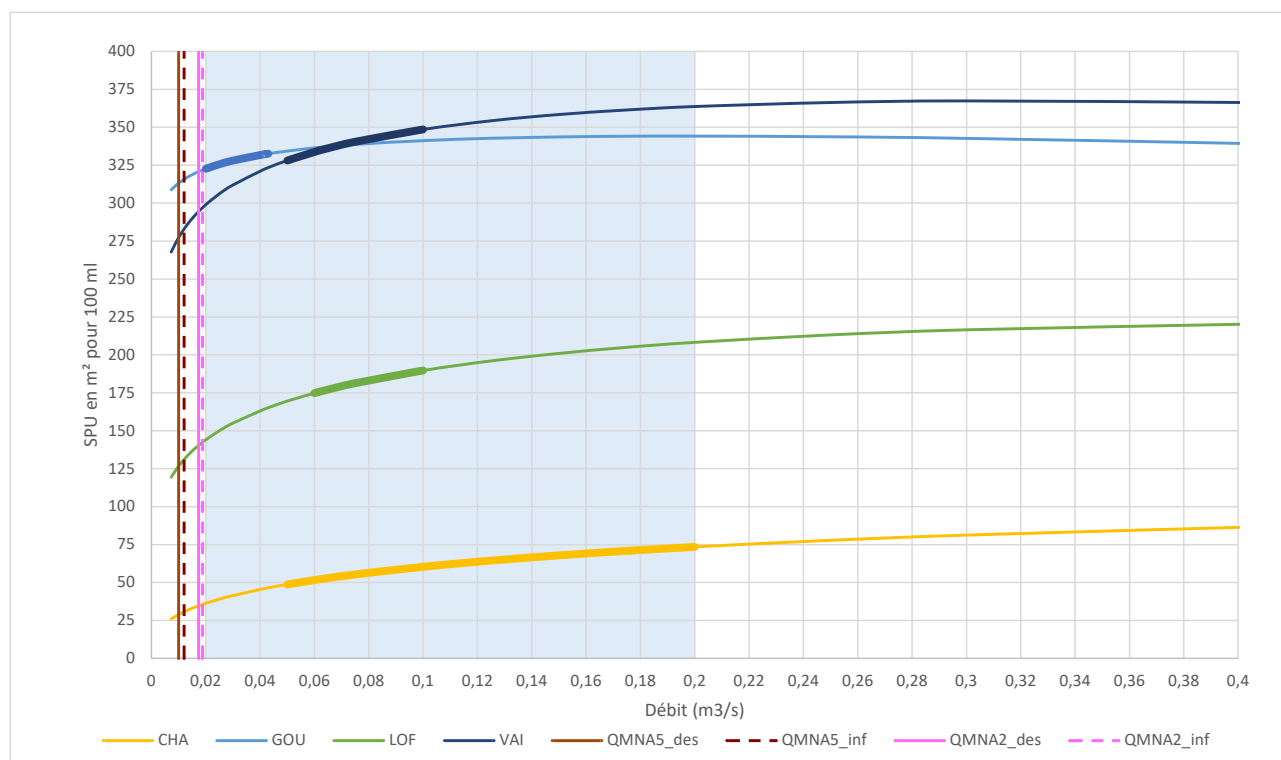


Figure 30: Evolution de la SPU sur la station de la Sanguèze à Mouzillon

Tableau 38: Plages du SAR sur la Sanguèze à Mouzillon

| Guilde / espèce | Valeur basse (l/s) | Valeur haute (l/s) |
|-----------------|--------------------|--------------------|
| GOU | 20 | 45 |
| LOF | 60 | 120 |
| VAI | 50 | 105 |
| CHA | 50 | 200 |

La plage pour la Sanguèze (en bleue) se situe entre une valeur basse de 20 l/s (SAR min) et 200 l/s (SAR Max), dans une gamme de débit supérieure au QMNA5 désinfluencé (16 l/s), et légèrement inférieure au QMNA2 désinfluencé (28 l/s).

La plage du SAR étudiée s’inscrit dans une gamme allant de 20 l/s à 200 l/s.

Ainsi, ces valeurs de SAR pourraient constituer une première gamme de valeurs cible pour la détermination du débit biologique en période de basses eaux pour cette station. Ces valeurs sont ensuite examinées en les resituant dans le contexte hydrologique local, et notamment les caractéristiques d’étéage.

2.6.5.2 Proposition d’une plage de débits biologiques

S’appuyer sur le goujon pour définir la valeur basse du débit biologique apparaît peu opportun, car à 20 l/s (SAR minimum de cet espèce) les pertes d’habitats sont très conséquentes pour les autres espèces étudiées, notamment le vairon et la loche, espèces présentes sur la Sanguèze.

Pour fixer la valeur basse de la plage de débit biologique il est ainsi proposé de retenir la valeur de 50 l/s. Cette valeur correspond en effet au SAR minimum du chabot et du vairon tout en restant très proche de celle du la loche franche (60 l/s). Concernant les habitats du goujon, à partir de ce débit de 50 l/s, ils restent globalement stables. Cette valeur de compromis induit toutefois une perte d’habitats de 3 % pour la Loche franche, relativement au seuil de débit bas de cette espèce (60 l/s).

La valeur haute pour le chabot est de 200 l/s. Autour de 140 l/s la progression de la SPU pour cette espèce apparaît marquer le pas. C’est également le cas pour les autres espèces considérées sur cette station. La SPU du goujon est proche de sa valeur maximale, et celle du vairon s’en rapproche. Il est donc proposer de retenir une valeur haute de 140 l/s.

Sur la station de la Sanguèze à Mouzillon, la plage de débits biologiques proposée pour les très basses eaux se situe entre une valeur basse de 50 l/s et une valeur haute de 140 l/s.

2.6.5.3 Evolution du ratio SPU / SPU de référence

Le choix de retenir le QMNA5 comme référence n'apparaît pas judicieux pour ce site, car ce débit est éloigné des besoins des espèces cibles considérées. Pour rappel entre le QMNA5 et le QMNA2, il n'y a que 7 l/s par seconde de différence.

On s'intéressera donc sur ce site à analyser la plage de débits biologiques pour la valeur de QMNA2 désinfluencé, en se concentrant prioritairement sur le chabot, la loche et le vairon.

Tableau 39: Évolution en pourcentage de la SPU/SPU_{QMNA2 désinfluencé} sur la station de la Sanguèze à Mouzillon

| Débit caractéristiques | m3/s | CHA | GOU | LOF | VAI |
|-----------------------------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| | 0,002 | -51,3 | -9,3 | -33,4 | -21,4 |
| | 0,005 | -33,9 | -5,4 | -20,8 | -12,8 |
| VCN3(5)_des | 0,0073 | -25,0 | -3,7 | -14,9 | -9,1 |
| | 0,008 | -22,7 | -3,3 | -13,5 | -8,2 |
| QMNA5_des | 0,01 | -16,7 | -2,4 | -9,8 | -5,9 |
| QMNA5_inf | 0,0122 | -11,1 | -1,5 | -6,4 | -3,8 |
| | 0,013 | -9,2 | -1,2 | -5,2 | -3,1 |
| | 0,14 | -6,9 | -0,9 | -3,9 | -2,3 |
| | 0,15 | -4,8 | -0,6 | -2,7 | -1,6 |
| | 0,16 | -2,7 | -0,4 | -1,5 | -0,9 |
| SPU à QMNA2_des (m ²) | 0,0174 | 34,7 | 320,8 | 140,5 | 294,5 |
| QMNA2_inf | 0,0188 | 2,6 | 0,3 | 1,4 | 0,8 |
| SAR Min | 0,02 | 4,7 | 0,6 | 2,6 | 1,5 |
| | 0,025 | 12,6 | 1,5 | 6,8 | 3,9 |
| | 0,03 | 19,5 | 2,3 | 10,4 | 5,9 |
| Aout_des | 0,041 | 32,1 | 3,5 | 16,7 | 9,3 |
| Septembre_des | 0,043 | 34,1 | 3,7 | 17,6 | 9,8 |
| Seuil Bas Débit Bio | 0,05 | 40,7 | 4,2 | 20,7 | 11,4 |
| | 0,06 | 49,0 | 4,9 | 24,5 | 13,3 |
| Juillet_des | 0,064 | 52,1 | 5,1 | 25,8 | 14,0 |
| | 0,075 | 59,7 | 5,6 | 29,1 | 15,6 |
| | 0,1 | 74,3 | 6,4 | 35,1 | 18,3 |
| | 0,125 | 86,1 | 6,8 | 39,6 | 20,3 |
| Seuil Haut Débit Bio | 0,14 | 92,2 | 7,0 | 41,8 | 21,1 |
| Juin_des | 0,174 | 104,2 | 7,2 | 45,9 | 22,7 |
| SAR Max | 0,2 | 112,0 | 7,3 | 48,3 | 23,4 |

Il convient de noter que pour cette station la gamme de débits biologiques proposée est notablement supérieure aux débits naturels d'étiage (QMNA2 et QMNA5).

Comparativement à la valeur de référence de SPU pour le QMNA2 désinfluencé, le Tableau 39 permet d'observer :

- A un débit de 50 l/s, une progression notable de la SPU pour le chabot mais moindre pour la loche et le vairon. Ces deux dernières espèces présentent toutefois une SPU très supérieure au chabot pour ce débit.
- Au débit de 140 l/s, des valeurs de SPU supérieures de 20% au minimum vis-à-vis de la SPU au QMNA2 pour le vairon, 40 % pour la loche la loche, et un peu plus de 80 % pour le chabot. A ce débit la SPU du goujon progresse seulement de 7 %, mais cette espèce présente les valeurs de SPU les plus élevées comme pour le vairon.

2.6.5.4 Débit de survie

A partir du Tableau 40, on observe une baisse de la SPU d'environ 10% pour le chabot vis-à-vis du QMNA2 désinfluencé, pour un débit de 12 l/s.

Tableau 40: Évolution en pourcentage de la SPU/SPU_{QMNA2 désinfluencé} sur la station de la Sanguèze à Mouzillon

| Débit caractéristiques | m3/s | CHA | GOU | LOF | VAI |
|-----------------------------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| | 0,002 | -51,3 | -9,3 | -33,4 | -21,4 |
| | 0,005 | -33,9 | -5,4 | -20,8 | -12,8 |
| VCN3(5)_des | 0,0073 | -25,0 | -3,7 | -14,9 | -9,1 |
| | 0,008 | -22,7 | -3,3 | -13,5 | -8,2 |
| QMNA5_des | 0,01 | -16,7 | -2,4 | -9,8 | -5,9 |
| QMNA5_inf | 0,0122 | -11,1 | -1,5 | -6,4 | -3,8 |
| | 0,013 | -9,2 | -1,2 | -5,2 | -3,1 |
| | 0,14 | -6,9 | -0,9 | -3,9 | -2,3 |
| | 0,15 | -4,8 | -0,6 | -2,7 | -1,6 |
| | 0,16 | -2,7 | -0,4 | -1,5 | -0,9 |
| SPU à QMNA2_des (m ²) | 0,0174 | 34,7 | 320,8 | 140,5 | 294,5 |
| QMNA2_inf | 0,0188 | 2,6 | 0,3 | 1,4 | 0,8 |
| SAR Min | 0,02 | 4,7 | 0,6 | 2,6 | 1,5 |
| | 0,025 | 12,6 | 1,5 | 6,8 | 3,9 |
| | 0,03 | 19,5 | 2,3 | 10,4 | 5,9 |
| Aout_des | 0,041 | 32,1 | 3,5 | 16,7 | 9,3 |
| Septembre_des | 0,043 | 34,1 | 3,7 | 17,6 | 9,8 |
| Seuil Bas Débit Bio | 0,05 | 40,7 | 4,2 | 20,7 | 11,4 |

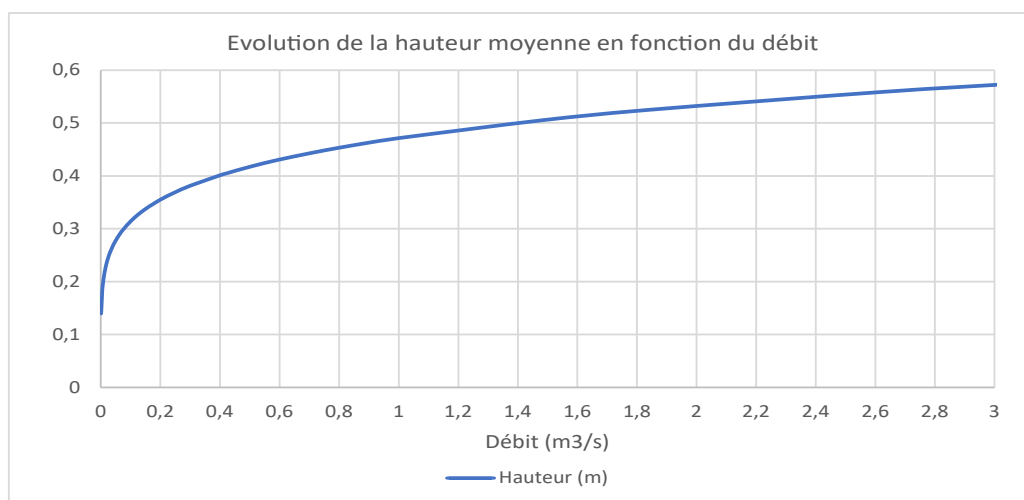


Figure 31: Evolution de la hauteur d'eau moyenne en fonction du débit – Station de la Sanguèze à Mouzillon

Pour ce même débit, la valeur moyenne estimée de hauteur d'eau à partir d'ESTIMHAB est de 21 cm. A partir de l'analyse des données de hauteur d'eau sur les radiers lors de la campagne Estimhab à bas débit (6 cm à 17 l/s), il est possible d'estimer qu'à 12 l/s, la hauteur minimale sera proche de 5 cm, soit à la limite de la franchissabilité pour les différentes espèces (Figure 31).

Le Tableau 41 permet de visualiser le nombre de jours dans l'année où le débit de 12 l/s ne devraient pas être atteint. Celui-ci est mis en comparaison avec d'autres débits caractéristiques.

Tableau 41: Analyse du débit de survie proposé relativement à certains débits caractéristique d'étiage – Station de la Sanguèze à Mouzillon

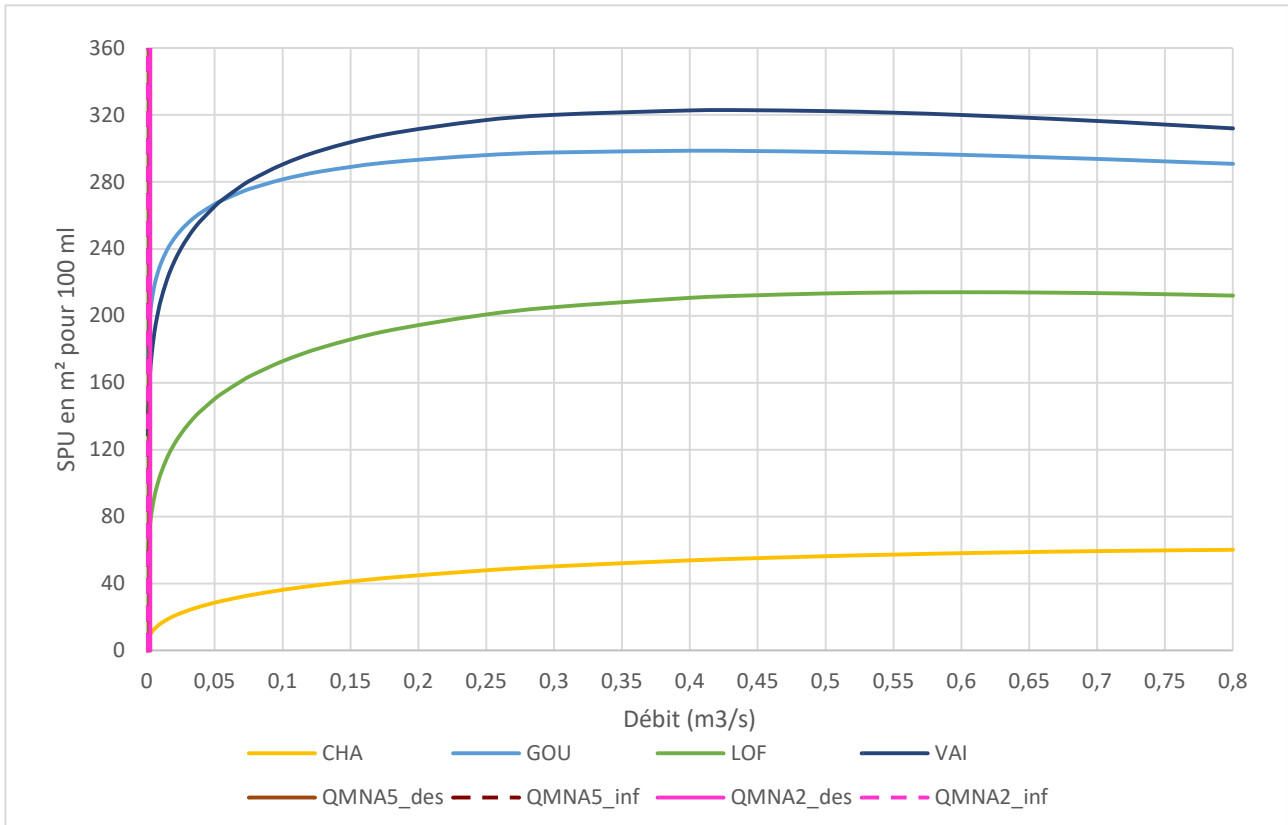
| | | QMNA2_des | QMNA5_des | VCN (10) 5_des | VCN (3) 5_des | Débit de survie | Seuil bas de débit biologique | Seuil haut de débit biologique |
|-----------------------------|--------------|-----------|-----------|-------------------|---------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Débit | | 17,4 | 10,0 | 7,7 | 7,3 | 12,0 | 50,0 | 140,0 |
| Nb jours de non-dépassement | Désinfluencé | 43 | 13 | 5 | 3 | 26 | 100 | 148 |
| | Influencé | 25 | 18 | 12 | 11 | 17 | 105 | 151 |

Actuellement, **en situation influencée, le débit de survie proposée de 12 l/s** ne devrait pas être atteint, par valeurs inférieures, plus de 17 jours par an en moyenne.

Sur la station de la Sanguèze à Mouzillon, le débit de survie est évalué à 12 l/s.

2.6.6 Le Trézon à l'Herboutilère

2.6.6.1 Plage du Seuil d'Accroissement des Risques (SAR)



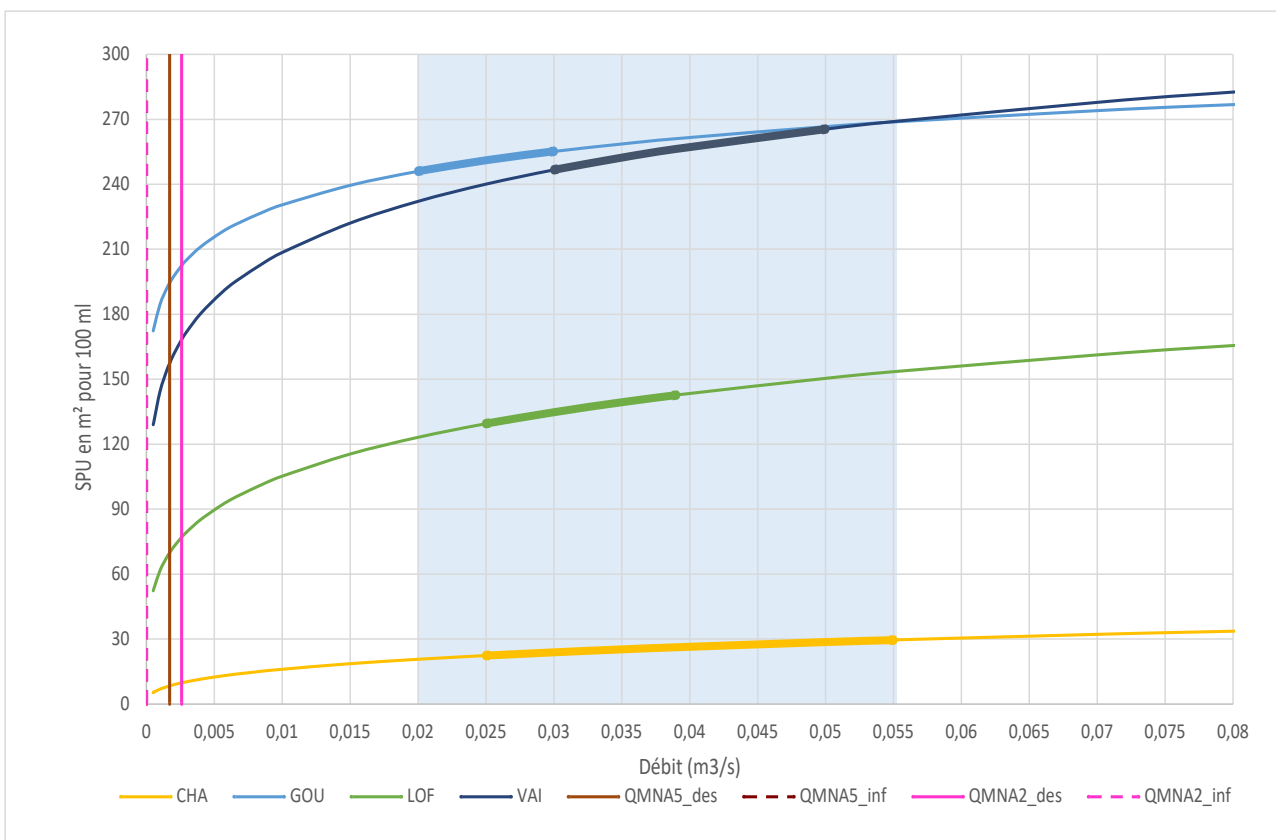


Figure 32: Evolution de la SPU sur la station du Trézon à l'Herboutilère

Tableau 42: Plages du SAR sur le Trézon à l'Herboutilère

| Guilde / espèce | Valeur basse (l/s) | Valeur haute (l/s) |
|-----------------|--------------------|--------------------|
| GOU | 20 | 34 |
| LOF | 25 | 48 |
| CHA | 25 | 55 |
| VAI | 30 | 53 |

La plage proposée pour le Trézon (en bleu) se situe entre une valeur basse de 20 l/s (SAR min) et 55 l/s (SAR Max). Pour rappel sur ce site le QMNA2 désinfluencé est de 3 l/s et le QMNA5 désinfluencé est de 2 l/s.

Dans ce cas, la plage de débit entre 20 et 53 l/s correspond à des conditions acceptables d'habitats pour les espèces actuellement présentes (LOF, VAI, GOU). Cette valeur haute de 53 l/s est très proche de la valeur haute du chabot (espèce à enjeu).

La plage du SAR étudiée s'inscrit dans une gamme allant de 20 l/s à 55 l/s.

Ainsi, ces valeurs de SAR pourraient constituer une première gamme de valeurs cible pour la détermination du débit biologique en période de basses eaux pour cette station. Ces valeurs sont ensuite examinées en les resituant dans le contexte hydrologique local, et notamment les caractéristiques d'étiage.

2.6.6.2 Proposition d'une plage de débits biologiques

La proximité des valeurs de SAR minimum pour les espèces considérées montrent que ces valeurs sont relativement proches. Il est proposé de retenir une valeur intermédiaire pour définir le seuil bas de débit biologique correspondant au SAR min du chabot, espèce à enjeux, soit 25 l/s. Cette valeur apparaît compatible avec le seuil bas fixé à 100 l/s sur la station aval de la Moine à Cholet.

A partir d'un débit 35 à 40 l/s, la SPU du Chabot augmente de manière moins significative. La progression des surfaces d'habitats progresse également de manière plus réduite à partir de ce seuil. Il est ainsi proposé de retenir une valeur haute de débit biologique correspondant à un débit de 40 l/s. Cette valeur est par ailleurs bien inférieure au seuil haut fixé à 320 l/s sur la station aval de la Moine à Cholet.

Sur la station du Trézon à l'Herboutilère, la plage de débits biologiques proposée pour les très basses eaux se situe entre une valeur basse de 25 l/s et une valeur haute de 40 l/s.

2.6.6.3 Evolution du ratio SPU / SPU de référence

Comme indiqué précédemment, la valeur basse (25 l/s) est très supérieure au QMNA5 et QMNA2 influencé ou désinfluencé. Le choix de retenir le QMNA5 comme référence n'apparaît pas judicieux pour ce site, car ce débit est très éloigné des besoins des espèces cibles considérées.

Pour rappel entre le QMNA5 et le QMNA2 désinfluencé, il n'y a que 1 l/s par seconde de différence.

On s'intéressera donc sur ce site à analyser la plage de débits biologiques pour la valeur de QMNA2 désinfluencé, en se concentrant prioritairement sur le chabot, la loche et le vairon. Car le goujon montre la SPU la plus élevée, et qu'une variation de débit aura moins d'impact sur cette espèce que sur les autres.

Tableau 43: Evolution en pourcentage de la SPU/SPU_{QMNA2 désinfluencé} sur le Trézon à l'Herboutilère

| Débit | m3/s | CHA | GOU | LOF | VAI |
|-----------------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| | 0,0005 | -45,7 | -14,9 | -32,0 | -23,3 |
| | 0,001 | -29,8 | -8,9 | -20,0 | -14,2 |
| VCN3/10(5)_des | 0,0015 | -18,4 | -5,2 | -12,0 | -8,5 |
| QMNA5_des | 0,0017 | -14,6 | -4,0 | -9,4 | -6,6 |
| VCN10(2)des | 0,002 | -9,3 | -2,5 | -5,9 | -4,1 |
| SPU à QMNA2_des (m ²) | 0,0026 | 9,8 | 202,6 | 77,0 | 168,4 |
| | 0,003 | 5,4 | 1,4 | 3,4 | 2,3 |
| | 0,004 | 17,3 | 4,3 | 10,5 | 7,1 |
| Septembre_des | 0,0055 | 31,9 | 7,5 | 19,0 | 12,7 |
| Août_des | 0,0066 | 41,0 | 9,4 | 24,1 | 16,0 |
| Juillet_des | 0,0088 | 56,7 | 12,4 | 32,6 | 21,4 |
| | 0,01 | 64,2 | 13,8 | 36,6 | 23,9 |
| | 0,015 | 90,4 | 18,2 | 49,8 | 31,9 |
| SAR Min | 0,02 | 111,4 | 21,4 | 59,8 | 37,9 |
| Seuil Bas Débit Bio | 0,025 | 129,1 | 23,9 | 68,0 | 42,6 |
| | 0,03 | 144,6 | 26,0 | 74,9 | 46,5 |
| | 0,035 | 158,3 | 27,7 | 80,9 | 49,8 |
| Juin_des | 0,039 | 168,4 | 28,9 | 85,2 | 52,2 |
| Seuil Haut Débit Bio | 0,04 | 170,9 | 29,2 | 86,2 | 52,7 |
| | 0,05 | 192,9 | 31,6 | 95,2 | 57,6 |
| SAR Max | 0,055 | 202,8 | 32,7 | 99,2 | 59,7 |

Il convient de noter que pour cette station la gamme de débits biologiques proposée est notablement supérieure aux débits naturels d'été (QMNA2 et QMNA5).

Comparativement à la valeur de référence de SPU pour le QMNA2 désinfluencé, le Tableau 43 permet d'observer :

- A 25 l/s, que les SPU des espèces analysées (GOU, LOF, VAI) sont notablement supérieures celles observées au QMNA2 désinfluencé.

A 40 l/s, le gain de SPU est évidemment encore bien supérieur. Cette valeur de débit est toutefois très éloignée des débits estivaux.

2.6.6.4 Débit de survie

Sur ce site, les débits d'été sont très faibles, il a donc été considéré de retenir comme débit de survie, la valeur de 2 l/s correspondant à une perte de SPU de 5 % pour la loche relativement à la valeur de référence du QMNA2 désinfluencé.

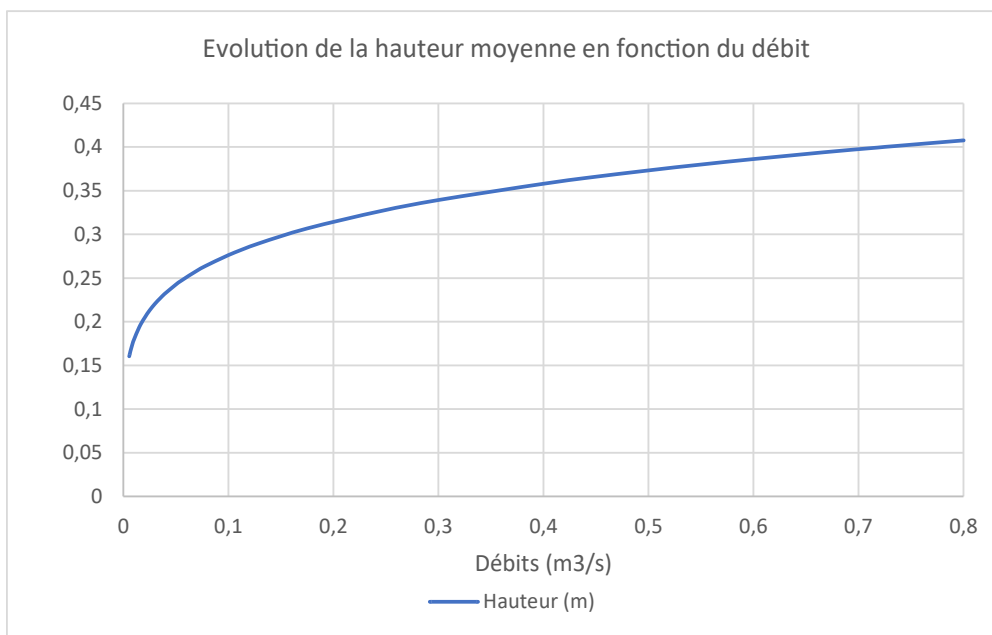


Figure 33: Evolution de la hauteur d'eau moyenne en fonction du débit – Station du Trézon à l'Herboutière

Pour un débit de 2 l/s, la valeur moyenne estimée de hauteur d'eau à partir d'ESTIMHAB est de 13 cm. Cependant les observations de terrain indiquent une hauteur d'eau moyenne sur les radiers de 7 cm pour un débit de 23 l/s. Il est donc probable que pour un débit de 2 l/s les conditions de franchissement des radiers ne soient pas satisfaites. Ce débit de 2 l/s devrait toutefois permettre à certaines espèces de subsister avant les assècs récurrents sur ce ruisseau.

Le Tableau 44 permet de visualiser le nombre de jours dans l'année où le débit de 2 l/s ne devraient pas être atteint. Celui-ci est mis en comparaison avec d'autres débits caractéristiques.

Tableau 44: Analyse du débit de survie proposé relativement à certains débits caractéristiques d'étiage – Station du Trézon à l'Herboutière

| | | QMNA2_des | QMNA5_des | VCN (10) 5_des | VCN (3) 5_des | Débit de survie | Seuil bas de débit biologique | Seuil haut de débit biologique |
|-----------------------------|--------------|-----------|-----------|-------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Débit | | 2,6 | 1,7 | 1,5 | 1,5 | 2,0 | 25,0 | 40,0 |
| Nb jours de non-dépassement | Désinfluencé | 57 | 12 | 3 | 3 | 31 | 157 | 177 |
| | Influencé | 140 | 135 | 132 | 132 | 137 | 178 | 191 |

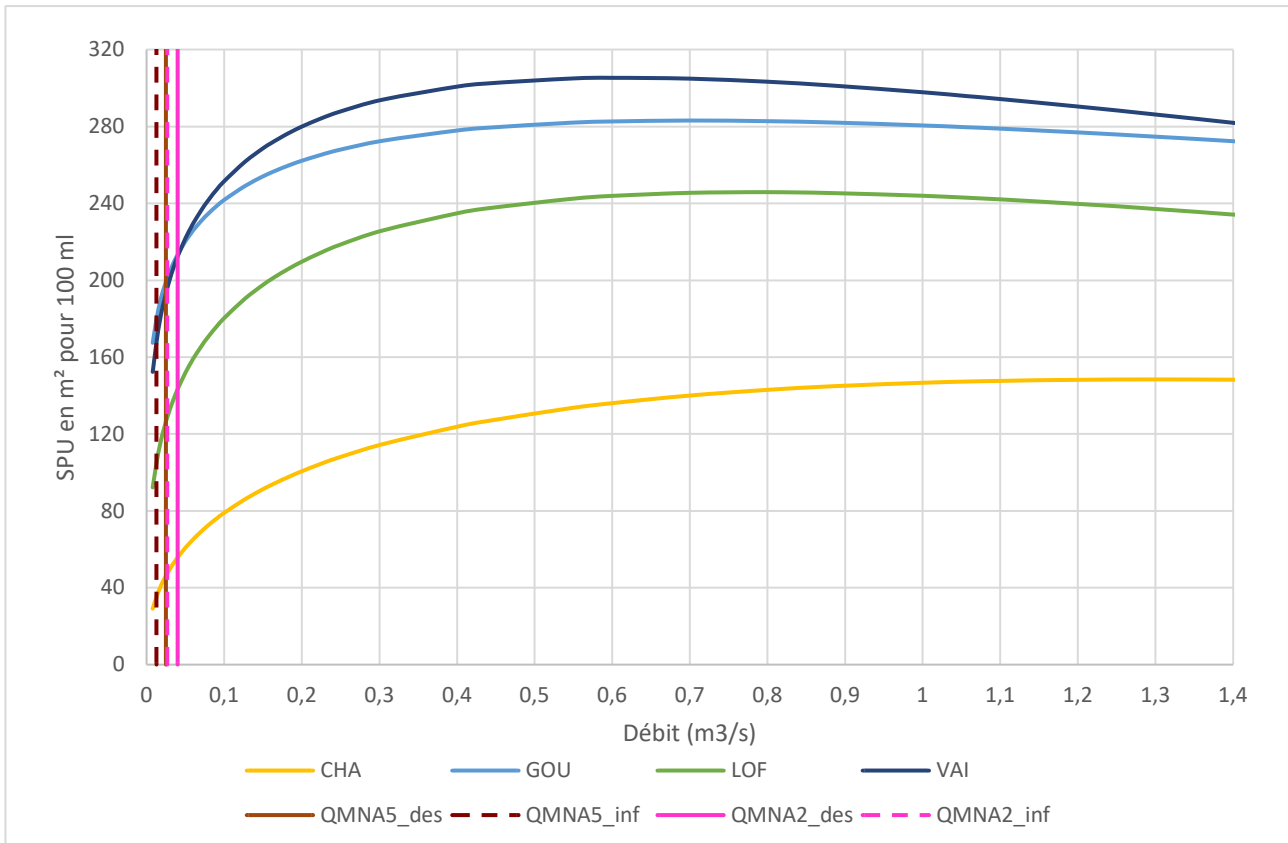
Actuellement, en situation influencée, **le débit de survie proposée de 2 l/s** ne devrait pas être atteint, par valeurs inférieures, durant 137 jours par an en moyenne, contre seulement 31 en situation non influencée.

Sur la station du Trézon à l'Herboutière le débit de survie est évalué à 2 l/s.

La courbe des débits classés avec l'ensemble des débits biologiques proposées est présentée dans la partie connectivité (2.7.5.4).

2.6.7 L'Ouin à la Basse Gelousière

2.6.7.1 Plage du Seuil d'Accroissement des Risques (SAR)



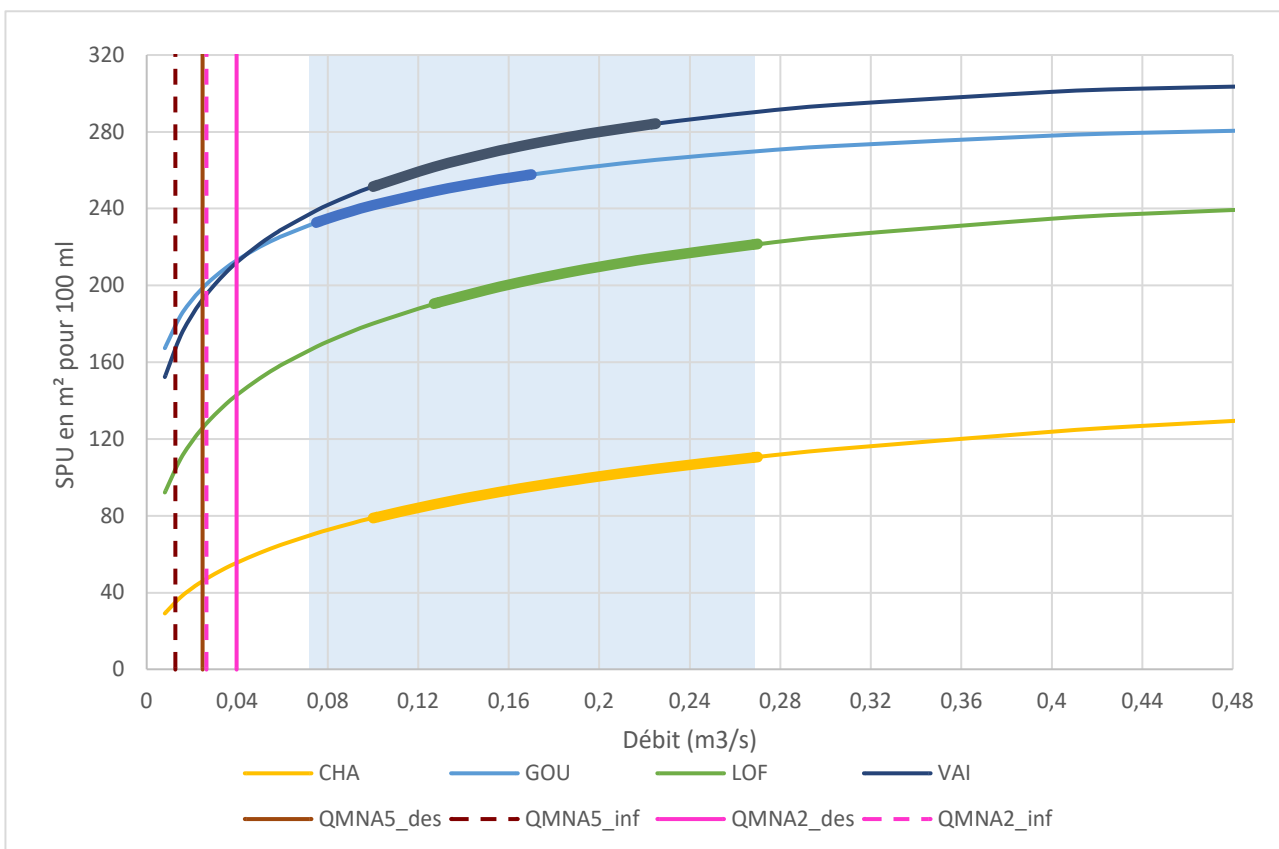


Figure 34: Evolution de la SPU sur la station de l'Ouin à la Basse Gelousière

Tableau 45: Plages du SAR sur l'Ouin à la Basse Gelousière

| Guilde / espèce | Valeur basse (l/s) | Valeur haute (l/s) |
|-----------------|--------------------|--------------------|
| GOU | 75 | 175 |
| CHA | 100 | 270 |
| VAI | 100 | 230 |
| LOF | 125 | 270 |

La plage proposée pour l'Ouin se situe entre une valeur basse de 75 l/s (SAR min) et 270 l/s (SAR Max), dans une gamme de débit très supérieure au QMNA5 influencé (25 l/s) ou désinfluencé (13 l/s).

Dans ce cas, la plage de débit entre 75 et 270 l/s correspond à des conditions acceptables d'habitats pour les espèces courantes (LOF, VAI, GOU). Cette valeur haute de 270 l/s est identique à la valeur haute du chabot (espèce à enjeu). Cette plage englobe totalement la plage du chabot.

La plage du SAR étudiée s'inscrit dans une gamme allant de 75 l/s à 270 l/s.

Ainsi, ces valeurs de SAR pourraient constituer une première gamme de valeurs cible pour la détermination du débit biologique en période de basses eaux pour cette station. Ces valeurs sont ensuite examinées en les resituant dans le contexte hydrologique local, et notamment les caractéristiques d'étiage.

2.6.7.2 Proposition d'une plage de débits biologiques

Les valeurs de SAR minimum pour les espèces considérées montrent que ces valeurs sont relativement proches. Il est proposé de retenir une valeur intermédiaire pour définir le seuil bas de débit biologique correspondant au SAR min du chabot, espèce à enjeux, soit 100 l/s. Cette valeur de compromis induit toutefois une perte d'habitats de 5 % pour la Loche franche, relativement au seuil de débit bas de cette espèce (125 l/s).

La valeur haute pour le chabot est de 270 l/s. Autour de 220 l/s la progression de la SPU pour cette espèce apparaît marquer le pas. C'est également le cas pour les autres espèces considérées sur cette station, notamment les SPU du goujon et du vairon qui s'approche de la valeur maximale. Il est donc proposé de retenir cette valeur de 220 l/s comme valeur haute pour la plage de débits biologique en très basses eaux.

Sur la station de l'Ouin, la plage de débits biologiques proposée pour les très basses eaux se situe entre une valeur basse de 100 l/s et une valeur haute de 220 l/s.

2.6.7.3 Evolution du ratio SPU / SPU de référence

Comme indiqué précédemment, la plage basse de SAR (75 l/s) est très supérieure au QMNA5 et QMNA 2 influencé ou désinfluencé. Le choix de retenir le QMNA5 comme référence n'apparaît pas judicieux pour ce site, car ce débit est très éloigné des besoins des espèces cibles considérées.

Pour rappel entre le QMNA5 et le QMNA2, il n'y a que 16 l/s de différence.

On s'intéressera donc sur ce site à analyser la plage de débits biologiques pour la valeur de QMNA2 désinfluencé, en se concentrant prioritairement sur le chabot et la loche. Le vairon et le goujon ayant les SPU les plus fortes seront moins impactés par une baisse du débit.

Tableau 46: Évolution en pourcentage de la SPU/SPU_{QMNA2 désinfluencé} sur l'Ouin à la Basse Gelousière

| Débit | m3/s | CHA | GOU | LOF | VAI |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| VCN10(5)_inf | 0,006 | -53,4 | -24,9 | -40,6 | -32,5 |
| VCN3(5)_inf | 0,008 | -47,6 | -21,5 | -35,6 | -28,2 |
| | 0,015 | -32,4 | -13,6 | -23,3 | -18,0 |
| VCN3(5)_des | 0,0215 | -21,8 | -8,7 | -15,3 | -11,7 |
| VCN3(10)_des | 0,0222 | -20,8 | -8,3 | -14,6 | -11,1 |
| QMNA5_des | 0,0247 | -17,4 | -6,8 | -12,1 | -9,2 |
| QMNA2_inf | 0,0265 | -15,0 | -5,8 | -10,4 | -7,9 |
| | 0,03 | -10,7 | -4,1 | -7,3 | -5,6 |
| | 0,035 | -5,1 | -1,9 | -3,5 | -2,6 |
| SPU à QMNA2_des (m²) | 0,04 | 55,7 | 213,2 | 143,2 | 212,3 |
| | 0,05 | 9,1 | 3,2 | 6,0 | 4,4 |
| | 0,058 | 15,5 | 5,4 | 10,1 | 7,4 |
| | 0,06 | 17,0 | 5,9 | 11,0 | 8,1 |
| SAR MIN | 0,075 | 27,4 | 9,2 | 17,4 | 12,6 |
| | 0,08 | 30,5 | 10,1 | 19,3 | 14,0 |
| Septembre/Août_des | 0,091 | 36,9 | 12,0 | 23,1 | 16,6 |
| Seuil Bas Débit Bio | 0,1 | 41,8 | 13,4 | 25,9 | 18,5 |
| Juillet_des | 0,127 | 54,6 | 16,8 | 33,0 | 23,3 |
| | 0,15 | 63,9 | 19,1 | 38,0 | 26,5 |
| | 0,16 | 67,6 | 20,0 | 39,9 | 27,8 |
| | 0,17 | 71,1 | 20,8 | 41,7 | 28,9 |
| | 0,18 | 74,4 | 21,6 | 43,3 | 30,0 |
| | 0,19 | 77,6 | 22,3 | 44,9 | 31,0 |
| | 0,2 | 80,7 | 23,0 | 46,4 | 31,9 |
| Seuil Haut Débit Bio | 0,22 | 86,4 | 24,2 | 49,1 | 33,5 |
| SAR MAX | 0,27 | 98,8 | 26,6 | 54,7 | 36,8 |

Il convient de noter que pour cette station la gamme de débits biologiques proposée est notablement supérieure aux débits naturels d'étiage (QMNA2 et QMNA5).

Comparativement à la valeur de référence de SPU pour le QMNA2 désinfluencé, le Tableau 46 permet d'observer

- A 100 l/s, que les SPU des espèces présentes (GOU, LOF, VAI) sont supérieures de 13% à 25 % à celle observée au QMNA2 désinfluencé. Elle est même supérieure de 41% pour le chabot (espèce à enjeu). Pour rappel, le goujon et le viron présentent les valeurs de SPU les plus élevées quel que soit le débit. Alors que le chabot présente les SPU les plus faibles pour chaque débit étudié. La valeur de 100 l/s est inférieure aux débits mensuels désinfluencés d'août et septembre, mais supérieures aux débits caractéristiques d'étiage.
- A 220 l/s, le gain de SPU est de l'ordre de 87 % pour le chabot, 24 % pour le goujon, 50 % pour la loche et 37 % pour le viron. Cette valeur est toutefois très éloignée des débits estivaux.

2.6.7.4 Débit de survie

A partir du tableau suivant, on observe une baisse de la SPU de 10% pour le chabot vis-à-vis du QMNA2, pour un débit de 31 l/s, et 27 l/s pour la loche.

Tableau 47: Evolution en % de la SPU/SPU_{QMNA2 désinfluencé} sur la station de l'Ouin à la Basse Gelousière

| Débit | m3/s | CHA | GOU | LOF | VAI |
|----------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| VCN10(5)_inf | 0,006 | -53,4 | -24,9 | -40,6 | -32,5 |
| VCN3(5)_inf | 0,008 | -47,6 | -21,5 | -35,6 | -28,2 |
| | 0,015 | -32,4 | -13,6 | -23,3 | -18,0 |
| VCN3(5)_des | 0,0215 | -21,8 | -8,7 | -15,3 | -11,7 |
| VCN3(10)_des | 0,0222 | -20,8 | -8,3 | -14,6 | -11,1 |
| QMNA5_des | 0,0247 | -17,4 | -6,8 | -12,1 | -9,2 |
| QMNA2_inf | 0,0265 | -15,0 | -5,8 | -10,4 | -7,9 |
| | 0,03 | -10,7 | -4,1 | -7,3 | -5,6 |
| | 0,035 | -5,1 | -1,9 | -3,5 | -2,6 |
| SPU à QMNA2_des (m²) | 0,04 | 55,7 | 213,2 | 143,2 | 212,3 |
| | 0,05 | 9,1 | 3,2 | 6,0 | 4,4 |
| | 0,058 | 15,5 | 5,4 | 10,1 | 7,4 |
| | 0,06 | 17,0 | 5,9 | 11,0 | 8,1 |
| SAR MIN | 0,075 | 27,4 | 9,2 | 17,4 | 12,6 |
| | 0,08 | 30,5 | 10,1 | 19,3 | 14,0 |
| Septembre/Août_des | 0,091 | 36,9 | 12,0 | 23,1 | 16,6 |
| Seuil Bas Débit Bio | 0,1 | 41,8 | 13,4 | 25,9 | 18,5 |

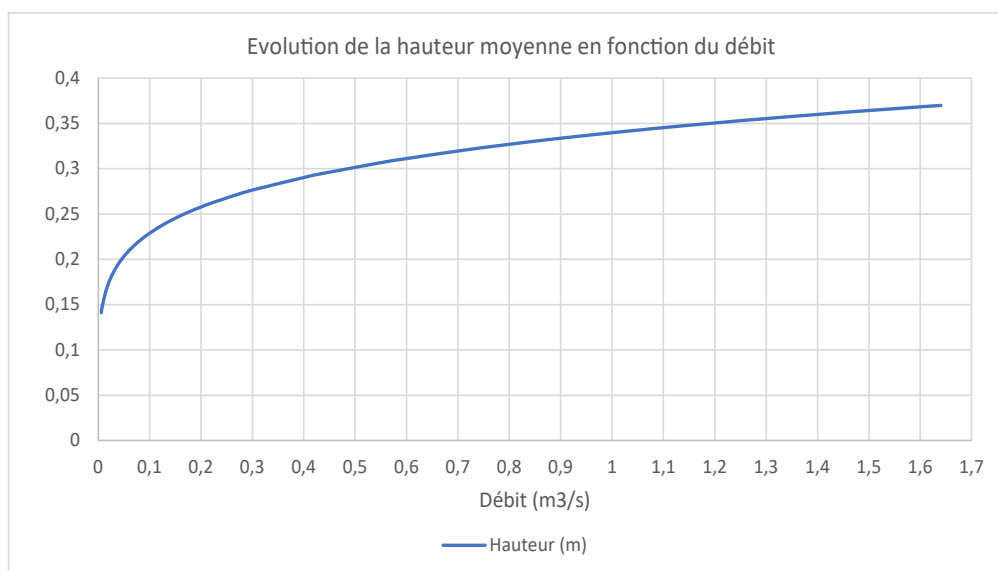


Figure 35: Evolution de la hauteur d'eau moyenne en fonction du débit – Station de l'Ouin

Si on considère les données de hauteur d'eau sur les radiers lors de la campagne Estimhab à bas débit (4 cm en moyenne à 9 l/s). On peut estimer qu'à 27 l/s, la hauteur minimale serait toujours supérieure à 5 cm, légèrement supérieure à limite de la franchissabilité pour les différentes espèces.

Le Tableau 48 permet de visualiser le nombre de jours dans l'année où le débit de 27 l/s ne devraient pas être atteint. Celui-ci est mis en comparaison avec d'autres débits caractéristiques.

Tableau 48: Analyse du débit de survie proposé relativement à certains débits caractéristique d'étiage – Station de l'Ouin

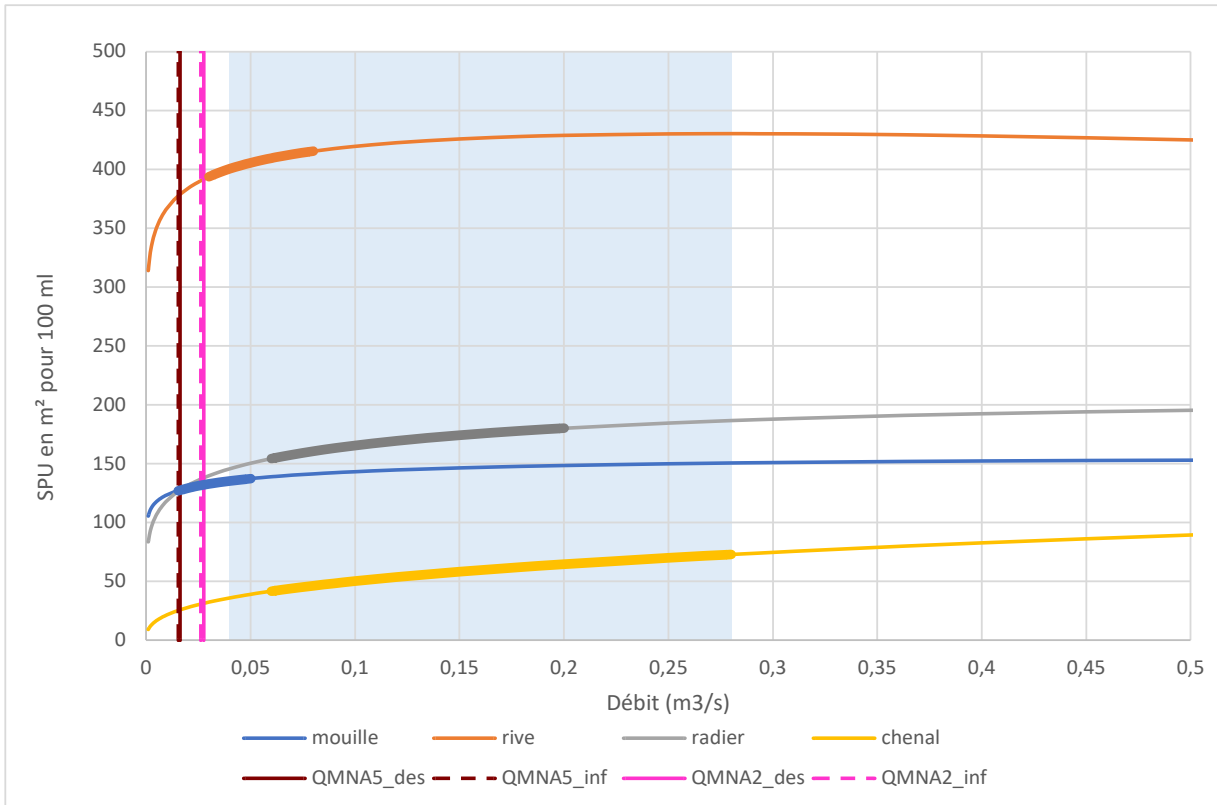
| | | QMNA2_des | QMNA5_des | VCN (10) 5_des | VCN (3) 5_des | Débit de survie | Seuil bas de débit biologique | Seuil haut de débit biologique |
|-----------------------------|------------------|-----------|-----------|-------------------|---------------|-----------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Débit | | 39,8 | 24,7 | 22,2 | 21,5 | 27,0 | 100,0 | 220,0 |
| Nb jours de non-dépassement | Désinfluencé | 49 | 10 | 5 | 4 | 17 | 109 | 159 |
| | Influencé | 74 | 37 | 27 | 24 | 44 | 120 | 164 |

Actuellement, **en situation influencée, le débit de survie proposée de 27 l/s** ne devrait pas être atteint, par valeurs inférieures, plus de 44 jours par an en moyenne.

Sur la station de l'Ouin le débit de survie est évalué à 27 l/s.

2.6.8 La Grande Maine à la Patricière

2.6.8.1 Plage du Seuil d'Accroissement des Risques (SAR)



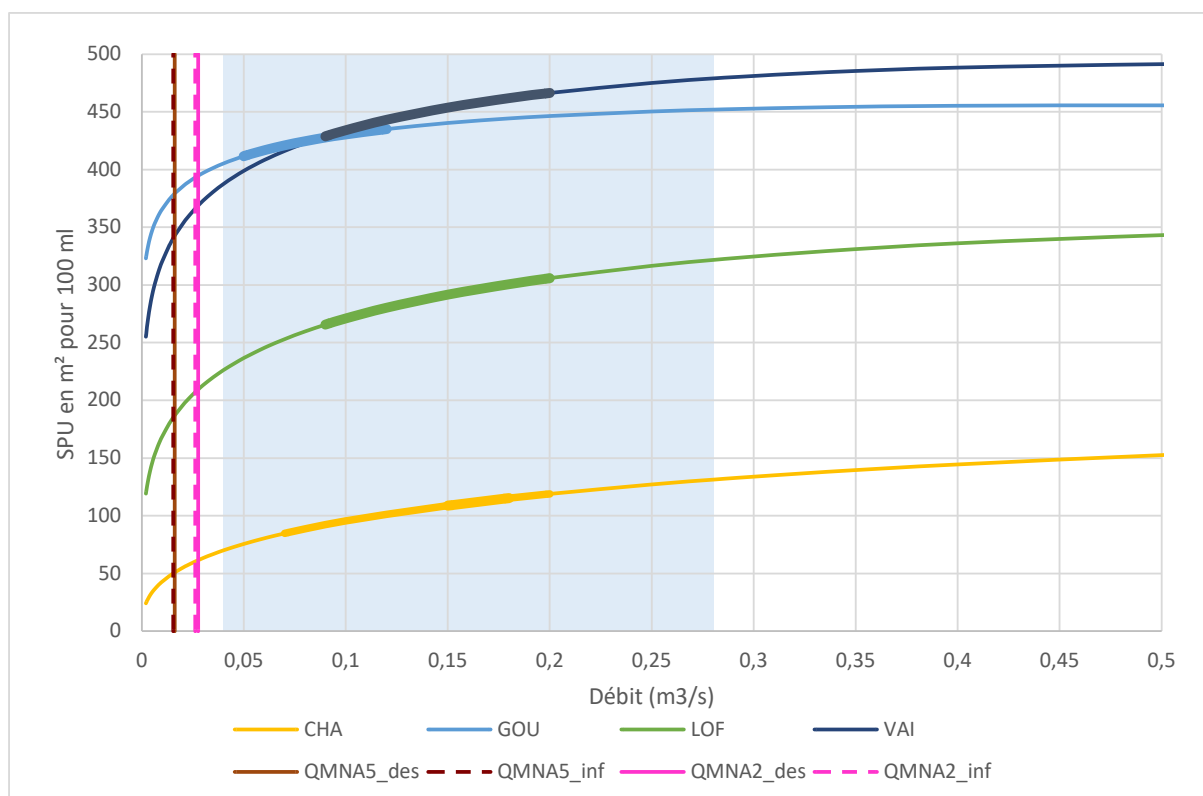


Figure 36: Evolution de la SPU sur la station de la Grande Maine à la Patricière

Tableau 49: Plages du SAR sur la Grande Maine à la Patricière

| Guilde / espèce | Valeur basse (l/s) | Valeur haute (l/s) |
|-----------------|--------------------|--------------------|
| Mouille | 15 | 50 |
| Rive | 30 | 80 |
| GOU | 50 | 120 |
| Chenal | 60 | 280 |
| Radier | 60 | 200 |
| CHA | 70 | 240 |
| VAI | 90 | 210 |
| LOF | 90 | 230 |

La guilde mouille présente les valeurs de seuils les plus basses, une variation de débit aura peu d'impact sur sa SPU, hormis pour un débit inférieur à 15 l/s. Nous n'utiliserons donc pas cette guilde dans la suite de l'analyse. La guilde rive qui regroupe le goujon, le vairon et les petits chevesne présente une courbe qui se comporte de la même manière que la guilde mouille, avec toutefois la SPU la plus élevée des guildes. Sa plage évolue entre une valeur basse de 30 l/s et une valeur haute de 80 l/s.

Le goujon est l'espèce qui présente la valeur basse de seuil la plus faible avec 50 l/s. La valeur de 40 l/s est un compromis entre ces deux valeurs basses, qui pourrait servir de seuil bas pour définir la plage du SAR.

La valeur haute de la plage du SAR correspond à la guilda la plus exigeante à savoir la guilda chenal (280 l/s).

La plage du SAR s'inscrit dans une gamme allant de 40 l/s à 280 l/s.

Ainsi, ces valeurs de SAR pourraient constituer une première gamme de valeurs cible pour la détermination du débit biologique en période de basses eaux pour cette station. Ces valeurs sont ensuite examinées en les resituant dans le contexte hydrologique local, et notamment les caractéristiques d'étiage.

2.6.8.2 Proposition d'une plage de débits biologiques

Pour définir le seuil bas de la plage de débit biologique, il est proposé de s'appuyer sur la valeur de débit bas de la Loche franche, soit 90 l/s. Cette valeur se situe en effet dans la plage de débits acceptables pour les autres espèces ainsi que les guildes radier et chenal étudiées à cette station. Cette valeur apparaît cohérente avec le seuil bas en très basses eaux défini sur la station aval de la Grande Maine au Pont Léger (100 l/s).

Pour arrêter le seuil haut, il est possible de constater qu'au-delà d'un débit de 200 l/s la progression de SPU diminue sensiblement pour l'ensemble des espèces et guildes étudiées. Pour ce débit, le seuil haut du SAR est atteint pour les différentes guildes, hormis la guilda chenal. Le seuil haut du goujon est également atteint. Cette valeur reste également proches de celles des seuils haut pour les autres espèces. Il est donc proposé de retenir cette valeur de 200 l/s comme valeur haute pour la plage de débits biologique en très basses eaux. Là encore cette valeur semble cohérente avec le seuil haut en très basses eaux défini sur la station aval de la Grande Maine au Pont Léger (260 l/s).

Sur la station de la Grande Maine, la plage de débits biologiques pour les basses eaux se situe entre une valeur basse de 90 l/s et une valeur haute de 200 l/s.

2.6.8.3 Evolution du ratio SPU / SPU de référence

Le QMNA5_désinfluencé est inférieur à la limite basse de cette plage, alors que le QMNA2_désinfluencé (27 l/s) en est tout proche. Le choix de retenir le QMNA5 comme référence n'apparaît pas judicieux pour ce site, car ce débit est éloigné des besoins d'une partie des espèces cibles.

On s'intéressera donc sur ce site à analyser la plage de débits biologiques pour la valeur de QMNA2 désinfluencé.

Tableau 50: Evolution en pourcentage de la SPU/SPU_{QMNA2 désinfluencé} sur la Grande Maine à la Patricière

| Débit | m3/s | CHA | GOU | LOF | VAI | mouille | rive | radier | chenal |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|--------------|
| | 0,004 | -49,5 | -13,6 | -33,8 | -23,6 | -12,2 | -11,9 | -25,1 | -50,7 |
| | 0,005 | -45,3 | -12,1 | -30,6 | -21,2 | -10,9 | -10,5 | -22,6 | -46,5 |
| | 0,006 | -41,7 | -10,9 | -27,8 | -19,1 | -9,7 | -9,4 | -20,4 | -42,8 |
| | 0,007 | -38,4 | -9,8 | -25,3 | -17,3 | -8,8 | -8,5 | -18,5 | -39,5 |
| | 0,008 | -35,4 | -8,9 | -23,1 | -15,8 | -8,0 | -7,7 | -16,9 | -36,5 |
| | 0,009 | -32,6 | -8,1 | -21,2 | -14,3 | -7,2 | -6,9 | -15,4 | -33,7 |
| | 0,01 | -30,1 | -7,3 | -19,4 | -13,1 | -6,5 | -6,3 | -14,0 | -31,0 |
| VCN3(5)_des | 0,0135 | -22,2 | -5,2 | -14,0 | -9,3 | -4,6 | -4,4 | -10,1 | -23,0 |
| VCN10(5)_des | 0,0138 | -21,6 | -5,0 | -13,6 | -9,1 | -4,5 | -4,3 | -9,8 | -22,4 |
| QMNA5_Inf | 0,0154 | -18,5 | -4,2 | -11,6 | -7,7 | -3,8 | -3,6 | -8,3 | -19,2 |
| QMNA5_des | 0,0162 | -17,1 | -3,9 | -10,6 | -7,0 | -3,5 | -3,3 | -7,6 | -17,7 |
| VCN3(2)_des | 0,0209 | -9,3 | -2,0 | -5,7 | -3,7 | -1,8 | -1,7 | -4,0 | -9,7 |
| VCN10(2)_des | 0,0218 | -7,9 | -1,7 | -4,8 | -3,2 | -1,5 | -1,4 | -3,4 | -8,3 |
| | 0,025 | -3,4 | -0,7 | -2,0 | -1,3 | -0,6 | -0,6 | -1,4 | -3,6 |
| QMNA2_Inf | 0,0262 | -1,8 | -0,4 | -1,1 | -0,7 | -0,3 | -0,3 | -0,8 | -1,9 |
| SPU à QMNA2_des (m²) | 0,0276 | 61,6 | 394,7 | 209,4 | 368,7 | 132,1 | 391,7 | 138,1 | 31,5 |
| SAR MIN | 0,03 | 2,9 | 0,6 | 1,8 | 1,1 | 0,5 | 0,5 | 1,2 | 3,1 |
| | 0,035 | 8,6 | 1,7 | 5,1 | 3,2 | 1,6 | 1,4 | 3,5 | 9,1 |
| | 0,04 | 13,8 | 2,7 | 8,0 | 5,1 | 2,4 | 2,2 | 5,5 | 14,5 |
| | 0,045 | 18,5 | 3,5 | 10,6 | 6,7 | 3,2 | 2,9 | 7,3 | 19,6 |
| | 0,05 | 22,8 | 4,3 | 13,0 | 8,2 | 3,9 | 3,5 | 9,0 | 24,2 |
| | 0,055 | 26,9 | 5,0 | 15,2 | 9,5 | 4,5 | 4,1 | 10,4 | 28,6 |
| | 0,06 | 30,7 | 5,6 | 17,2 | 10,7 | 5,1 | 4,5 | 11,8 | 32,8 |
| Août/Sept_des | 0,062 | 32,2 | 5,8 | 18,0 | 11,2 | 5,3 | 4,7 | 12,3 | 34,4 |
| | 0,07 | 37,7 | 6,7 | 20,8 | 12,8 | 6,1 | 5,4 | 14,2 | 40,5 |
| | 0,08 | 44,0 | 7,6 | 24,0 | 14,7 | 6,9 | 6,1 | 16,3 | 47,5 |
| Seuil Bas Débit Bio | 0,09 | 49,8 | 8,4 | 26,8 | 16,3 | 7,7 | 6,6 | 18,2 | 53,9 |
| Juillet_des | 0,0996 | 54,9 | 9,1 | 29,3 | 17,7 | 8,3 | 7,1 | 19,8 | 59,7 |
| | 0,12 | 64,6 | 10,3 | 33,8 | 20,2 | 9,4 | 7,9 | 22,7 | 70,8 |
| | 0,15 | 76,8 | 11,6 | 39,2 | 23,0 | 10,7 | 8,7 | 26,1 | 85,2 |
| | 0,18 | 87,1 | 12,6 | 43,6 | 25,3 | 11,7 | 9,3 | 28,9 | 97,8 |
| Seuil Haut Débit Bio | 0,2 | 93,3 | 13,1 | 46,1 | 26,5 | 12,3 | 9,5 | 30,5 | 105,4 |
| | 0,25 | 106,5 | 14,1 | 51,1 | 28,8 | 13,4 | 9,8 | 33,6 | 122,5 |
| SAR Max | 0,28 | 113,3 | 14,5 | 53,6 | 29,9 | 13,9 | 9,9 | 35,2 | 131,7 |

Il convient de noter que pour cette station la gamme de débits biologiques proposée est notablement supérieure aux débits naturels d'étiage (QMNA2 et QMNA5).

Comparativement à la valeur de référence de SPU pour le QMNA2 désinfluencé, le Tableau 50 permet d'observer

- A 90 l/s, que les SPU des espèces présentes (GOU, LOF, VAI) sont supérieures de 8 à 26 % à celles observées au QMNA2 désinfluencé, et de 50 % pour le chabot (espèce à enjeu). Pour rappel, le goujon et le vairon présentent les valeurs de SPU les plus élevées quel que soit le débit, la loche dans une moindre mesure, alors que le chabot présente les SPU les plus faibles pour chaque débit étudié. La valeur de 90 l/s est dans l'ordre de grandeur des débits mensuels désinfluencés estivaux, mais bien supérieure aux débits caractéristiques d'étiage.
- A 200 l/s, le gain de SPU est encore supérieur mais cette valeur de débit est également encore plus éloignée des débits estivaux.

2.6.8.4 Débit de survie

A partir du Tableau 51, on observe une baisse de la SPU de 10% pour le chabot et la guilde chenal vis-à-vis du QMNA2, pour un débit de 23 l/s, et 17 l/s pour la loche, valeur proche du QMNA5_désinfluencé.

Tableau 51: Evolution en pourcentage de la SPU/SPU_{QMNA2 désinfluencé} sur la station de la Grande Maine à la Patricière

| Débit | m3/s | CHA | GOU | LOF | VAI | mouille | rive | radier | chenal |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|--------|--------|
| | 0,004 | -49,5 | -13,6 | -33,8 | -23,6 | -12,2 | -11,9 | -25,1 | -50,7 |
| | 0,005 | -45,3 | -12,1 | -30,6 | -21,2 | -10,9 | -10,5 | -22,6 | -46,5 |
| | 0,006 | -41,7 | -10,9 | -27,8 | -19,1 | -9,7 | -9,4 | -20,4 | -42,8 |
| | 0,007 | -38,4 | -9,8 | -25,3 | -17,3 | -8,8 | -8,5 | -18,5 | -39,5 |
| | 0,008 | -35,4 | -8,9 | -23,1 | -15,8 | -8,0 | -7,7 | -16,9 | -36,5 |
| | 0,009 | -32,6 | -8,1 | -21,2 | -14,3 | -7,2 | -6,9 | -15,4 | -33,7 |
| | 0,01 | -30,1 | -7,3 | -19,4 | -13,1 | -6,5 | -6,3 | -14,0 | -31,0 |
| VCN3(5)_des | 0,0135 | -22,2 | -5,2 | -14,0 | -9,3 | -4,6 | -4,4 | -10,1 | -23,0 |
| VCN10(5)_des | 0,0138 | -21,6 | -5,0 | -13,6 | -9,1 | -4,5 | -4,3 | -9,8 | -22,4 |
| QMNA5_Inf | 0,0154 | -18,5 | -4,2 | -11,6 | -7,7 | -3,8 | -3,6 | -8,3 | -19,2 |
| QMNA5_des | 0,0162 | -17,1 | -3,9 | -10,6 | -7,0 | -3,5 | -3,3 | -7,6 | -17,7 |
| VCN3(2)_des | 0,0209 | -9,3 | -2,0 | -5,7 | -3,7 | -1,8 | -1,7 | -4,0 | -9,7 |
| VCN10(2)_des | 0,0218 | -7,9 | -1,7 | -4,8 | -3,2 | -1,5 | -1,4 | -3,4 | -8,3 |
| | 0,025 | -3,4 | -0,7 | -2,0 | -1,3 | -0,6 | -0,6 | -1,4 | -3,6 |
| QMNA2_Inf | 0,0262 | -1,8 | -0,4 | -1,1 | -0,7 | -0,3 | -0,3 | -0,8 | -1,9 |
| SPU à QMNA2_des (m ²) | 0,0276 | 61,6 | 394,7 | 209,4 | 368,7 | 132,1 | 391,7 | 138,1 | 31,5 |
| SAR MIN | 0,03 | 2,9 | 0,6 | 1,8 | 1,1 | 0,5 | 0,5 | 1,2 | 3,1 |
| | 0,035 | 8,6 | 1,7 | 5,1 | 3,2 | 1,6 | 1,4 | 3,5 | 9,1 |
| | 0,04 | 13,8 | 2,7 | 8,0 | 5,1 | 2,4 | 2,2 | 5,5 | 14,5 |
| | 0,045 | 18,5 | 3,5 | 10,6 | 6,7 | 3,2 | 2,9 | 7,3 | 19,6 |

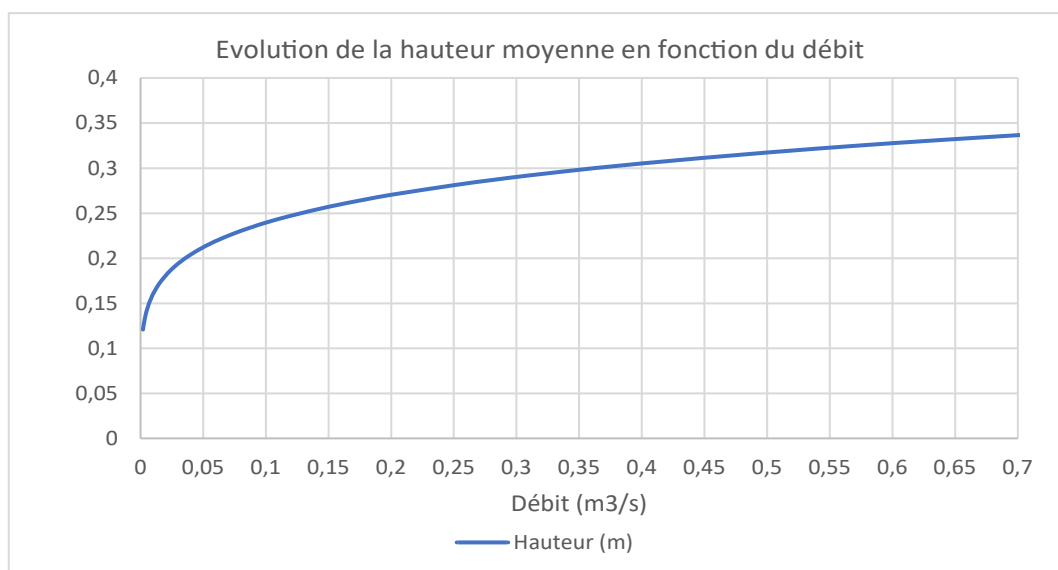


Figure 37: Evolution de la hauteur d'eau moyenne en fonction du débit – Station de la Grande Maine à la Patricière

Pour un débit de 23 l/s, la valeur moyenne estimée de hauteur d'eau à partir d'ESTIMHAB est de 18 cm. Si on considère les données de hauteur d'eau sur les radiers lors de la campagne Estimhab à bas débit (4 cm à 10 l/s). On peut estimer qu'à 23 l/s, la hauteur minimale serait effectivement légèrement supérieure à 5 cm (hauteur limite de franchissabilité pour les différentes espèces).

Le Tableau 52 permet de visualiser le nombre de jours dans l'année où le débit de 23 l/s ne devraient pas être atteint. Celui-ci est mis en comparaison avec d'autres débits caractéristiques.

Tableau 52: Analyse du débit de survie proposé relativement à certains débits caractéristique d'étiage – Station de la Grande Maine à la Patricière

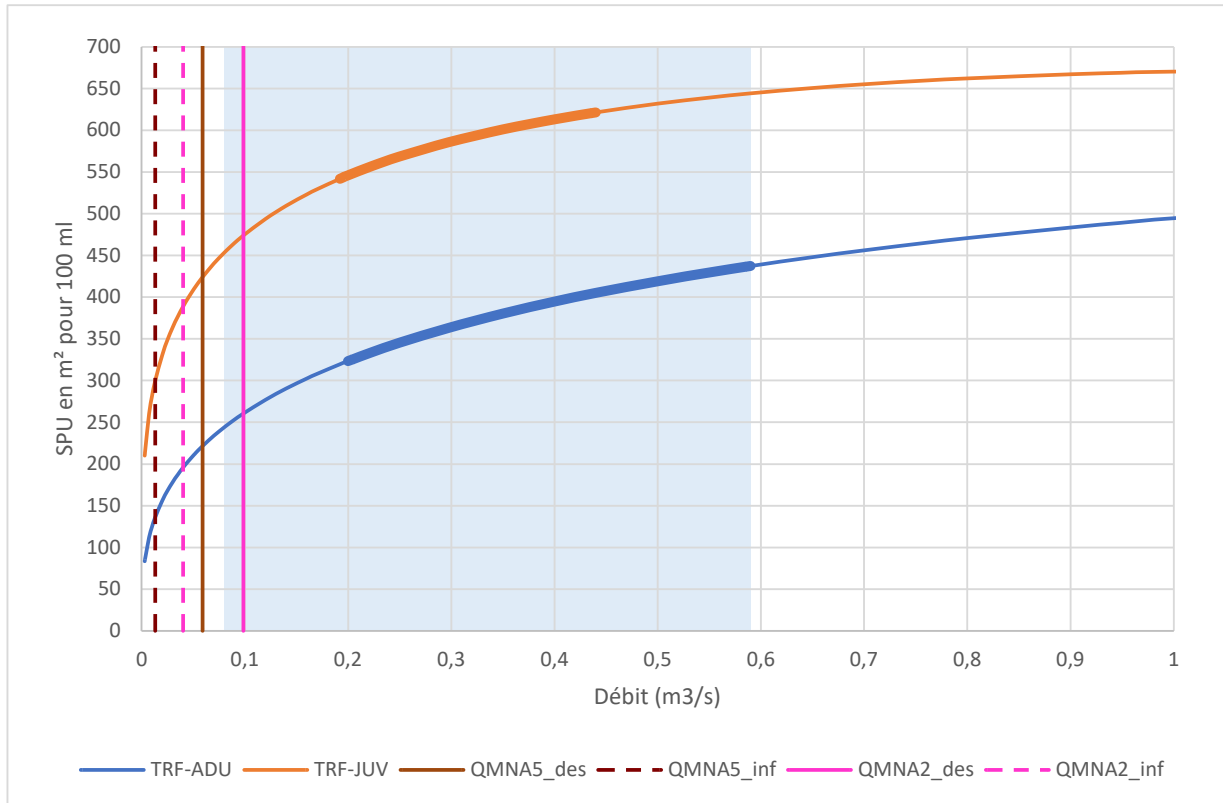
| | | QMNA2_des | QMNA5_des | VCN (10) 5_des | VCN (3) 5_des | Débit de survie | Seuil bas de débit biologique | Seuil haut de débit biologique |
|-----------------------------|--------------|-----------|-----------|-------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Débit | | 27,6 | 16,2 | 13,8 | 13,5 | 23,0 | 90,0 | 200,0 |
| Nb jours de non-dépassement | Désinfluencé | 42 | 11 | 6 | 5 | 29 | 108 | 151 |
| | Influencé | 30 | 16 | 14 | 13 | 23 | 112 | 149 |

Actuellement, en situation influencée, **le débit de survie proposée de 23 l/s** ne devrait pas être atteint, par valeurs inférieures, plus de 23 jours par an en moyenne.

Sur la station de la Grande Maine, le débit de survie est évalué à 23 l/s.

2.6.9 La Sèvre Nantaise à l'Elunière

2.6.9.1 Plage du Seuil d'Accroissement des Risques (SAR)



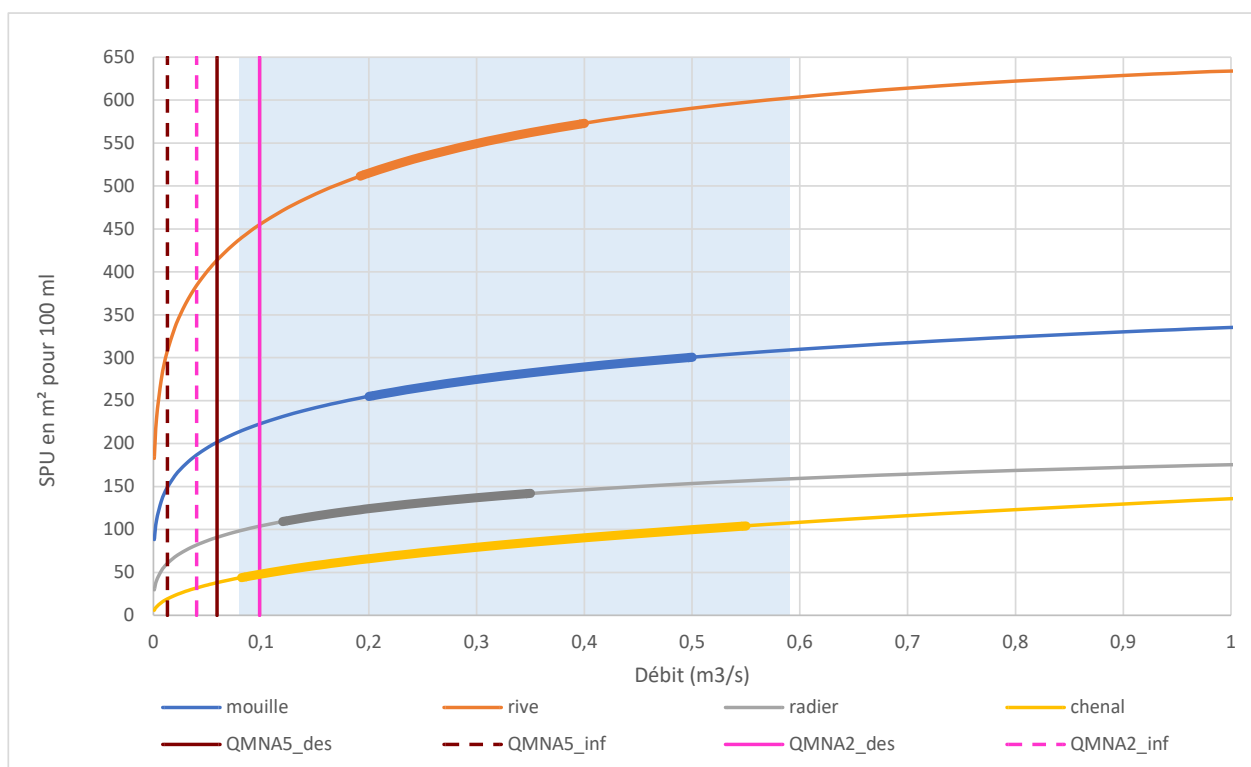


Figure 38: Evolution de la SPU sur la station de la Sèvre Nantaise à l'Elunière

Tableau 53: Plages du SAR sur la Sèvre Nantaise à l'Elunière

| Guilde / espèce | Valeur basse (l/s) | Valeur haute (l/s) |
|-----------------|--------------------|--------------------|
| Chenal | 80 | 550 |
| Radier | 100 | 380 |
| Rive | 180 | 430 |
| TRF_juvenile | 180 | 440 |
| TRF-adulte | 200 | 590 |
| Mouille | 200 | 530 |

La plage observée (en bleu) pour la Sèvre Nantaise se situe entre une valeur basse de 80 l/s et 590 l/s, dans une gamme de débit légèrement supérieure au QMNA5 désinfluencé (59 l/s), le QMNA2 désinfluencé (98 l/s) s'inscrit dans cette gamme. Les valeurs hautes sont souvent très supérieures aux débits de basses eaux, hormis pour la guilde radier (notamment le chabot).

La truite (espèce à enjeu) présente les valeurs de SPU les plus élevées comme la guilde rive, qui regroupe des espèces courantes (goujon, vairon et chevesne).

La guilde chenal présente la valeur basse de seuil la plus faible (80 l/s), suivi de près par la guilde radier (100 l/s), qui regroupe des espèces comme le chabot ou la loche. La truite adulte et la guilde mouille présentent les valeurs basses de seuil les plus élevées avec 200 l/s.

La guildes radier présente la valeur haute la plus faible (380 l/s), suivi de la guildes rive (430 l/s) et de la truite juvénile (440 l/s).

Les guildes chenal, mouille et la truite adulte ont une valeur haute de seuil entre 530 et 590 l/s. Ce qui est normal, compte tenu du fait que ces espèces ou guildes ont une SPU qui augmente constamment avec le débit.

La plage du SAR s'inscrit dans une gamme allant de 80 l/s à 590 l/s.

Ainsi, ces valeurs de SAR pourraient constituer une première gamme de valeurs cible pour la détermination du débit biologique en période de basses eaux pour cette station. Ces valeurs sont ensuite examinées en les resituant dans le contexte hydrologique local, et notamment les caractéristiques d'étiage.

2.6.9.2 Proposition d'une plage de débits biologiques

Pour rappel, l'unité de gestion « Sèvre amont » est largement concernée par des réservoirs biologiques et abrite plusieurs espèces à enjeux (truites fario, écrevisses à pieds blancs, chabot) justifiant de proposer une plage de débits biologiques avec le maintien de ces espèces.

Pour définir le seuil bas de la plage de débit biologique, il est proposé de s'appuyer sur la valeur de la truite fario adulte, soit 200 l/s. Cette valeur qui se situe dans la plage du SAR des autres espèces et guildes étudiées à cette station apparaît de plus proche des seuils bas de débit biologique définis sur les stations aval de la Sèvre Nantaise à Montravers et de la Sèvre Nantaise à Tiffauges.

Pour arrêter le seuil haut, il est possible de constater qu'au-delà d'un débit de 440 l/s la progression de SPU diminue sensiblement pour l'ensemble des espèces et guildes étudiées. Il est donc proposé de retenir cette valeur de 440 l/s comme valeur haute pour la plage de débits biologique en très basses eaux. Cette valeur est très proche du seuil haut en très basses eaux défini sur la station aval de la Sèvre Nantaise à Montravers (400 l/s).

Sur la station de la Sèvre Nantaise à l'Elunière, la plage de débits biologiques pour les basses eaux se situe entre une valeur basse de 200 l/s et une valeur haute de 440 l/s.

2.6.9.3 Evolution du ratio SPU / SPU de référence

Comme indiqué précédemment, la plage de SAR s'inscrit dans une gamme allant de 80 l/s à 590 l/s. Le QMNA5_désinfluencé est légèrement inférieur à cette plage, alors que le QMNA2_désinfluencé (98 l/s) s'inscrit dedans. Le choix de retenir le QMNA5 comme référence n'apparaît pas judicieux pour ce site, car ce débit est éloigné des besoins des espèces cibles considérées.

On s'intéressera donc sur ce site à analyser la plage de débits biologiques pour la valeur de QMNA2 désinfluencé. On s'intéressera prioritairement à la truite présente sur le bassin amont de la Sèvre, et aux guildes mouille et radier.

Tableau 54: Evolution en pourcentage de la SPU/SPU_{QMNA2 désinfluencé} sur la Sèvre Nantaise à l'Elunière

| Débit | m3/s | TRF-ADU | TRF-JUV | mouille | rive | radier | chenal |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 0,001 | -77,7 | -66,1 | -60,4 | -59,8 | -71,2 | -87,8 |
| VCN3(2)inf | 0,003 | -67,9 | -55,7 | -50,4 | -49,7 | -61,1 | -79,8 |
| VCN10(2)_inf | 0,0073 | -56,9 | -45,1 | -40,6 | -39,8 | -50,3 | -69,6 |
| | 0,01 | -52,2 | -40,8 | -36,7 | -35,9 | -45,8 | -64,9 |
| QMNA5_inf | 0,0131 | -47,8 | -36,9 | -33,1 | -32,3 | -41,7 | -60,3 |
| | 0,02 | -40,0 | -30,2 | -27,2 | -26,4 | -34,6 | -51,8 |
| | 0,025 | -35,5 | -26,5 | -23,8 | -23,1 | -30,5 | -46,6 |
| | 0,03 | -31,6 | -23,3 | -21,0 | -20,3 | -27,0 | -41,9 |
| | 0,035 | -28,1 | -20,5 | -18,5 | -17,8 | -23,9 | -37,7 |
| QMNA2_inf | 0,0402 | -24,8 | -17,9 | -16,2 | -15,6 | -21,0 | -33,6 |
| | 0,045 | -22,0 | -15,8 | -14,3 | -13,7 | -18,6 | -30,1 |
| VCN3(5)des | 0,0508 | -18,9 | -13,5 | -12,2 | -11,7 | -16,0 | -26,1 |
| VCN10(5)_des | 0,0524 | -18,1 | -12,9 | -11,7 | -11,2 | -15,3 | -25,0 |
| QMNA5_des | 0,0591 | -14,9 | -10,5 | -9,5 | -9,1 | -12,5 | -20,8 |
| | 0,07 | -10,2 | -7,1 | -6,5 | -6,1 | -8,5 | -14,4 |
| VCN3(2)des | 0,0788 | -6,8 | -4,7 | -4,3 | -4,0 | -5,6 | -9,7 |
| VCN10(2)_des_SAR Min | 0,082 | -5,6 | -3,8 | -3,5 | -3,3 | -4,7 | -8,0 |
| | 0,09 | -2,8 | -1,9 | -1,7 | -1,6 | -2,3 | -4,0 |
| SPU à QMNA2_des (m²) | 0,0985 | 260,4 | 473,8 | 222,7 | 454,7 | 103,8 | 47,9 |
| | 0,12 | 6,3 | 4,2 | 3,9 | 3,6 | 5,2 | 9,4 |
| | 0,14 | 11,5 | 7,5 | 7,0 | 6,5 | 9,4 | 17,4 |
| | 0,16 | 16,1 | 10,4 | 9,8 | 9,0 | 13,2 | 24,7 |
| | 0,17 | 18,3 | 11,7 | 11,1 | 10,2 | 14,9 | 28,2 |
| Septembre_des | 0,192 | 22,7 | 14,4 | 13,6 | 12,5 | 18,4 | 35,5 |
| Seuil Bas Débit Bio | 0,2 | 24,2 | 15,2 | 14,5 | 13,2 | 19,6 | 38,0 |
| Août_des | 0,223 | 28,3 | 17,6 | 16,8 | 15,3 | 22,8 | 45,0 |
| | 0,25 | 32,7 | 20,0 | 19,3 | 17,4 | 26,3 | 52,6 |
| Juillet_des | 0,2976 | 39,5 | 23,6 | 23,2 | 20,7 | 31,6 | 65,1 |
| | 0,35 | 46,0 | 26,9 | 26,8 | 23,6 | 36,6 | 77,7 |
| | 0,4 | 51,5 | 29,4 | 29,8 | 26,0 | 40,8 | 88,7 |
| Seuil Haut Débit Bio | 0,44 | 55,5 | 31,2 | 32,0 | 27,7 | 43,8 | 96,9 |
| | 0,5 | 60,9 | 33,4 | 34,9 | 29,8 | 47,8 | 108,5 |
| | 0,55 | 64,9 | 34,9 | 37,1 | 31,4 | 50,8 | 117,6 |
| SAR_MAX | 0,59 | 67,9 | 36,0 | 38,7 | 32,5 | 53,0 | 124,5 |
| Juin | 0,65 | 72,0 | 37,3 | 40,9 | 33,9 | 56,1 | 134,4 |

Il convient de noter que pour cette station la gamme de débits biologiques proposée notablement supérieure au QMNA5 et proche pour le seuil bas proposé du QMNA2.

Comparativement à la valeur de référence de SPU pour le QMNA2 désinfluencé, le Tableau 54 permet d'observer

- A 200 l/s les SPU des différentes espèces ou guildes sont de très proches de celles obtenues avec les débits moyens mensuels d'août et septembre.
- A 440 l/s, les SPU des guildes mouille et rive, et celle de la truite juvénile sont près de 30 % supérieures à celles observées au QMNA2 désinfluencé. Pour la guildes radier, la progression est de 44 %, 55 % pour la truite adulte et 97 % pour la guildes chenal. Cette valeur de débit est toutefois relativement éloignée des débits caractéristiques d'étiage.

2.6.9.4 Débit de survie

A partir du tableau suivant, on observe une baisse de la SPU de 10% pour la truite et la guildes chenal vis-à-vis du QMNA2, pour un débit de 70 l/s, valeur proche du QMNA5_désinfluencé (59 l/s). Pour les autres compartiments étudiés, nous avons 60 l/s pour le stade truite juvénile et la guildes radier, et 55 l/s pour les guildes rive et mouille.

Tableau 55: Evolution en pourcentage de la SPU/SPU_{QMNA2 désinfluencé} sur la station de la Sèvre Nantaise à l'Elunière

| Débit | m3/s | TRF-ADU | TRF-JUV | mouille | rive | radier | chenal |
|----------------------|--------|---------|---------|---------|-------|--------|--------|
| | 0,001 | -77,7 | -66,1 | -60,4 | -59,8 | -71,2 | -87,8 |
| VCN3(2)inf | 0,003 | -67,9 | -55,7 | -50,4 | -49,7 | -61,1 | -79,8 |
| VCN10(2)_inf | 0,0073 | -56,9 | -45,1 | -40,6 | -39,8 | -50,3 | -69,6 |
| | 0,01 | -52,2 | -40,8 | -36,7 | -35,9 | -45,8 | -64,9 |
| QMNA5_inf | 0,0131 | -47,8 | -36,9 | -33,1 | -32,3 | -41,7 | -60,3 |
| | 0,02 | -40,0 | -30,2 | -27,2 | -26,4 | -34,6 | -51,8 |
| | 0,025 | -35,5 | -26,5 | -23,8 | -23,1 | -30,5 | -46,6 |
| | 0,03 | -31,6 | -23,3 | -21,0 | -20,3 | -27,0 | -41,9 |
| | 0,035 | -28,1 | -20,5 | -18,5 | -17,8 | -23,9 | -37,7 |
| QMNA2_inf | 0,0402 | -24,8 | -17,9 | -16,2 | -15,6 | -21,0 | -33,6 |
| | 0,045 | -22,0 | -15,8 | -14,3 | -13,7 | -18,6 | -30,1 |
| VCN3(5)des | 0,0508 | -18,9 | -13,5 | -12,2 | -11,7 | -16,0 | -26,1 |
| VCN10(5)_des | 0,0524 | -18,1 | -12,9 | -11,7 | -11,2 | -15,3 | -25,0 |
| QMNA5_des | 0,0591 | -14,9 | -10,5 | -9,5 | -9,1 | -12,5 | -20,8 |
| | 0,07 | -10,2 | -7,1 | -6,5 | -6,1 | -8,5 | -14,4 |
| VCN3(2)des | 0,0788 | -6,8 | -4,7 | -4,3 | -4,0 | -5,6 | -9,7 |
| VCN10(2)_des_SAR Min | 0,082 | -5,6 | -3,8 | -3,5 | -3,3 | -4,7 | -8,0 |
| | 0,09 | -2,8 | -1,9 | -1,7 | -1,6 | -2,3 | -4,0 |
| SPU à QMNA2_des (m²) | 0,0985 | 260,4 | 473,8 | 222,7 | 454,7 | 103,8 | 47,9 |
| | 0,12 | 6,3 | 4,2 | 3,9 | 3,6 | 5,2 | 9,4 |

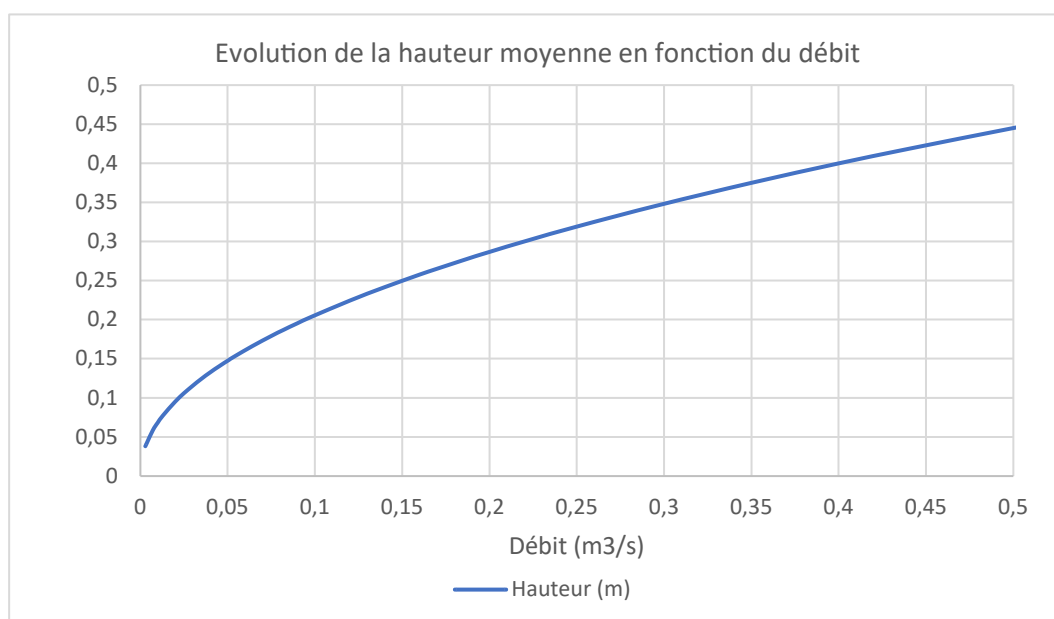


Figure 39: Evolution de la hauteur d'eau moyenne en fonction du débit – Station de la Sèvre Nantaise à l'Elunière

Pour un débit de 70 l/s, la valeur moyenne estimée de hauteur d'eau à partir d'ESTIMHAB est de 17 cm. Si on considère les données de hauteur d'eau sur les radiers lors de la campagne Estimhab à bas débit (8 cm à 51 l/s). On peut estimer qu'à 70 l/s, la hauteur minimale serait proche des 10 cm, limite de la franchissabilité pour les différentes espèces.

Le Tableau 56 permet de visualiser le nombre de jours dans l'année où le débit de 70 l/s ne devraient pas être atteint. Celui-ci est mis en comparaison avec d'autres débits caractéristiques.

Tableau 56: Analyse du débit de survie proposé relativement à certains débits caractéristique d'étiage – Station de la Sèvre Nantaise à l'Elunière

| | | QMNA2_des | QMNA5_des | VCN (10) 5_des | VCN (3) 5_des | Débit de survie | Seuil bas de débit biologique | Seuil haut de débit biologique |
|-----------------------------|------------------|-----------|-----------|-------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Nb jours de non-dépassement | Débit | 98,5 | 59,1 | 52,4 | 50,8 | 70,0 | 200,0 | 440,0 |
| | Désinfluencé | 47 | 11 | 6 | 5 | 22 | 94 | 144 |
| | Influencé | 90 | 64 | 57 | 55 | 73 | 117 | 160 |

Actuellement, en situation influencée, le débit de survie proposée de 70 l/s ne devrait pas être atteint, par valeurs inférieures, plus de 73 jours par an en moyenne.

Sur la Sèvre Nantaise à l'Elunière, le débit de survie est évalué à 70 l/s.

2.7 Évaluation des débits biologiques hors période de très basses eaux et synthèse par station

2.7.1 Protocole d'analyse

La méthode porte sur l'établissement de valeurs ou plages de débits biologiques complémentaires à celles définies pour la période de très basses eaux. Elle concerne plus spécifiquement la période printanière (avril à mai) et automnale (octobre et novembre), étant entendu que les débits biologiques concernant la période d'étiage (juin à septembre) sont définis à l'aide d'ESTIMHAB.

La mission a consisté à évaluer la connectivité au niveau du lit mineur (Lit_Min) et des annexes hydrauliques (Annexe_Hydrau).

2.7.1.1 Connectivité au sein du lit mineur

2.7.1.1.1 Protocole

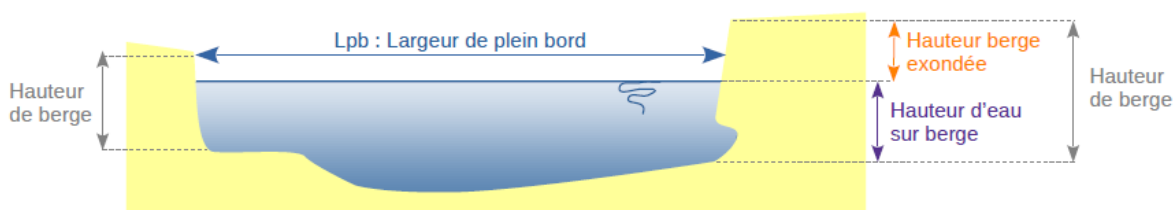
La mission a consisté à évaluer la connectivité du lit mineur sur 2 séquences de 50 m ou $7 * L_{pb}$ (L_{pb} : Largeur plein bord).

Chacune de ces séquences a été positionnée après une démarche de pré-localisation, incluant une expertise de terrain. Par souci de cohérence hydrologique, il a notamment été cherché à contenir ces linéaires d'investigations dans un contexte de débit proche de celui correspondant aux stations d'évaluation des débits biologiques ESTIMHAB.

Le rapport de la mission SELECT – Définition des sites de mesures est disponible dans le rapport de phase 2 de l'étude HMUC.

Sur ces séquences ont été évalués :

- La hauteur d'eau en berges et au niveau des sous berges ;
- La hauteur d'eau au niveau de la tête des radiers ou des plats courants ;
- L'évaluation du linéaire de sous berges ;
- L'évaluation du linéaire de système racinaire ;
- L'évaluation du nombre de gros bois et blocs.



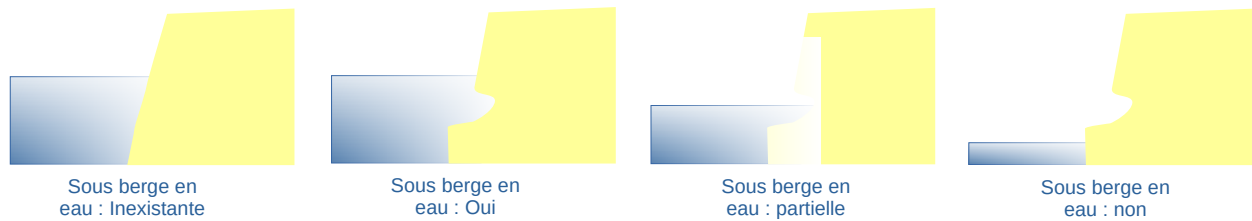


Figure 40: Schémas de quelques paramètres relevés dans le cadre de l'analyse de la connectivité du lit mineur

2.7.1.1.2 Traitement

Sur ces tronçons, il est évalué le nombre d'habitats (blocs, sous berge, bois, système racinaire ...) présents, et leur évolution en fonction du débit.

A partir des données récoltées on obtient :

- La hauteur moyenne de sous-berge hors d'eau, ou non utilisée, lorsque la sous-berge est partiellement en eau (B1)
- Un taux d'occupation moyen de ces sous-berge en eau (B2) ;
- Une longueur de sous-berge occupée (B3) et le pourcentage de sous-berge en eau (B4);
- Une longueur et le pourcentage de système racinaire en eau ;
- Le nombre de grosses pierres et bois sur la station.

De ces données on estime :

- Un pourcentage total d'occupation de ces sous-berge (B2*B4) ;
- Le pourcentage de système racinaire en eau ;
- le nombre de grosses pierres et bois pour 100 m²

Les données sont évaluées à l'aide de la grille de qualité suivante :

| | |
|--------|-----------|
| Bon | 61 à 100% |
| Moyen | 21 à 60% |
| Faible | 1 à 20% |
| Nul | 0 |

| | Débit (l/s) | Berge1 | Berge2 | Berge3 (*) | Berge4 | Habitat 1 | Habitat 2 | | | | | Habitat 3 | | | |
|----------------------|-------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------------------------|------------------------------|--------------------------|------|
| | | Hauteur sous berge non utilisée (cm) | Taux occupation sous-berge en eau (%) | Longueur sous-berge en eau (*) | % linéaire sous-berge en eau (B3/Ltot) | % total sous-berge en eau (B2*B4) | Long. système racinaire (*) | % système racinaire | Nbr pierres grossières (>128 mm) (*) | Nbr gros bois (>10cm) (*) | Nbr petit bois (*) | Nbr (Bois + pierre) pour 100 m ² | hauteur d'eau faciès courant | végétation aquatique (%) | |
| Sanguèze - Connec1 | C1 | 1860 | 0 | 100 | 16,5 | 14,7 | 14,7 | 16 | 14 | 33 | 23 | 52 | 33,0 | Plat courant | 1 |
| | C2 | 117 | 4 | 93 | 16,5 | 14,7 | 13,7 | 16 | 14 | 10 | 23 | 52 | 31,4 | Radier (10 cm) | 1 |
| | Variation | | 4 | -7% | 0% | 0,0 | -7% | 0% | 0% | -70% | 0% | 0% | -5% | | |
| Sanguèze - Connec2 | C1 | 1860 | 0 | 100 | 19 | 17,0 | 17,0 | 36 | 32 | 25 | 5 | 39 | 21,1 | Radier (45 cm) | 0 |
| | C2 | 117 | 0 | 100 | 19 | 17,0 | 17,0 | 36 | 32 | 25 | 3 | 28 | 20,7 | Radier (10 cm) | 0 |
| | Variation | | 0 | 0% | 0% | 0,0 | 0% | 0% | 0% | 0% | -40% | -28% | -2% | | |
| Moyenne C1 | | 0,0 | 100,0 | 17,8 | 15,8 | 15,8 | 26 | 23,2 | 29 | 14 | 46 | 27 | 22,0 | | 1 |
| Moyenne C2 | | 2,0 | 96,5 | 17,8 | 15,8 | 15,3 | 26 | 23,2 | 18 | 13 | 40 | 26 | 21,5 | | 1 |
| Ecart entre C1 et C2 | | 2,0 | -3,5% | | 0,0% | -3,3% | | 0,0% | -39,7% | -7,1% | -12,1% | -3,7% | Perte d'habitats -2,3% | | 0,0% |

(*) si lors de la prospection à C1 (débit moyen) la valeur est inférieure à celle de C2 (débit faible), la valeur de la campagne C2 est reportée dans la campagne C1.

Figure 41: Exemple de grille d'analyse pour les habitats du lit

La difficulté rencontrée lors de cette prospection, et qu'un certain nombre d'habitats ne sont pas ou peu observables à débit moyen. Pour l'analyse, si on constate que les valeurs observées lors de la campagne à haut débit (C1) sont plus faibles que lors de la campagne à bas débit (C2), il a été décidé de mettre la même valeur à C1 et C2, considérant que les habitats visualisés lors de campagne C2 étaient toujours présents bien que non observables dans les conditions de débits de la campagne C1.

On cherche à quantifier la perte d'habitats moyenne selon les différents items étudiés : sous berge, longueur de système racinaire, nombre de gros bois, petits bois et blocs.

En évaluant la hauteur de sous berge non utilisée, donc une perte d'habitat potentielle, et à l'aide d'Estimhab, on peut estimer une élévation de hauteur d'eau suffisante, pour que les sous berge soient potentiellement totalement en eau. Cette méthode n'est toutefois possible qu'au droit des linéaires se superposant aux stations « ESTIMHAB », en rappelant qu'ESTIMHAB ne réalise pas une simulation hydraulique mais s'appuie sur une approche statistique.

2.7.1.1.3 Franchissabilité des radiers

La franchissabilité des radiers est également analysée à l'aide de la hauteur d'eau observée au niveau des radiers ou plats courant lors des campagnes Lit_Min.

L'analyse de cette franchissabilité est mise en relation avec les capacités des poissons issues des grilles du guide *Information sur la continuité écologique* (ONEMA, 2014), ainsi que des hauteurs d'eau et vitesses estimées à l'aide d'Estimhab.

Tableau 57: Hauteur d'eau et vitesse limitante (source : Guide « Information sur la continuité écologique », ONEMA, 2014)

| Données ICE | TRF-ADU | TRF-JUV | BAF | CHA | GOU | LOF | VAI |
|-------------------------------|---------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Hauteur limitante (cm) | 10 | 5 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Vitesse sprint minimale (m/s) | 3 | 2,5 | 2,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1 |

2.7.1.1.4 Décolmatage des radiers

Il est établi que le colmatage des cours d'eau a un impact notable sur la faune piscicole et plus globalement sur les peuplements biologiques des cours d'eau.

Pour les stations concernées par la mission Estimhab réalisée par Hydro Concept, il a été évalué le débit à partir duquel le décolmatage des radiers à l'aide de variables hydrauliques (pente, débit, rayon hydraulique, diamètre médian du substrat : D50) est réalisé. Ce débit de décolmatage pourra être utilisé comme valeur guide pour définir un plage de débits biologiques en moyennes et hautes eaux.

Pour cela nous avons calculé la **contrainte de cisaillement additionnelle (Θ)** indiquée dans la publication suivante : *Le colmatage minéral du lit des cours d'eau : revue bibliographique des mécanismes et des conséquences sur les habitats et les peuplements de macroinvertébrés*, S. GAYRAUD, E. HÉROUIN, M. PHILIPPE (2001).

$$\theta = RS / [d50 (G_s - 1)]$$

Où R est le rayon hydraulique de la section de mesure (m), S la pente de la ligne d'énergie (m/m), d50 (m) est le diamètre médian des matériaux du lit, G_s est la densité des matériaux (kg/m³).

Le D50 est issu des données existantes dans la base de données nationale « CARHYCE ». Les valeurs de la contrainte de cisaillement peuvent être analysées de la manière suivante (Figure 42) :

| | |
|---------------|--------------------------------------------------------------|
| < 0,056 | Phase de colmatage des interstices (absence de débit solide) |
| 0,056 à 0,072 | Nettoyage de la couche d'armure |
| 0,072 à 0,078 | Départ des particules fines |
| > 0,078 | Destruction de l'armure (transport par dune en suspension) |

Figure 42: Grille d'analyse de la contrainte de cisaillement

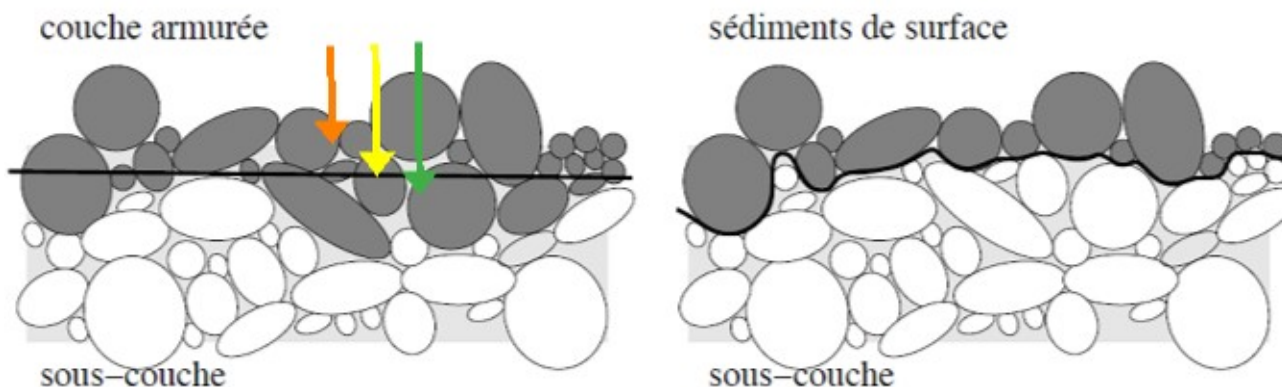


Figure 43: Différenciation de la couche d'armure de la couche de surface (Guide technique pour la mesure et la modélisation du transport solide, OFB, INRAE)

Dans le cadre de cette étude, les données CARHYCE étaient absentes pour certaines rivières, ou trop éloignées des sites Estimhab. Il a ainsi été préféré une approche reposant sur deux diamètres de substrat :

- La limite de **20 mm** (graviers), substrat favorable aux espèces lithophiles, comme la truite. La valeur de débit obtenue pour **la destruction** de cette plage de granulats, nous permettra de définir la **valeur basse de la plage de débits biologiques en moyennes et hautes eaux** ;
- La limite de **50 mm** (cailloux), qui est proche de la moyenne des D50 observées sur les stations CARHYCE du bassin de la Sèvre Nantaise (48 mm). Ce substrat est également favorable aux espèces lithophiles, comme le chabot. La valeur de débit obtenue pour le **nettoyage de la couche d'armure**, nous permettra de définir la **valeur haute de la plage de débits biologiques en moyennes et hautes eaux**. Cette approche conduit à proposer des débits s'apparentant plus à des débits de petites crues journalières traduisant le besoin de régénération / nettoyage des habitats aquatiques. Les valeurs obtenues peuvent ainsi être assez éloignées de l'hydrologie moyenne hors période de basses eaux et sont données à titre indicatif.

2.7.1.2 Connectivité du cours d'eau avec ses annexes hydrauliques

2.7.1.2.1 Protocole

La méthode a consisté à identifier les annexes potentielles sur la zone d'étude : fossé, affluents, bras morts, banquettes... Et de réaliser des relevés des hauteurs d'eau, du dénivelé au niveau des annexes, et de leur accessibilité vis-à-vis du cours d'eau, et ceci à différents débits.

Deux types d'annexes ont été observées : des annexes linéaires (fossés, ruisseaux ...) et des annexes surfaciques (bras mort, banquettes).

2.7.1.2.2 Traitement

2.7.1.2.2.1 Annexe linéaire

La connectivité des annexes linéaires a été évaluée à l'aide des relevés de hauteur au niveau des annexes, de la pente estimée au niveau de l'entrée de l'annexe (entre le pied de berge et le haut de berge). Pour cela, on utilise les capacités de franchissement indiquées pour les classes de l'ICE (Information sur la Continuité Écologique).

Pour chaque débit et espèce étudiée, on évalue la capacité de franchissement à l'aide de la grille suivante.

| | | Connectivité | | | | | |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------------------------|-------------------------|----------------------------|--|
| | | NC | | | | | |
| | | | Non concerné | | | | |
| | | | Non assurée | | | | |
| | | | Fortement réduite | | | | |
| | | | Modérément réduite | | | | |
| | | | Assurée | | | | |
| | | | | Sanguèze - Annexe 1 | | Sanguèze - Annexe 2 | |
| | Campagne | | C1 | C2 | C1 | C2 | |
| | Date relevé : | | 29/03/2023 | 30/05/2023 | 29/03/2023 | 30/05/2023 | |
| | Débit mesuré (l/s) : | | 1860 | 117 | 1860 | 117 | |
| Connectivité aux annexes hydrauliques | Type annexe hydraulique | Afluent temporaire | | Afluent temporaire | | | |
| | Description annexe | largeur en eau 0,5 m | | Fourré alluvial, avec hélrophytes | | | |
| | Commentaires | Faible potentiel | Assec | Faible potentiel, hormis pour amphibiens | | | |
| | A: Cote fond cours d'eau (cm) | 0 | | 0 | 0 | | |
| | B: Cote entrée annexe (cm) | 37 | | 20 | 40 | | |
| | C: Cote ligne d'eau cours d'eau (cm) | 41 | | 25 | 15 | | |
| | D: Cote ligne d'eau aval annexe (cm) | 41 | | 25 | 42 | | |
| | E: hauteur d'eau entrée annexe (D-B) en cm | 4 | | 5 | 2 | | |
| | F: Distance entre annexe et cours d'eau (cm) | 0 | | 50 | 50 | | |
| | G: Pente (%) | | | 0% | 54% | | |
| H: Dénivelé (cm) | 0 | | 0 | 27 | | | |
| | Connexion annexe (Hors d'eau Partiellement en eau Totalement en eau) | Partiellement en eau | Hors d'eau | Partiellement en eau | Partiellement en eau | | |
| Espèces et tirant d'eau minimal (ICE) | BAF 10 | NC | NC | NC | NC | | |
| | TRF 5 | NC | NC | NC | NC | | |
| | CHA, LOF, GOU 5 | | | | | | |
| | VAI 5 | | | | | | |
| | BRO 15 | NC | NC | NC | NC | | |
| | ANG 2 | | | | | | |

Tableau 58: Exemple de grille d'analyse pour la connectivité d'une annexe linéaire

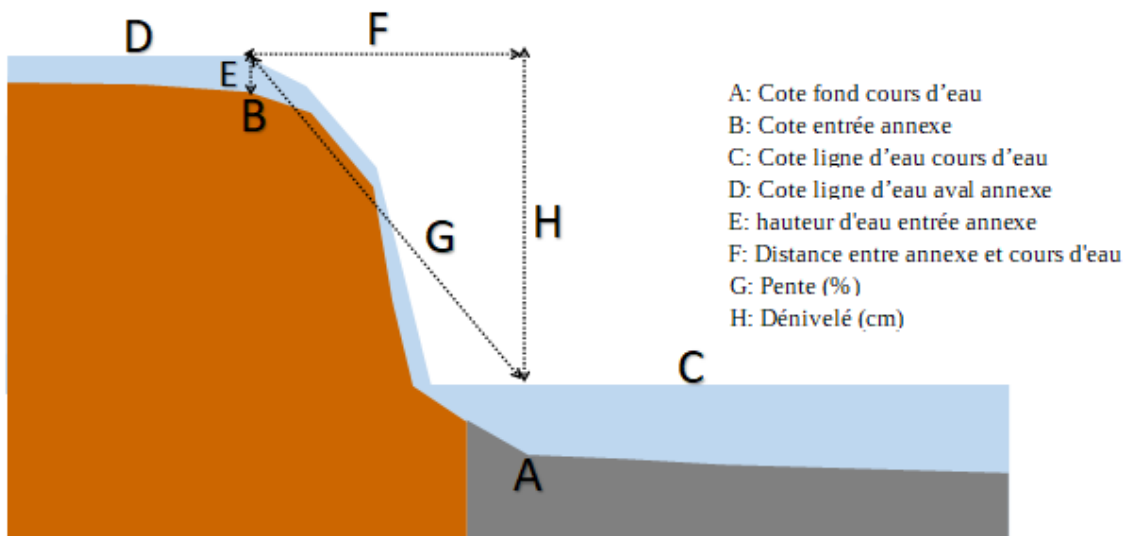


Figure 44: Schéma type de la connectivité d'une annexe linéaire (Hydro Concept, 2023)

2.7.1.2.2 Annexes surfaciques

La connectivité des annexes surfaciques a été évaluée à l'aide des relevés de hauteur au niveau de l'entrée de l'annexe. La surface en eau des annexes a été évaluée à l'aide d'un drone.

L'objectif étant d'évaluer les zones favorables au brochet pour sa reproduction, avec une hauteur d'eau de 30 à 100 cm, sur une zone d'hélophytes ou de graminées, avec une faible vitesse d'écoulement.

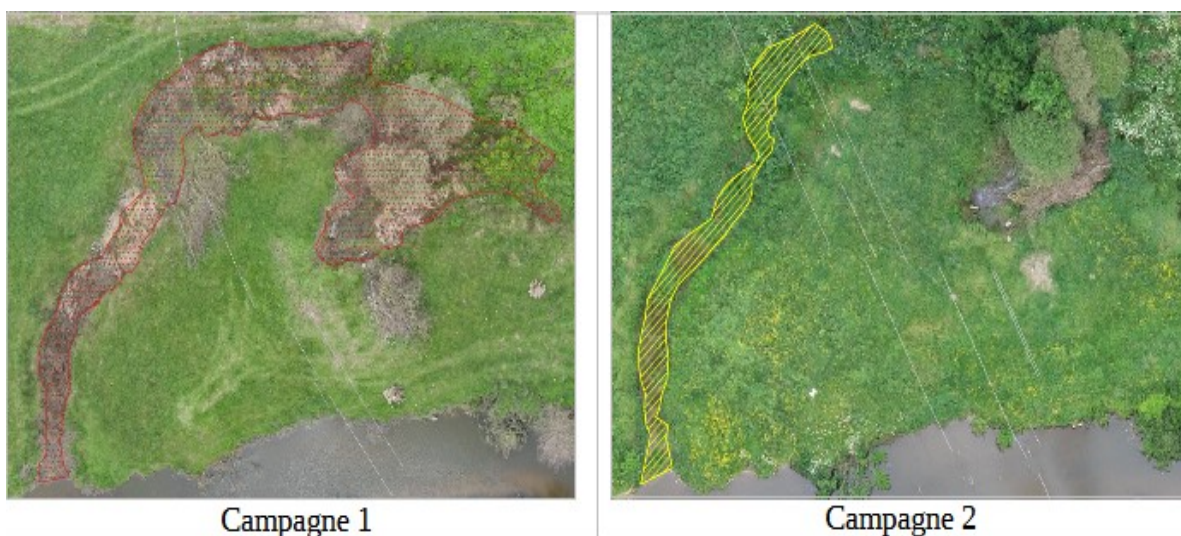


Figure 45: Ortho photos réalisées par drone sur l'Ouin_Annexe05 (Hydro Concept 2023)

| | | Ouin - Annexe 4 | | Ouin - Annexe 5 | |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------|
| Campagne | | C1 | C2 | C1 | C2 |
| Date relevé : | | 30/3/23 | 23/5/23 | 30/3/23 | 23/5/23 |
| Débit mesuré dans le cours d'eau (l/s) : | | 1040 | 167 | 1040 | 167 |
| Descriptif annexes hydrauliques | Type annexe hydraulique | Bras mort colonisé par joncs, saules et hélophytes | | Bras mort colonisé par joncs, saules et hélophytes | |
| | Surface (m²) | 407,3 | 298,6 | 438,6 | 83,6 |
| | Evolution de la surface de l'annexe (%) | | -27% | | -81% |
| | Commentaires | Faible potentiel brochet, zone favorable aux batraciens et certains oiseaux | | Faible potentiel brochet, zone favorable aux batraciens et certains oiseaux | |
| | A: Cote fond cours d'eau (cm) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | B: Cote entrée annexe (cm) | 75 | 70 | 55 | 55 |
| | C: Cote ligne d'eau cours d'eau (cm) | 65 | 25 | 65 | 35 |
| | C1- C2 | | 40 | | 30 |
| | D: Cote ligne d'eau aval annexe (cm) | 65 | 55 | 65 | 37 |
| | E: hauteur d'eau entrée annexe (D-B) en cm | -10 | -15 | 10 | -18 |
| H: Dénivelé (cm) (D-C) | 0 | 30 | 0 | 2 | |
| Connexion annexe (Hors d'eau Partiellement en eau Totalement en eau) | Hors d'eau | Hors d'eau | Totalement en eau | Partiellement en eau | |
| Espèces et tirant d'eau minimal (ICE) | | Connectivité | | Connectivité | |
| | BRO 0,15 | | | | |
| | ANG 0,02 | | | | |

Tableau 59: Exemple de grille d'analyse pour la connectivité d'une annexe surfacique (Hydro Concept, 2023)

2.7.1.3 Choix des débits de connectivité

Pour les autres gammes de débits étudiés, la connectivité est évaluée de **manière graduelle à dire d'expert**, en s'aidant des variations de niveau d'eau moyen à l'aide des courbes Estimhab (Figure 31).

Pour l'analyse finale de la connectivité, on distingue la connectivité pour l'anguille, pour le brochet et pour les autres espèces, et ceci pour chaque débit étudié et chaque annexe.

Si plusieurs annexes sont existantes, on retient la moyenne des connectivités observées. En retenant la moyenne de connectivité à chaque annexe (évaluée comme suit : Rouge = 1 | Orange = 2 | Jaune = 3 | Vert = 4) et permettant d'aboutir au classement final moyen (Rouge < 1,5 < Orange < 2,5 < Jaune < 3,5 < Vert)

| Ouin | | janv. | févr | mars | avr | mai | juin | juil | août | sept | oct | nov | déc |
|--------------------------|----------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|--------|
| Débit désinfluencé (l/s) | | 1644,4 | 1487,7 | 1055,5 | 548,7 | 437,4 | 304,7 | 127,5 | 92,8 | 90,9 | 317,6 | 884,3 | 1609,3 |
| BRO | Annexe 4 | | | | | | | | | | | | |
| | Annexe 5 | | | | | | | | | | | | |
| ANG | Annexe 4 | | | | | | | | | | | | |
| | Annexe 5 | | | | | | | | | | | | |
| | Annexe 1 | | | | | | | | | | | | |
| | Annexe 2 | | | | | | | | | | | | |
| | Annexe 3 | | | | | | | | | | | | |
| Connectivité | Autres espèces | | | | | | | | | | | | |
| | Anguilles | | | | | | | | | | | | |
| | Brochet | | | | | | | | | | | | |
| | Lit-Min | | | | | | | | | | | | |
| | Des radiers | | | | | | | | | | | | |

Tableau 60: Exemple de tableau d'analyse pour la connectivité (Hydro Concept, 2023)

À partir de ces tableaux, on évalue une plage de débit pour la connectivité, avec un seuil haut et un seuil bas. Les seuils seront définis de la manière suivante :

- Valeur basse du seuil (valeur haute de débit qui n'assure pas ou réduit très fortement la connectivité, classes orange ou rouge) ;
- Valeur haute du seuil (valeur basse de débit qui assure ou réduit modérément la connectivité, classes verte et jaune).

2.7.2 Conditions de prospection

Les tableaux suivants permettent d'observer les conditions de débits rencontrées lors des deux campagnes de connectivité. L'objectif était d'être proche du module et du Q50

Tableau 61: hydrologie observée lors des expertises de terrain en lien avec l'approche « connectivité »

| UG | Sites étudiés | Débit (l/s) désinfluencé | | Conditions rencontrées | | | | C1/C2 | |
|--------------------|------------------------------|--------------------------|------|------------------------|-----------|----------------|--------|-------|---------------|
| | | Module | Q50 | Connec 1 (module) | | Connec 2 (Q50) | | | |
| | | | | Débit (l/s) | C1/module | Débit (l/s) | C2/Q50 | | |
| UG Sèvre amont | Sèvre Nantaise à Montravers | 4453 | 2058 | 5910 | 1,3 | 1185 | 0,6 | 4,98 | 29/03/2023 |
| UG Sèvre moyenne 1 | Sèvre Nantaise à Tiffauges | 8797 | 4087 | 12200 | 1,4 | 1440 | 0,4 | 8,47 | 30-mars |
| UG Maine | Grande Maine au Pont Léger * | 1751 | 489 | 1400 | 0,8 | 153 | 0,3 | 9,14 | 06/04/2023 |
| UG Petite Maine | Petite Maine à Fromage | 1579 | 375 | 1800 | 1,1 | 154 | 0,4 | 11,68 | 22 et 23/5/23 |
| UG Maine | Maine à Aigrefeuille * | 5654 | 1549 | 3900 | 0,7 | 332 | 0,2 | 11,74 | 25/05/2023 |
| UG Moine 2 | Moine à Cholet ** | 995 | 296 | 1520 | 1,5 | 507 | 1,7 | 2,99 | 30/05/2023 |
| UG Moine 2 | Moine à Saint-Crespin ** | 2612 | 865 | 2680 | 1,0 | 1150 | 1,3 | 2,33 | 12/06/2023 |
| UG Sèvre amont | Sèvre Nantaise à l'Elunière | 1726 | 699 | 2200 | 1,3 | 422 | 0,6 | 3,08 | |
| UG Grande Maine | Grande Maine à la Patricière | 1237 | 348 | 2070 | 1,7 | 220 | 0,6 | 9,41 | |
| UG Ouin | Ouin à la Basse Gelousière | 714 | 299 | 1040 | 1,5 | 167 | 0,6 | 9,56 | |
| UG Sanguèze | Sanguèze à Mouzillon | 1158 | 258 | 1860 | 1,6 | 117 | 0,5 | 15,84 | |
| UG Moine 1 | Le Trézou à l'Herboutière | 269 | 46 | 368 | 1,4 | 47 | 1,0 | 7,84 | |

(*) site sous influence du barrage de la Bultière

(**) site sous influence des barrages de Ribou et du Verdon

Lors de la campagne « Connec 1 », les sites ont été prospectés avec une valeur de débit qui oscillait entre 0,7 et 1,7 fois le module. Pour la campagne « Connec 2 », les valeurs de débits oscillaient entre 0,2 et 1,7 fois le débit médian.

2.7.3 Débits biologiques hors période de basses eaux

Les débits biologiques proposés ci-après hors période de basses eaux sont donnés à titre **indicatif**. Dans le cadre de la suite de l'étude, ils pourront être exploités pour éclairer l'approche d'évaluation des débits seuils de prélèvements hors période de basses eaux selon les préconisations du SDAGE Loire Bretagne (voir partie 2.4).

Par ailleurs, toutes les méthodologies utiles à la proposition de débits biologiques hors période de basses eaux n'ont pu être systématiquement déployée sur toutes les stations.

En effet, l'étude des débits propices au décolmatage des fonds n'a pu être mis en œuvre sur les stations issues de l'étude « volumes prélevables » de 2012, faute de relevés de terrain à l'époque permettant de réaliser les calculs afférents.

L'analyse de la connectivité des annexes surfaciques n'a également pu être conduite sur l'intégralité des stations faute d'annexes effectivement présentes. L'absence de telles annexes peut en partie être reliée à des dysfonctionnement d'ordre hydromorphologique, certaines opérations historiques de recalibrage et de rectification de cours d'eau ayant pu contribuer à fortement altérer les connexions entre lit mineur et lit majeur.

Le Tableau 62 présente une synthèse des méthodologies déployées pour la définition des débits biologiques hors périodes de basses eaux. Plus le nombre de méthodologies déployées est important plus la profondeur d'expertise adossée aux valeurs proposées est importante.

Tableau 62: Méthodologies déployées pour la définition des débits biologiques hors périodes de basses eaux

| Stations débits bio concernées | Approche « Décolmatage » | Approche « Annexes surfaciques » | Approche « Annexes linéaires » |
|--------------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Sèvre Nantaise à l'Elunière | X | X | |
| Sèvre Nantaise à Montravers | | X | X |
| Ouin à la Basse Gelousière | X | X | X |
| Sèvre Nantaise à Tiffauges | | | X |
| Sèvre Nantaise à Angreviers | | | |
| Le Trézon à l'Herboutière | X | | X |
| Moine à Cholet | | | X |
| Moine à Saint-Crespin | | X | X |
| Sanguèze à Mouzillon | X | | X |
| Grande Maine à la Patricière | X | | X |
| Grande Maine au Pont Léger | | | X |
| Petite Maine à Fromage | | | X |
| Maine à Aigrefeuille | | | X |

2.7.4 La Sanguèze à Mouzillon

2.7.4.1 Localisation des sites

La Figure 46 permet de localiser les sites concernés par l'approche « connectivité » (En bleu : linéaire « ESTIMHAB », en rouge : linéaire de connectivité « lit mineur », en vert : annexes hydrauliques).

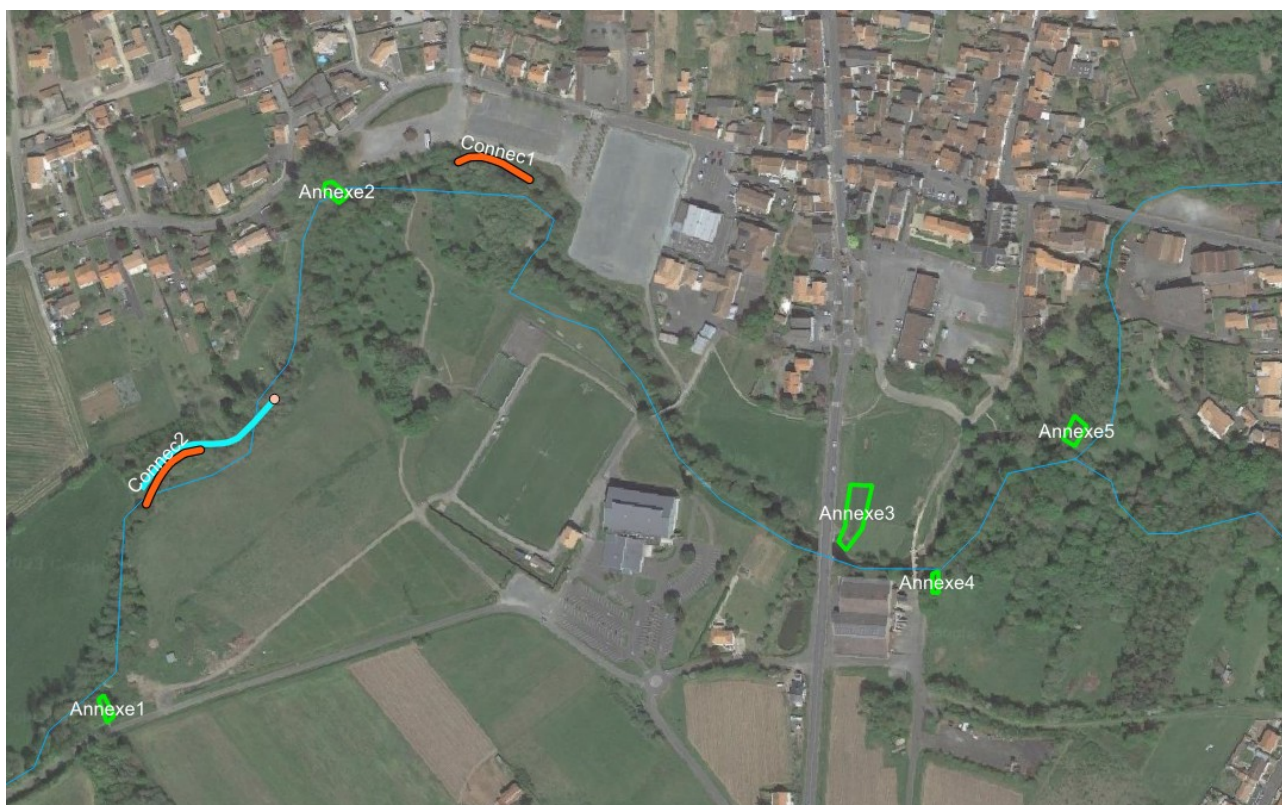


Figure 46: Localisation des sites sur la Sanguèze à Mouzillon (Hydro Concept 2023)

2.7.4.2 Connectivité au sein du lit mineur

2.7.4.2.1 Habitat

| | | Débit (l/s) | Berge1 | Berge2 | Berge3 (*) | Berge4 | Habitat 1 | | | | | | Habitat 2 | | | | Habitat 3 | | |
|----------------------|-----------|-------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------------------------|------------------------------|--------------------------|------|-----------|--|--|
| | | | Hauteur sous berge non utilisée (cm) | Taux occupation sous-berge en eau (%) | Longueur sous-berge en eau (*) | % linéaire sous berge en eau (B3/Ltot) | % total sous berge en eau (B2*B4) | Long. système racinaire (*) | % système racinaire | Nbr pierres grossières (>128 mm) (*) | Nbr gros bois (>10cm) (*) | Nbr petit bois (*) | Nbr (Bois + pierre) pour 100 m ² | hauteur d'eau faciès courant | végétation aquatique (%) | | | | |
| Sanguèze - Connec1 | C1 | 1860 | 0 | 100 | 16,5 | 14,7 | 14,7 | 16 | 14 | 33 | 23 | 52 | 33,0 | Plat courant | 1 | | | | |
| | C2 | 117 | 4 | 93 | 16,5 | 14,7 | 13,7 | 16 | 14 | 10 | 23 | 52 | 31,4 | Radier (10 cm) | 1 | | | | |
| | Variation | | 4 | -7% | 0% | 0,0 | -7% | 0% | 0% | -70% | 0% | 0% | -5% | | | | | | |
| Sanguèze - Connec2 | C1 | 1860 | 0 | 100 | 19 | 17,0 | 17,0 | 36 | 32 | 25 | 5 | 39 | 21,1 | Radier (45 cm) | 0 | | | | |
| | C2 | 117 | 0 | 100 | 19 | 17,0 | 17,0 | 36 | 32 | 25 | 3 | 28 | 20,7 | Radier (10 cm) | 0 | | | | |
| | Variation | | 0 | 0% | 0% | 0,0 | 0% | 0% | 0% | 0% | -40% | -28% | -2% | | | | | | |
| Moyenne C1 | | | 0,0 | 100,0 | 17,8 | 15,8 | 15,8 | 26 | 23,2 | 29 | 14 | 46 | 27 | 22,0 | 1 | | | | |
| Moyenne C2 | | | 2,0 | 96,5 | 17,8 | 15,8 | 15,3 | 26 | 23,2 | 18 | 13 | 40 | 26 | 21,5 | 1 | | | | |
| Ecart entre C1 et C2 | | | 2,0 | -3,5% | | 0,0% | -3,3% | | 0,0% | -39,7% | -7,1% | -12,1% | -3,7% | Perte d'habitats | -2,3% | 0,0% | | | |

(*) si lors de la prospection à C1 (débit moyen) la valeur est inférieure à celle de C2 (débit faible), la valeur de la campagne C2 est reportée dans la campagne C1.

Figure 47: Analyse de la connectivité des habitats au sein du lit mineur – Station de la Sanguèze à Mouzillon

Entre les deux campagnes on observe une faible perte d'habitats moyenne (-2,3%) sur les deux sites.

Le croisement des observations de terrain et des résultats produits par ESTIMHAB suggère qu'un taux de berge en eau proche de 100 % correspond à un débit du cours d'eau de 170 l/s.

2.7.4.2.2 Franchissabilité des radiers

Les hauteurs d'eau observées sur les radiers ou plats courants lors des expertises de terrain des missions Connec au sein du lit mineur sont figurées ci-dessous.

Tableau 63: Analyse de la franchissabilité des radiers – Station de la Sanguèze à Mouzillon

| | Débit (l/s) | Données Estimhab | | Hauteur minimale (m) | |
|--------------------|-------------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------|
| | | Hauteur moyenne (m) | Vitesse moyenne (m/s) | Connec 1 | Connec 2 |
| C1 | 1860 | 0,53 | 0,6 | > 0,6 | 0,45 |
| C2 | 117 | 0,32 | 0,07 | 0,1 | 0,1 |
| CHA/GOU/LOF | | | | | |
| VAI | | | | | |
| TRF | | NC | NC | NC | NC |
| BAF | | NC | NC | NC | NC |

Aucun problème de franchissabilité n'a été observé pour ces deux débits.

2.7.4.2.3 Décolmatage des radiers

Les calculs de décolmatage réalisés sur la Sanguèze à Mouzillon permettent d'établir que :

- Pour un débit supérieur à 8,58 m³/s, le nettoyage de la couche d'armure des plages de cailloux (50 mm) est réalisé;
- Les plages de graviers grossiers (inférieure à 20 mm), substrats favorables à la reproduction des espèces lithophiles, seront remaniés à partir de 2,5 m³/s.

Sur la station de la Sanguèze à Mouzillon, la plage de décolmatage se situe entre une valeur basse de 2,5 m³/s et une valeur haute de 8,58 m³/s.

Pour rappel, la valeur haute de décolmatage proposée est une valeur indicative qui repose sur le besoin de régénération / nettoyage des habitats aquatiques. Elle s'apparente ainsi plus à une valeur de petites crues journalières et non pas à l'hydrologie moyenne du cours d'eau hors période de basses eaux.

2.7.4.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques

Les résultats de l'analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques sont présentés dans le Tableau 64 :

Tableau 64: Analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes – Station de la Sanguèze à Mouzillon

| | | | Sanguèze - Annexe 1 | | Sanguèze - Annexe 2 | | Sanguèze - Annexe 3 | | Sanguèze - Annexe 4 | | Sanguèze - Annexe 5 | |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|------------|
| Campagne | | | C1 | C2 | C1 | C2 | C1 | C2 | C1 | C2 | C1 | C2 |
| Date relevé : | | | 29/03/2023 | 30/05/2023 | 29/03/2023 | 30/05/2023 | 29/03/2023 | 30/05/2023 | 29/03/2023 | 30/05/2023 | 29/03/2023 | 30/05/2023 |
| Débit mesuré (l/s) : | | | 1860 | 117 | 1860 | 117 | 1860 | 117 | 1860 | 117 | 1860 | 117 |
| Connectivité aux annexes hydrauliques | Type annexe hydraulique | | Affluent temporaire | | Affluent temporaire | | Fossé | | Fossé | | Affluent | |
| | Description annexe | | largeur en eau 0,5 m | | Fourré alluvial, avec hélrophytes | | largeur en eau 0,2m | | largeur en eau 0,3 m | largeur en eau 0,2m | Largeur en eau 4,6 m | |
| | Commentaires | | Faible potentiel | Assec | Faible potentiel, hormis pour amphibiens | | Potentiel quasi nul | Assec | Potentiel quasi nul | | Potentiel réel | |
| | A: Cote fond cours d'eau (cm) | | 0 | | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | B: Cote entrée annexe (cm) | | 37 | | 20 | 40 | 120 | | 60 | 59 | 15 | 15 |
| | C: Cote ligne d'eau cours d'eau (cm) | | 41 | | 25 | 15 | 33 | | 36 | 20 | 74 | 30 |
| | D: Cote ligne d'eau aval annexe (cm) | | 41 | | 25 | 42 | 123 | | 62 | 60 | 74 | 30 |
| | E: hauteur d'eau entrée annexe (D-B) en cm | | 4 | | 5 | 2 | 3 | | 2 | 1 | 59 | 15 |
| | F: Distance entre annexe et cours d'eau (cm) | | 0 | | 50 | 50 | 390 | | 170 | 170 | 0 | 0 |
| | G: Pente (%) | | | | 0% | 54% | 23% | | 15% | 24% | 0% | 0% |
| H: Dénivelé (cm) (D-C) | | 0 | | 0 | 27 | 90 | | 26 | 40 | 0 | 0 | |
| Connexion annexe (Hors d'eau Partiellement en eau Totalemment en eau) | | Partiellement en eau | Hors d'eau | Partiellement en eau | Partiellement en eau | Partiellement en eau | Hors d'eau | Partiellement en eau | Partiellement en eau | Totalemment en eau | Totalemment en eau | |
| Espèces et tirant d'eau minimal (ICE) | BAF | 10 | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| | TRF | 5 | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| | CHA, LOF, GOU | 5 | | | | | | | | | | |
| | VAI | 5 | | | | | | | | | | |
| | BRO | 15 | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| | ANG | 2 | | | | | | | | | | |

A partir de 170 l/s, on considère que la connectivité au sein du lit mineur est assurée (voir partie 2.7.4.2). Mais en dessous de 600 l/s, la connectivité des annexes hydrauliques est réduite pour l'anguille, et fortement réduite pour les autres espèces.

Sur la station de la Sanguèze à Mouzillon, la plage de débits printaniers et automnaux se situe entre une valeur basse de 170 l/s et une valeur haute de 600 l/s.

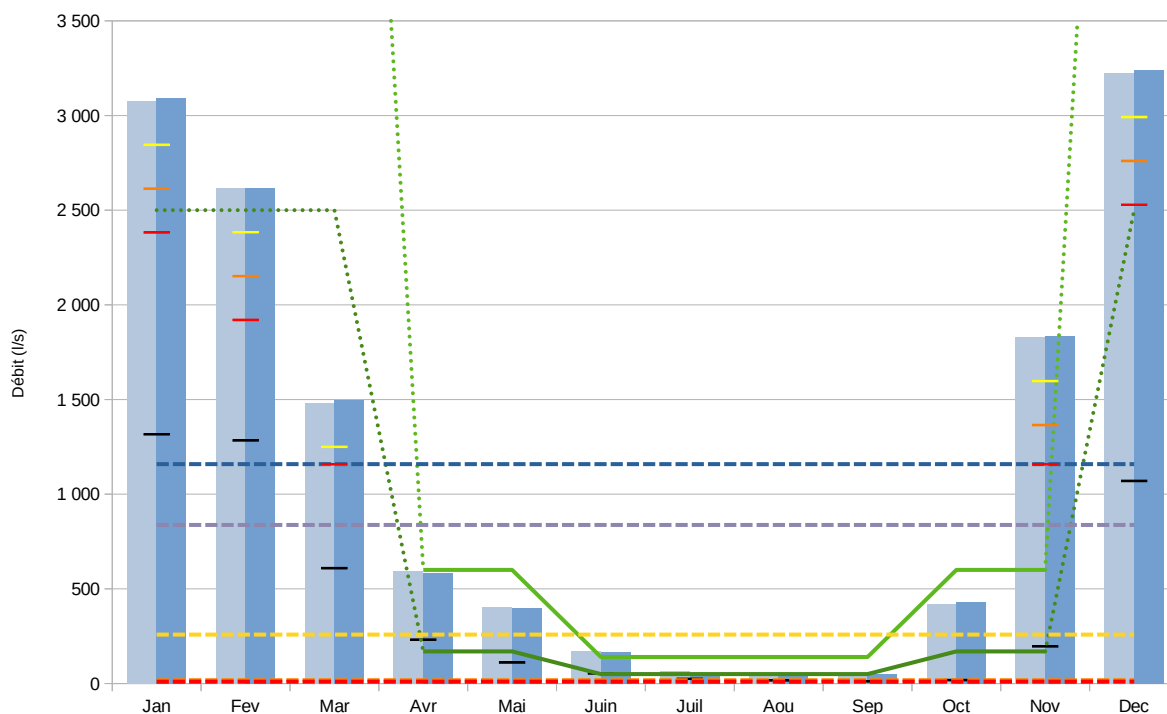
2.7.4.4 Synthèse des débits biologiques proposés

La synthèse des résultats des analyses « Estimhab », « Connectivité » et « Décolmatage des radiers », avec les propositions de débits biologiques est présentée dans la Figure 48.

Figure 48: Synthèse des débits biologiques proposés – Station de la Sanguèze à Mouzillon

| | | Décolmatage | | | Connectivité | | Estimhab | | | Connectivité | | Décol. | | |
|-----------------------------|----------------|-------------|-------|------|--------------|-----|----------|------|------|--------------|-----|--------|-------|--------|
| Sanguèze à Mouzillon | | janv. | févr | mars | avr | mai | juin | juil | août | sept | oct | nov | déc | module |
| Débit (l/s) | Désinfluencé | 3077 | 2615 | 1482 | 595 | 402 | 174 | 64 | 42 | 43 | 422 | 1829 | 3224 | 1158 |
| | Influencé | 3091 | 2618 | 1500 | 584 | 398 | 164 | 52 | 38 | 48 | 431 | 1835 | 3238 | 1160 |
| | QMNS_Des | 1 316 | 1 284 | 609 | 232 | 111 | 53 | 25 | 16 | 12 | 18 | 196 | 1 070 | |
| Connectivité | Autres espèces | | | | | | | | | | | | | |
| | Anguilles | | | | | | | | | | | | | |
| | Brochet | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| | Lit-Min | | | | | | | | | | | | | |
| Des radiers | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Estimhab | SAR Chabot | | | | | | | | | | | | | |
| | SAR Truite | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| Décolmatage | radiers | | | | | | | | | | | | | |
| Débit biologique Seuil haut | | 8580 | 8580 | 8580 | 600 | 600 | 140 | 140 | 140 | 140 | 600 | 600 | 8580 | |
| Débit biologique Seuil bas | | 2500 | 2500 | 2500 | 170 | 170 | 50 | 50 | 50 | 50 | 170 | 170 | 2500 | |
| Débit de survie | | | | | | | 12 | 12 | 12 | 12 | | | | |

- Débits moyens mensuels [l.s-1] DESINF
- Débits moyens mensuels [l.s-1] INF
- Débits mensuels quinquennaux secs DESINF
- Seuil bas de débit biologique (l/s)
- Seuil bas indicatif de débit biologique (l/s)
- Seuil haut indicatif de débit biologique (l/s)
- Mediane (L/s) DESINF
- Module DESINF
- Débit annuel quinquennal sec DESINF
- QMNA2 DESINF
- QMNA5 DESINF
- Débit cible 0,2xM
- Débit cible 0,4xM
- Débit cible 0,6xM
- Débit bio bas étude VP 2012



Le Tableau 65 permet de visualiser le nombre de jours où le pourcentage du temps, sur les périodes étudiées, où les débits proposés ne devraient pas être atteints.

Cette simulation a été réalisée pour la période 2008 à 2020.

Tableau 65: Nombre de jours de non dépassement des débits biologiques proposés

| | | Estimhab (juin à Sept.) | | | Connectivité (avril/mai, oct/Nov) | | Décolmatage (Déc. à mars) | |
|----------------------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------------|---------------------------|---------------|
| | | Débit de survie | Seuil bas de débit biologique | Seuil haut de débit biologique | Seuil bas | Seuil haut | Seuil bas | Seuil haut |
| Débit (l/s) | | 12,0 | 50,0 | 140,0 | 170,0 | 600,0 | 2500,0 | 8580,0 |
| Nb jours de non-respecté ou % de non respect | Desinfluencé | 13% ou 16j | 59 % ou 72j | 85 % ou 104j | 48j ou 40 % | 87j ou 71% | 65 % ou 79j | 95 % ou 116 j |
| | Influencé | 13% ou 16j | 66 % ou 81j | 87 % ou 106j | 51j ou 42% | 87j ou 71% | 65 % ou 79J | 95 % ou 116 j |

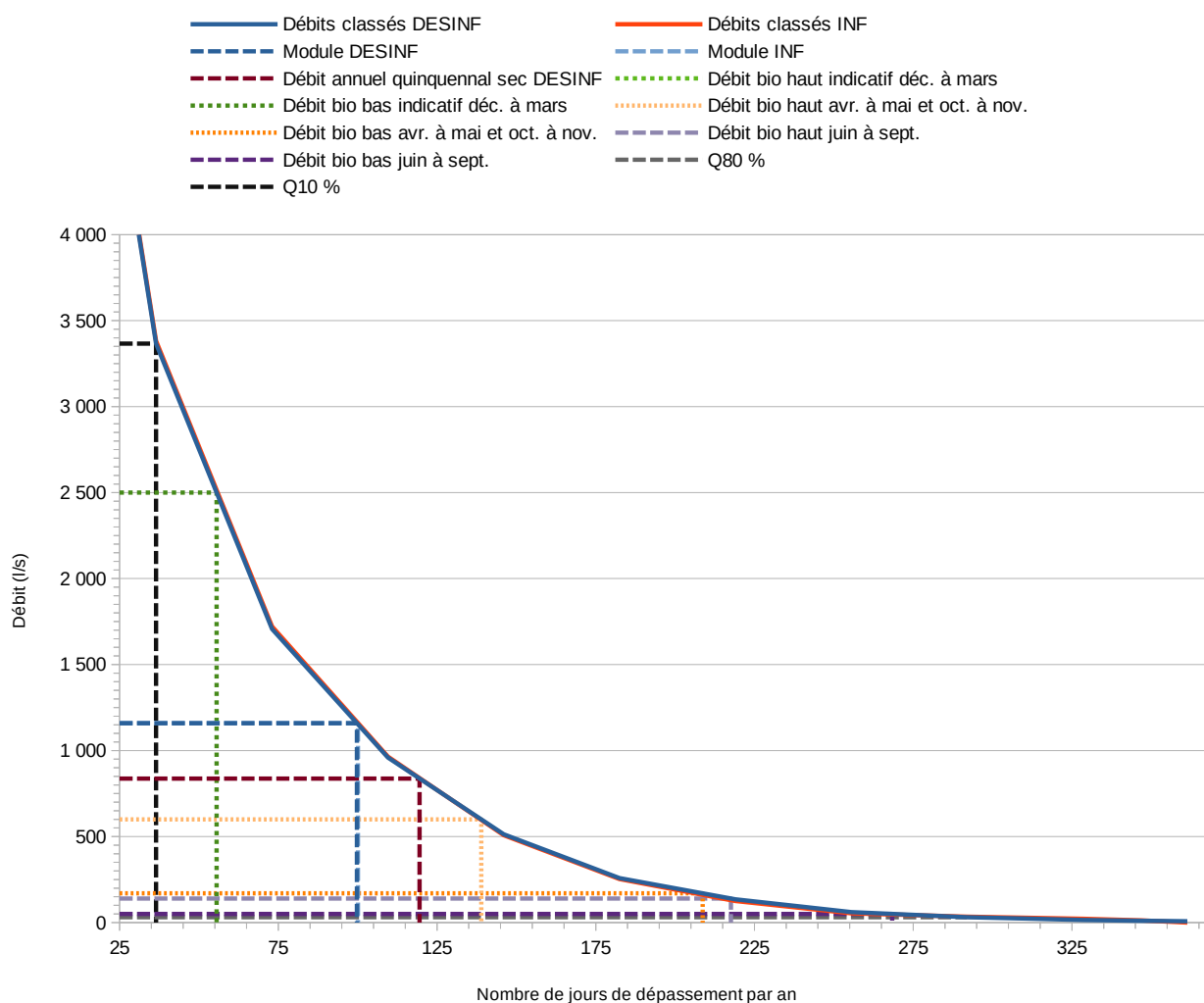


Figure 49: Courbe des débits classés – Station de la Sanguèze à Mouzillon

2.7.5 Le Trézon

2.7.5.1 Localisation des sites

La Figure 50 permet de localiser les sites concernés par l'approche « connectivité » (En bleu : linéaire « ESTIMHAB », en rouge : linéaire de connectivité « lit mineur », en vert : annexes hydrauliques).



Figure 50: Localisation des sites sur le Trézon (Hydro Concept 2023)

2.7.5.2 Connectivité au sein du lit mineur

2.7.5.2.1 Habitat

| | Débit (l/s) | Berge1 | Berge2 | Berge3 | Berge4 | Habitat 1 | | Habitat 2 | | | | Habitat 3 | | |
|-----------------------------|-------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| | | Hauteur sous berge non utilisée (cm) | Taux occupation sous-berge en eau (%) | Longueur sous-berge en eau (*) | % linéaire sous berge en eau | % total sous berge en eau (B2*B4) | Long. système racinaire (*) | % système racinaire | Nbr pierres grossières (>128 mm) (*) | Nbr gros bois (>10cm) (*) | Nbr petit bois (*) | Nbr (Bois + pierre) pour 100 m ² | hauteur d'eau faciès courant | végétation aquatique (%) |
| Moine1 - Connec1 | C1 (368) | 15 | 78 | 15 | 15 | 11,7 | 12,5 | 13 | 40 | 5 | 25 | 28,6 | Plat (25cm) | 1 |
| | C2 (47) | 23 | 51 | 15 | 15 | 7,7 | 5 | 5 | 34 | 4 | 19 | 34,5 | Radier (7 cm) | 0 |
| Variation | | 8 | -35% | 0% | 0% | -35% | -60% | -60% | -15% | -20% | -24% | 21% | | |
| Moine1 - Connec2 | C1 (368) | 13 | 65 | 13 | 13 | 8,5 | 16 | 16 | 33 | 10 | 23 | 26,9 | Radier (20) | 5 |
| | C2 (47) | 22 | 61 | 13 | 13 | 7,9 | 11 | 11 | 9 | 9 | 12 | 18,2 | Radier (9 cm) | 5 |
| Variation | | 9 | -6% | 0% | 0% | -6% | -31% | -31% | -73% | -10% | -48% | -33% | | |
| Moyenne C1 | | 14,0 | 71,5 | 14,0 | 14,0 | 10,1 | 14 | 14,3 | 37 | 8 | 24 | 28 | 17,4 | 3,0 |
| Moyenne C2 | | 22,5 | 56,0 | 14,0 | 14,0 | 7,8 | 8 | 8,0 | 22 | 7 | 16 | 26 | 14,1 | 2,5 |
| Ecart entre C1 et C2 | | 8,5 | -21,7% | 0,0% | -22,7% | | -43,9% | -41,1% | -13,3% | -35,4% | -5,0% | -19,1% | -16,7% | |

(*) si lors de la prospection à C1 (débit moyen) la valeur est inférieure à celle de C2 (débit faible), la valeur de la campagne C2 est reportée dans la campagne C1.

Figure 51: Analyse de la connectivité des habitats au sein du lit mineur – Station du Trézon

Entre les deux campagnes on observe une perte moyenne d'habitats (-19%) sur les deux sites. Le pourcentage d'habitats est considéré comme faible.

Un débit inférieur à 47 l/s aura un impact non négligeable sur les habitats disponibles, notamment au niveau des sous-berges et systèmes racinaires qui passent alors sous la barre des 10 %.

2.7.5.2.2 Franchissabilité des radiers

Les hauteurs d'eau observées sur les radiers ou plats courants lors des expertises de terrain lors des missions Connec au sein du lit mineur sont figurées ci-dessous.

Tableau 66: Analyse de la franchissabilité des radiers – Station du Trézon

| | Débit (l/s) | Données Estimhab | | Hauteur minimale (m) | |
|--------------------|-------------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------|
| | | Hauteur moyenne (m) | Vitesse moyenne (m/s) | Connec 1 | Connec 2 |
| C1 | 368 | 0,35 | 0,2 | 0,25 | 0,2 |
| C2 | 47 | 0,15 | 0,1 | 0,07 | 0,09 |
| CHA/GOU/LOF | | | | | |
| VAI | | | | | |
| TRF | | NC | NC | NC | NC |
| BAF | | NC | NC | NC | NC |

Aucun problème de franchissabilité n'a été observé pour ces deux débits.

2.7.5.2.3 Décolmatage des radiers

Les calculs de décolmatage réalisés sur le Trézon permettent d'établir que :

- Pour un débit supérieur à 4,37 m³/s, le nettoyage de la couche d'armure des plages de cailloux (50 mm) est réalisé;
- Les plages de graviers grossiers (inférieure à 20 mm), substrats favorables à la reproduction des espèces lithophiles, seront remaniés à partir de 1,42 l/s.

Sur la station du Trézon, la plage de décolmatage se situe entre une valeur basse de 1,42 m³/s et une valeur haute de 4,37 m³/s. La valeur haute de décolmatage est très supérieure à l'hydrologie naturelle de la rivière.

Pour rappel, la valeur haute de décolmatage proposée est une valeur indicative qui repose sur le besoin de régénération / nettoyage des habitats aquatiques. Elle s'apparente ainsi plus à une valeur de petites crues journalières et non pas à l'hydrologie moyenne du cours d'eau hors période de basses eaux.

2.7.5.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques

Les résultats de l'analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques sont présentés dans le Tableau 67 :

| | | Moine 1 - Annexe 1 | | Moine 1 - Annexe 2 | |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------|--------------------|---------------|
| | Campagne | C1 | C2 | C1 | C2 |
| | Date relevé : | 29/3/23 | 22/5/23 | 29/3/23 | 22/5/23 |
| | Débit mesuré (l/s) : | 368 | 47 | 368 | 47 |
| Connectivité aux annexes hydrauliques | Type annexe hydraulique | Affluent | | Affluent | |
| | Description annexe | Largeur 0,6 m | Débit trop faible | Largeur 0,5 m | Largeur 0,2 m |
| | Commentaires | Petit ruisseau - faible potentiel de connexion | | Potentiel nul | |
| | A: Fond cours d'eau (cm) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | B: Entrée annexe (cm) | 110 | 110 | 100 | 100 |
| | C: Ligne d'eau cours d'eau (cm) | 15 | 5 | 34 | 15 |
| | D: Ligne d'eau aval annexe (cm) | 120 | 111 | 107 | 101 |
| | E: hauteur d'eau annexe (D-B) en cm | 10 | 1 | 7 | 1 |
| | F: Distance annexe et cours d'eau (cm) | 500 | 500 | 150 | 150 |
| | G: Pente (%) | 21% | 21% | 49% | 57% |
| H: Dénivelé (cm) | 105 | 106 | 73 | 86 | |
| Connexion annexe (Hors d'eau Partiellement en eau Totalemment en eau) | Partiellement | Partiellement | Partiellement | Partiellement | |
| Espèces et tirant d'eau minimal (ICE) | BAF 10 | NC | NC | NC | NC |
| | TRF 5 | NC | NC | NC | NC |
| | CHA 5 | | | | |
| | LOF 5 | | | | |
| | GOU 5 | | | | |
| | VAI 5 | | | | |
| | BRO 15 | NC | NC | NC | NC |
| | ANG 2 | | | | |

Tableau 67: Analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes – Station du Trézon

Ces deux annexes ont un très faible potentiel, celles-ci ne sont accessibles que pour l'anguille en période de hautes eaux.

A partir de 50 l/s, on considère que la connectivité au sein du lit mineur est assurée (voir partie 2.7.5.2), valeur proche du SAR du chabot (55 l/s). En dessous de 150 l/s la connectivité pour l'anguille est moyenne.

Sur la station du Trézon, la plage de débits printaniers et automnaux se situe entre une valeur basse de 55 l/s et une valeur haute de 150 l/s.

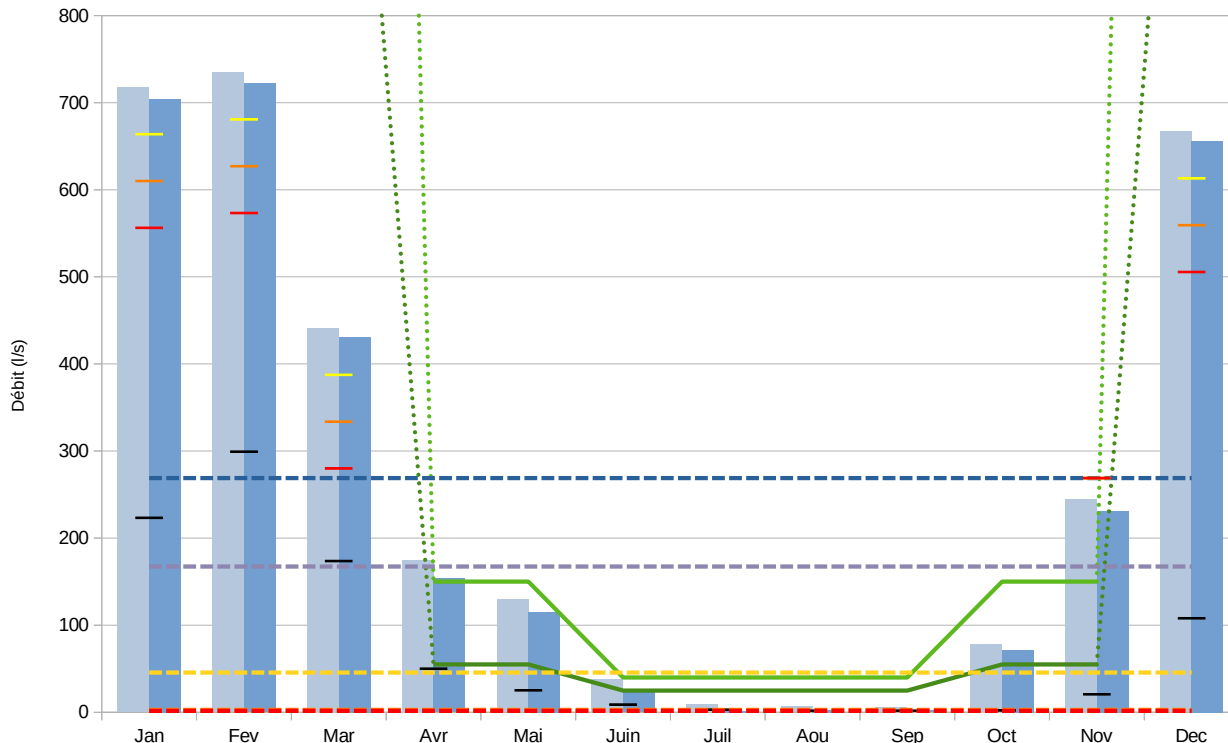
2.7.5.4 Synthèse des débits biologiques proposés

La synthèse des résultats des analyses « Estimhab », « Connectivité » et « Décolmatage des radiers », avec les propositions de débits biologiques est présentée dans la Figure 52. L'anguille nécessite une valeur minimale de 150 l/s pour accéder aux annexes. Cette valeur est proposée comme seuil bas pour la période de décembre à mars. Le seuil haut est établi à l'aide de la valeur basse de décolmatage.

Figure 52: Synthèse des débits biologiques proposés – Station du Trézou à l'Herboutilère

| | | Décolmatage | | | Connectivité | | Estimhab | | | Connectivité | | Décol | | |
|-----------------------------|----------------|-------------|-------|-------|--------------|-------|----------|------|------|--------------|------|-------|-------|--------|
| Trézou à l'Herboutilère | | janv. | févr | mars | avr | mai | juin | juil | août | sept | oct | nov | déc | module |
| Débit (l/s) | Désinfluencé | 717,7 | 734,7 | 441,3 | 175,1 | 129,3 | 38,6 | 8,8 | 6,6 | 5,5 | 78,2 | 244,9 | 666,9 | 268,9 |
| | Influencé | 704,4 | 722,2 | 431,2 | 153,4 | 115,3 | 25,0 | 1,3 | 2,6 | 2,1 | 71,6 | 231,1 | 655,8 | 257,8 |
| | QMNA5_Des | 223,0 | 299,0 | 174,0 | 50,0 | 25,0 | 9,0 | 3,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 21,0 | 108,0 | |
| Connectivité | Autres espèces | | | | | | | | | | | | | |
| | Anguilles | | | | | | | | | | | | | |
| | Brochet | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| | Lit-Min | | | | | | | | | | | | | |
| | Des radiers | | | | | | | | | | | | | |
| Estimhab | SAR Chabot | | | | | | | | | | | | | |
| | SAR Truite | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| Décolmatage | radiers | | | | | | | | | | | | | |
| Débit biologique Seuil haut | | 4370 | 4370 | 4370 | 150 | 150 | 40 | 40 | 40 | 40 | 150 | 150 | 4370 | |
| Débit biologique Seuil bas | | 1420 | 1420 | 1420 | 55 | 55 | 25 | 25 | 25 | 25 | 55 | 55 | 1420 | |
| Débit de survie | | | | | | | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | |

- Débits moyens mensuels [l.s-1] DESINF
- Débits moyens mensuels [l.s-1] INF
- Débits mensuels quinquennaux secs DESINF
- Seuil bas de débit biologique (l/s)
- Seuil bas indicatif de débit biologique (l/s)
- Seuil haut de débit biologique (l/s)
- Seuil haut indicatif de débit biologique (l/s)
- Module DESINF
- Débit annuel quinquennal sec DESINF
- QMNA2 DESINF
- QMNA5 DESINF
- Débit cible 0,2xM
- Débit cible 0,4xM
- Débit cible 0,6xM
- Débit bio bas étude VP 2012



Le Tableau 68 permet de visualiser le nombre de jours où le pourcentage du temps, sur les périodes étudiées, où les débits proposés ne devraient pas être atteints.

Cette simulation a été réalisée pour la période 2008 à 2020.

Tableau 68: Nombre de jours de non dépassement des débits biologiques proposés

| | Débit (l/s) | Estimhab (juin à Sept.) | | | Connectivité (avril/mai, oct/Nov) | | Décolmatage (Déc. à mars) | |
|-------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------|--------------------|
| | | Débit de survie | Seuil bas de débit biologique | Seuil haut de débit biologique | Plage Basse | Plage Haute | Plage Basse | Plage Haute |
| | | 2 | 25 | 40 | 55 | 150 | 1420 | 4370 |
| % ou Nb jours de non-respecté | Désinfluencé | 47j ou 38% | 86 % ou 105j | 91 % ou 111j | 55% ou 67j | 93j ou 76% | 88 % ou 107j | 99% ou 120j |
| | Influencé | 82j ou 83% | 91 % ou 111j | 94 % ou 115j | 60% ou 73j | 96j ou 78% | 89 % ou 108j | 99% ou 120j |

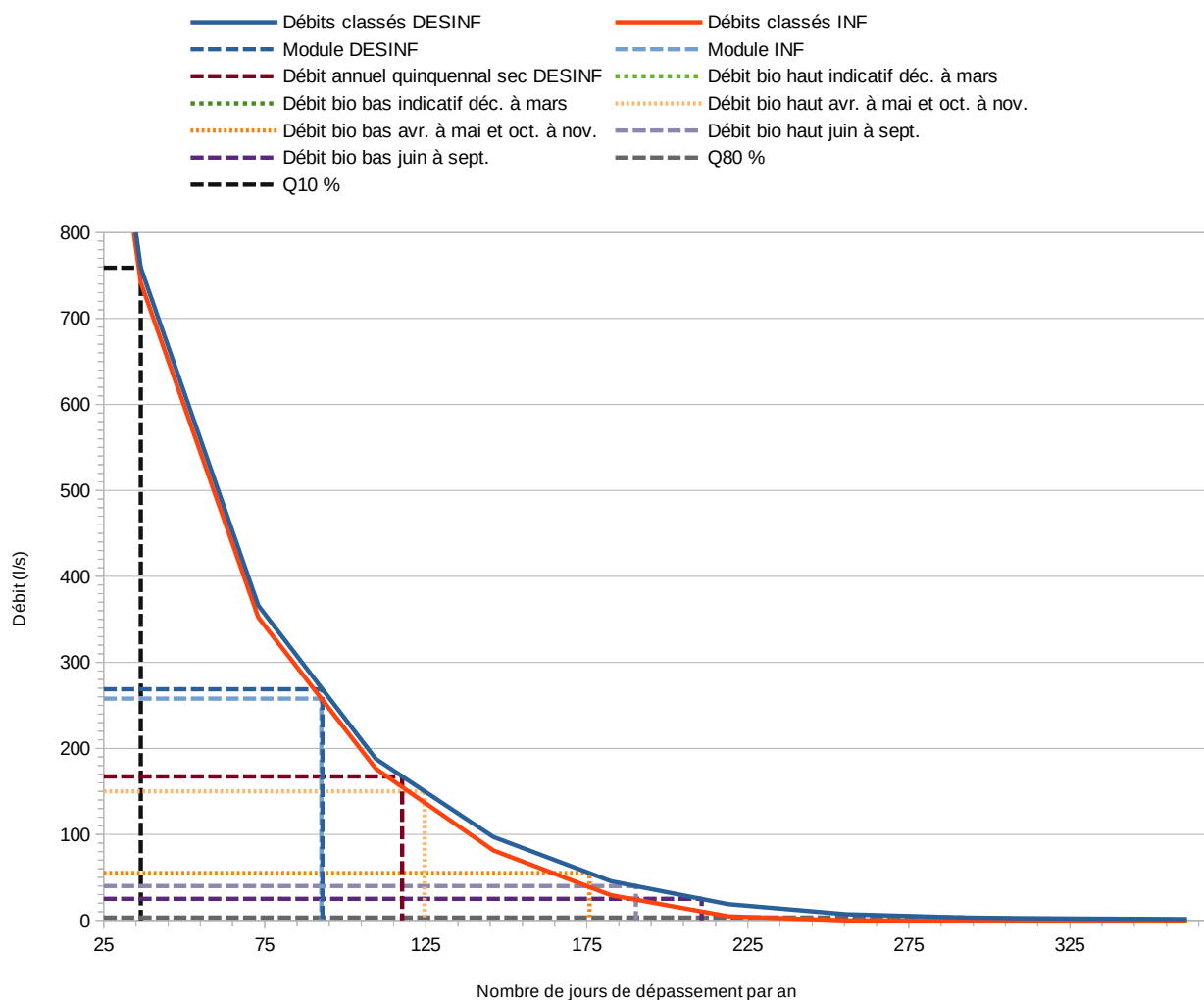


Figure 53: Courbe des débits classés – Station du Trézon à l'Herboutilère

2.7.6 L'Ouin à la Basse Gelousière

2.7.6.1 Localisation des sites

La Figure 54 permet de localiser les sites concernés par l'approche « connectivité » (En bleu : linéaire « ESTIMHAB », en rouge : linéaire de connectivité « lit mineur », en vert : annexes hydrauliques).



Figure 54: Localisation des sites sur l'Ouin (Hydro Concept 2023)

2.7.6.2 Connectivité au sein du lit mineur

2.7.6.2.1 Habitat

| | | Berge 1 | Berge 2 | Berge 3 | Berge 4 | Habitat 1 | | Habitat 2 | | | | Habitat 3 | | | |
|-----------------------------|------------------|-------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| | | Débit (l/s) | Hauteur sous berge non utilisée (cm) | Taux occupation sous-berge en eau (%) | Longueur sous-berge en eau (*) | % linéaire sous berge en eau (B3/Ltot) | % total sous berge en eau (B2*B4) | Long. système racinaire (*) | % système racinaire | Nbr pierres grossières (>128 mm) (*) | Nbr gros bois (>10cm) (*) | Nbr petit bois (*) | Nbr (Bois + pierre) pour 100 m ² | hauteur d'eau faciès courant | végétation aquatique (%) |
| Ouin - Connec1 | C1 | 1040 | 0 | 100 | 21 | 18 | 17,5 | 11 | 9 | 66 | 4 | 11 | 25,5 | Radier (40cm) | 1 |
| | C2 | 167 | 14 | 56 | 8,5 | 7 | 4,0 | 11 | 9 | 44 | 1 | 11 | 23,1 | Radier (7 cm) | 2 |
| | Variation | | 14 | -44% | -60% | -60% | -77% | 0% | 0% | -33% | -75% | 0% | -9% | | |
| Ouin - Connec2 | C1 | 1040 | 0 | 100 | 16 | 13 | 13,3 | 15 | 13 | 280 | 11 | 19 | 97,5 | Radier (30 cm) | 5 |
| | C2 | 167 | 20 | 83 | 11,5 | 10 | 8,0 | 14 | 12 | 105 | 4 | 10 | 49,1 | Radier (20 cm) | 15 |
| | Variation | | 20 | -17% | -28% | -28% | -40% | -7% | -7% | -63% | -64% | -47% | -50% | | |
| Moyenne C1 | | | 0,0 | 100,0 | 18,5 | 15,4 | 15,4 | 13 | 10,8 | 173 | 8 | 15 | 61 | 29,2 | 3,0 |
| Moyenne C2 | | | 17,0 | 69,5 | 10,0 | 8,3 | 6,0 | 13 | 10,4 | 75 | 3 | 11 | 36 | 17,5 | 8,5 |
| Ecart entre C1 et C2 | | | 17,0 | -30,5% | | -45,9% | -61,3% | | -3,8% | -56,9% | -66,7% | -30,0% | -41,3% | Perte d'habitats -40,2% | 183,3% |

(*) si lors de la prospection à C1 (débit moyen) la valeur est inférieure à celle de C2 (débit faible), la valeur de la campagne C2 est reportée dans la campagne C1.

Figure 55: Analyse de la connectivité des habitats au sein du lit mineur – Station de l'Ouin

Entre les deux campagnes on observe une perte importante d'habitats (-40%) sur les deux sites. Le pourcentage d'habitats est considéré comme moyen à 1040 l/s et faible à 167 l/s.

A 1,04 m³/s lors de la première campagne les sous berges étaient totalement en eau.

2.7.6.2.2 Franchissabilité des radiers

Les hauteurs d'eau observées sur les radiers ou plats courants lors des expertises au sein du lit mineur sont figurées ci-dessous.

Tableau 69: Analyse de la franchissabilité des radiers – Station de l'Ouin

| | Débit (l/s) | Données Estimhab | | Hauteur minimale (m) | |
|----|-------------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------|
| | | Hauteur moyenne (m) | Vitesse moyenne (m/s) | Connec 1 | Connec 2 |
| C1 | 1040 | 0,34 | 0,57 | 0,4 | 0,3 |
| C2 | 167 | 0,25 | 0,16 | 0,07 | 0,2 |

| | | | | |
|-------------|----|----|----|----|
| CHA/GOU/LOF | | | | |
| VAI | | | | |
| TRF | NC | NC | NC | NC |
| BAF | NC | NC | NC | NC |

Aucun problème de franchissabilité n'a été observé pour ces deux débits.

2.7.6.2.3 Décolmatage des radiers

Les calculs de décolmatage réalisés sur l'Ouin permettent d'établir que :

- Pour un débit supérieur à 2,03 m³/s, le nettoyage de la couche d'armure des plages de cailloux (50 mm) est réalisé;
- Les plages de graviers grossiers (inférieure à 20 mm), substrats favorables à la reproduction des espèces lithophiles, seront remaniés à partir de 680 l/s.

Sur la station de l'Ouin, la plage de décolmatage se situe entre une valeur basse de 0,68 m³/s et une valeur haute de 2,03 m³/s.

Pour rappel, la valeur haute de décolmatage proposée est une valeur indicative qui repose sur le besoin de régénération / nettoyage des habitats aquatiques. Elle s'apparente ainsi plus à une valeur de petites crues journalières et non pas à l'hydrologie moyenne du cours d'eau hors période de basses eaux.

2.7.6.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques

Les résultats de l'analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques sont présentés dans le Tableau 70 :

| | | Ouin - Annexe 4 | | Ouin - Annexe 5 | |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------|
| | Campagne | C1 | C2 | C1 | C2 |
| | Date relevé : | 30/3/23 | 23/5/23 | 30/3/23 | 23/5/23 |
| | Débit mesuré dans le cours d'eau (l/s) : | 1040 | 167 | 1040 | 167 |
| Descriptif annexes hydrauliques | Type annexe hydraulique | Bras mort colonisé par joncs, saules et hélophytes | | Bras mort colonisé par joncs, saules et hélophytes | |
| | Surface (m ²) | 407,3 | 298,6 | 438,6 | 83,6 |
| | Evolution de la surface de l'annexe (%) | | -27% | | -81% |
| | Commentaires | Faible potentiel brochet, zone favorable aux batraciens et certains oiseaux. Merlon de terre bloque l'accès à l'annexe | | Faible potentiel brochet, zone favorable aux batraciens et certains oiseaux | |
| | A: Cote fond cours d'eau (cm) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | B: Cote entrée annexe (cm) | 75 | 75 | 55 | 55 |
| | C: Cote ligne d'eau cours d'eau (C1- C2) | 65 | 25 | 65 | 35 |
| | D: Cote ligne d'eau aval annexe (cm) | 65 | 55 | 65 | 56 |
| | E: hauteur d'eau entrée annexe (D-E) | -10 | -20 | 10 | 1 |
| | H: Dénivelé (cm) (D-C) | 0 | 30 | 0 | 21 |
| Connexion annexe (Hors d'eau Partiellement en eau Totalement en eau) | Hors d'eau | Hors d'eau | Totalement en eau | Partiellement en eau | |
| Espèces et tirant d'eau minimal (ICE) | | Connectivité | | Connectivité | |
| | BRO 0,15 | | | | |
| | ANG 0,02 | | | | |

| | | Ouin - Annexe 1 | | Ouin - Annexe 2 | | Ouin - Annexe 3 | |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|---------|
| | | C1 | C2 | C1 | C2 | C1 | C2 |
| Campagne | | | | | | | |
| Date relevé : | | 30/3/23 | 23/5/23 | 30/3/23 | 23/5/23 | 30/3/23 | 23/5/23 |
| Débit mesuré dans le cours d'eau (l/s) : | | 1040 | 167 | 1040 | 167 | 1040 | 167 |
| Connectivité aux annexes hydrauliques | Type annexe hydraulique | Affluent | | Affluent | | Affluent | |
| | Description annexe (largeur en eau) | Largeur 1,5 m | | largeur 1 m | | largeur 1 m | |
| | Commentaires | Réal potentiel | | Connexion dégradée par enrochement | | Réal potentiel | |
| | A: Fond cours d'eau (cm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | B: Entrée annexe (cm) | 13 | 13 | 130 | 130 | 40 | 40 |
| | C: Ligne d'eau cours d'eau (cm) | 50 | 23 | 60 | 10 | 100 | 50 |
| | D: Ligne d'eau aval annexe (cm) | 50 | 23 | 140 | 135 | 100 | 50 |
| | E: hauteur d'eau annexe (D-B) en cm | 37 | 10 | 10 | 5 | 60 | 10 |
| | F: Distance annexe et cours d'eau (cm) | 0 | 0 | 10 | 10 | 0 | 0 |
| | G: Pente (%) | 0% | 0% | 800% | 1250% | 0% | 0% |
| H: Dénivelé (cm) | 0 | 0 | 80 | 125 | 0 | 0 | |
| Connexion annexe (Hors d'eau Partiellement en eau Totallement en eau) | Totallement en eau | Totallement en eau | Partiellement en eau | Partiellement en eau | Totallement en eau | Totallement en eau | |
| Espèces et tirant d'eau minimal (ICE) | BAF 10 | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| | TRF 5 | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| | CHA 5 | | | | | | |
| | LOF 5 | | | | | | |
| | GOU 5 | | | | | | |
| | VAI 5 | | | | | | |
| | BRO 15 | | | | | | |
| | ANG 2 | | | | | | |

Tableau 70: Analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes – Station de l'Ouin

Malgré un potentiel réel pour les annexes 4 et 5, celles-ci sont difficilement accessibles. Sur l'annexe 4, un bouchon vaseux obstrue son entrée. L'annexe 5 est quant à elle fortement colonisée par les hélophytes et jeunes saules. L'annexe 2 est infranchissable, en raison d'un enrochement aménagé pour le passage des bovins et engins agricoles.

A partir de 170 l/s, on considère que la connectivité au sein du lit mineur est assurée (voir partie 2.7.6.2). **En dessous de 350 l/s la connectivité pour l'anguille est médiocre, elle est moyenne pour les autres espèces. Pour le brochet, la connectivité devient médiocre en dessous de 800 l/s, valeur qui peut donc constituer le seuil bas pour la période hivernale.**

Sur la station de l'Ouin, la plage de débits printaniers et automnaux se situe entre une valeur basse de 170 l/s et une valeur haute de 350 l/s.

2.7.6.4 Synthèse des débits biologiques proposés

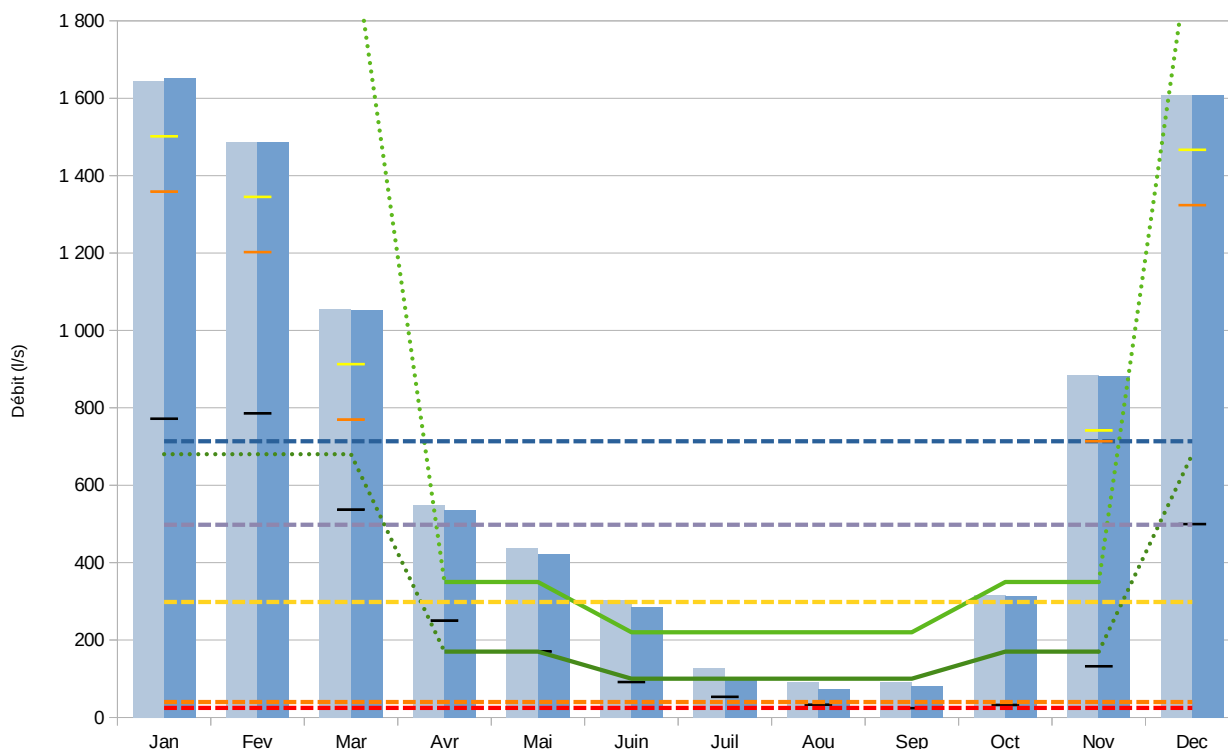
La synthèse des résultats des analyses « Estimhab », « Connectivité » et « Décolmatage des radiers », avec les propositions de débits biologiques est présentée dans la Figure 56.

Le brochet nécessite une valeur minimale de 800 l/s pour accéder aux annexes 4 et 5. Cette valeur est proposée comme seuil bas pour la période de décembre à mars. Le seuil haut est établi à l'aide des données de décolmatage.

Figure 56: Synthèse des débits biologiques proposés – Station de l’Ouin à la Basse Gelousière

| | | Décolmatage + accès BRO | | | Connectivité | | Estimhab | | | Connectivité | | Décol.+BRO | | |
|-----------------------------|----------------|-------------------------|--------|--------|--------------|-------|----------|-------|------|--------------|-------|------------|--------|--------|
| Ouin à la Basse Gelousière | | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | module |
| Débit (l/s) | Désinfluencé | 1644,4 | 1487,7 | 1055,5 | 548,7 | 437,4 | 304,7 | 127,5 | 92,8 | 90,9 | 317,6 | 884,3 | 1609,3 | 713,6 |
| | Influencé | 1652,6 | 1486,4 | 1052,5 | 537,2 | 421,6 | 284,3 | 100,1 | 73,0 | 80,4 | 314,5 | 882,3 | 1607,4 | 704,0 |
| | QMNA5_Des | 772,0 | 785,6 | 537,4 | 250,4 | 170,5 | 91,6 | 53,3 | 33,0 | 24,0 | 32,2 | 132,3 | 499,7 | |
| Connectivité | Autres espèces | | | | | | | | | | | | | |
| | Anguilles | | | | | | | | | | | | | |
| | Brochet | | | | | | | | | | | | | |
| | Lit-Min | | | | | | | | | | | | | |
| | Des radiers | | | | | | | | | | | | | |
| Estimhab | SAR Chabot | | | | | | | | | | | | | |
| | SAR Truite | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| Décolmatage | radiers | | | | | | | | | | | | | |
| Débit biologique Seuil haut | | 2030 | 2030 | 2030 | 350 | 350 | 220 | 220 | 220 | 220 | 350 | 350 | 2030 | |
| Débit biologique Seuil bas | | 680 | 680 | 680 | 170 | 170 | 100 | 100 | 100 | 100 | 170 | 170 | 680 | |
| Débit de survie | | | | | | | 27 | 27 | 27 | 27 | | | | |

- Débits moyens mensuels [l.s-1] DESINF
- Débits moyens mensuels [l.s-1] INF
- Débits mensuels quinquennaux secs DESINF
- Seuil bas de débit biologique (l/s)
- Seuil bas indicatif de débit biologique (l/s)
- Seuil haut de débit biologique (l/s)
- Module DESINF
- Médiane (L/s) DESINF
- Débit annuel quinquennal sec DESINF
- QMNA2 DESINF
- Débit cible 0,2xM
- Débit cible 0,4xM
- QMNA5 DESINF
- Débit cible 0,6xM
- Débit bio bas étude VP 2012



Le Tableau 71 permet de visualiser le nombre de jours où le pourcentage du temps, sur les périodes étudiées, où les débits proposés ne devraient pas être atteints.

Cette simulation a été réalisée pour la période 2008 à 2020.

Tableau 71: Nombre de jours de non dépassement des débits biologiques proposés

| | | Estimhab (juin à Sept.) | | | Connectivité (avril/mai, oct/Nov) | | Décolmatage (Déc. à mars) | |
|-------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------|---------------------------|-------------|
| | | Débit de survie | Seuil bas de débit biologique | Seuil haut de débit biologique | Plage Basse | Plage Haute | Plage Basse | Plage Haute |
| Débit (l/s) | | 27 | 100 | 220 | 170 | 350 | 800 | 2030 |
| % ou Nb jours de non-respecté | Désinfluencé | 6% ou 7j | 64 % ou 78j | 83 % ou 101j | 34 % ou 42j | 71j ou 58% | 48j ou 40% | 77 % ou 94j |
| | Influencé | 27% ou 33j | 70 % ou 86j | 85 % ou 104j | 37 % ou 45j | 72j ou 59% | 48j ou 40% | 77 % ou 94j |

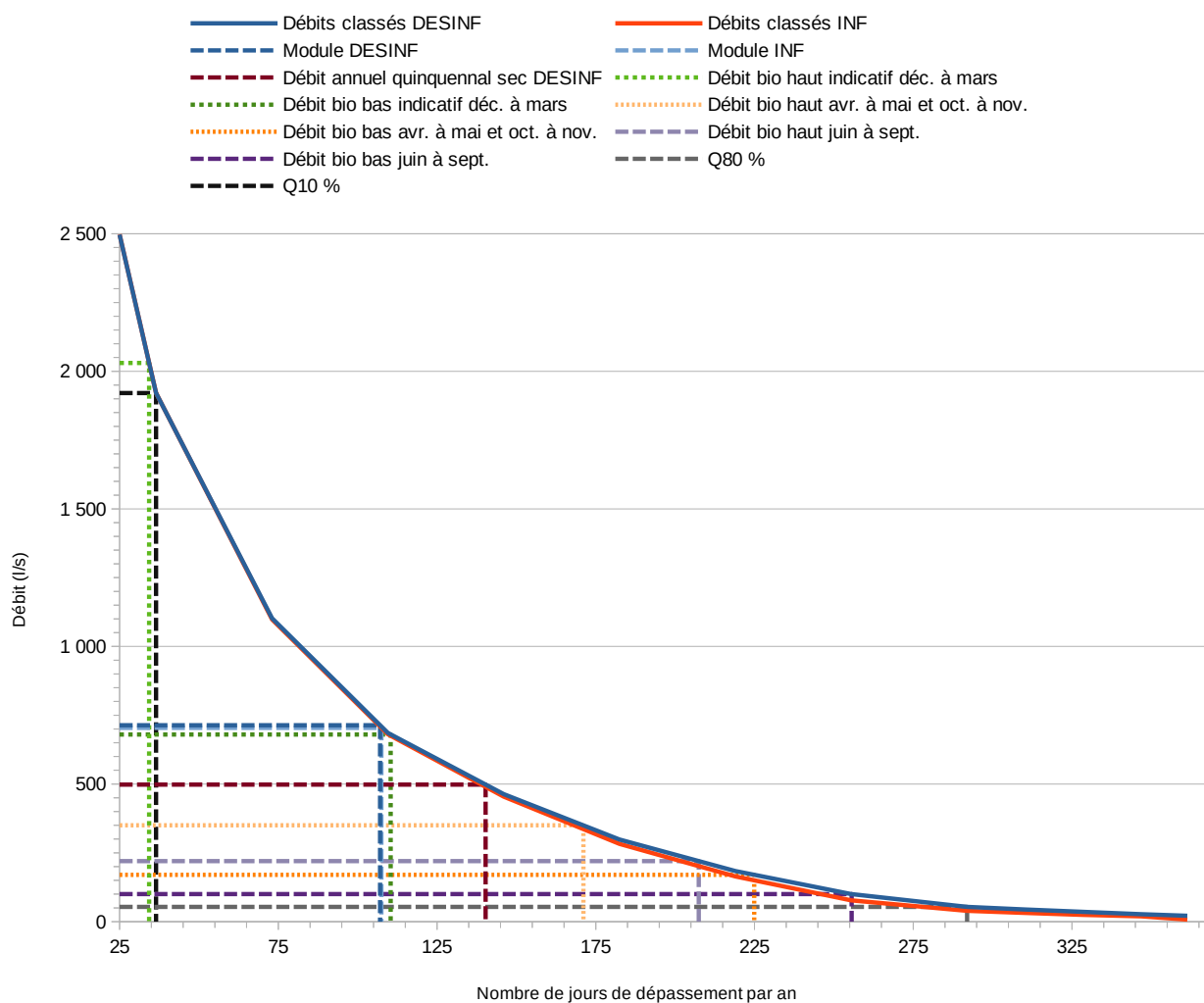


Figure 57: Courbe des débits classés – Station de l'Ouin à la Basse Gelousière

2.7.7 La Sèvre Nantaise à l'Elunière

2.7.7.1 Localisation des sites

La Figure 58 permet de localiser les sites concernés par l'approche « connectivité » (En bleu : linéaire « ESTIMHAB », en rouge : linéaire de connectivité « lit mineur », en vert : annexes hydrauliques).

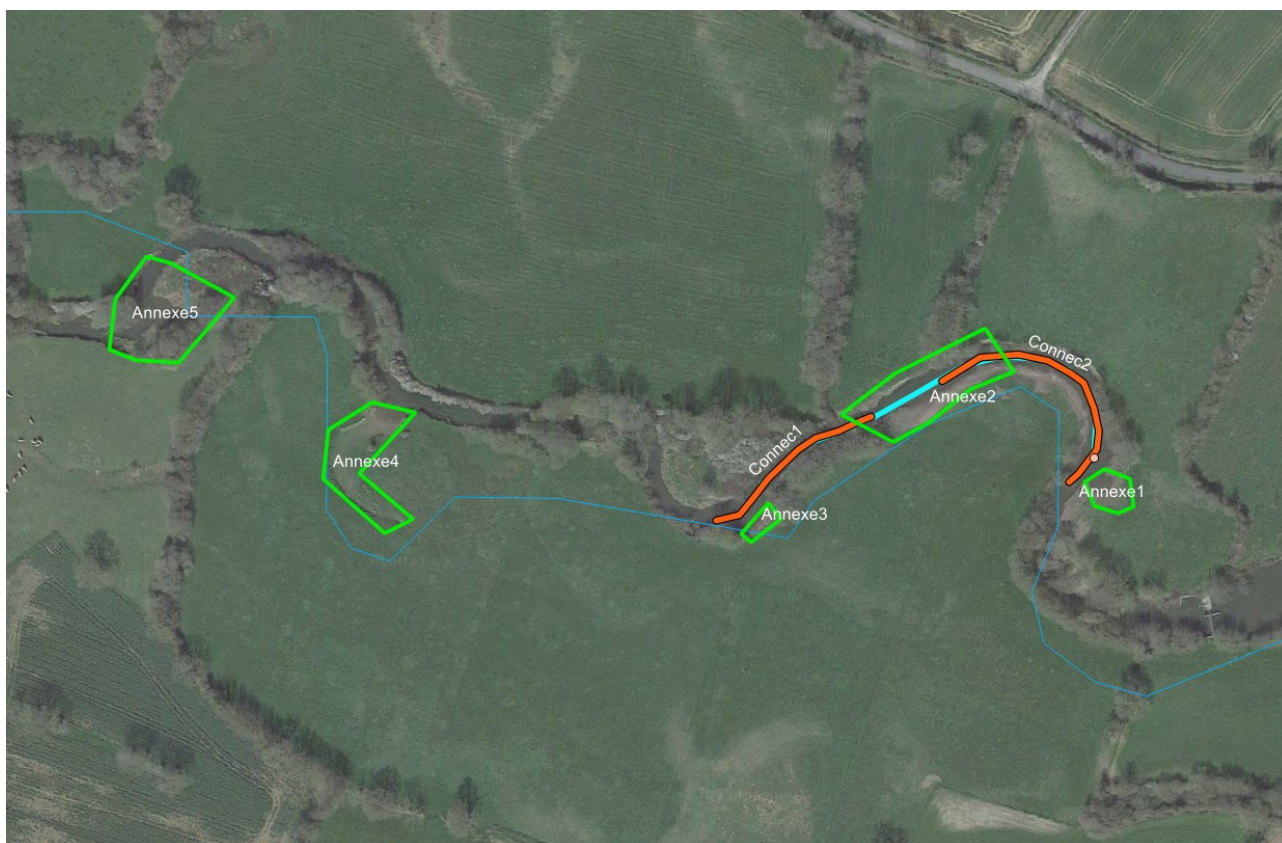


Figure 58: Localisation des sites sur la Sèvre Nantaise à l'Elunière (Hydro Concept 2023)

2.7.7.2 Connectivité au sein du lit mineur

2.7.7.2.1 Habitat

| | | Berge1 | Berge2 | Berge3 | Berge4 | Habitat 1 | | Habitat 2 | | | | Habitat 3 | | | |
|-----------------------------|------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------|
| | | Hauteur sous berge non utilisée (cm) | Taux occupation sous-berge en eau (%) | Longueur sous-berge en eau (*) | % linéaire sous berge en eau (B3/Ltot) | % total sous berge en eau (B2*B4) | Long. système racinaire (*) | % système racinaire | Nbr pierres grossières (>128 mm) (*) | Nbr gros bois (>10cm) (*) | Nbr petit bois (*) | Nbr (Bois + pierre) pour 100 m ² | hauteur d'eau faciès courant | végétation aquatique (%) | |
| Sevre_amont - Connec1 | C1 | 2200 | 0 | 100 | 19 | 11 | 11,3 | 22 | 13 | 2 | 13 | 73 | 8,1 | Plat | 2 |
| | C2 | 422 | 0 | 100 | 9 | 5 | 5,4 | 7,5 | 4 | 2 | 9 | 55 | 8,5 | Plat | 20 |
| | Variation | | 0 | 0% | -53% | -53% | -53% | -66% | -66% | 0% | -31% | -25% | 5% | | |
| Sevre_amont - Connec2 | C1 | 2200 | 0 | 100 | 3 | 2 | 1,8 | 11 | 7 | 11 | 10 | 45 | 6,1 | Plat | 5 |
| | C2 | 422 | 0 | 100 | 1 | 1 | 0,6 | 6,5 | 4 | 11 | 9 | 40 | 7,7 | Plat | 35 |
| | Variation | | 0 | 0% | -67% | -67% | -67% | -41% | -41% | 0% | -10% | -11% | 27% | | |
| Moyenne C1 | | | 0,0 | 100,0 | 11,0 | 6,5 | 6,5 | 17 | 9,8 | 7 | 12 | 59 | 7 | 7,8 | 3,5 |
| Moyenne C2 | | | 0,0 | 100,0 | 5,0 | 3,0 | 3,0 | 7 | 4,2 | 7 | 9 | 48 | 8 | 5,1 | 27,5 |
| Ecart entre C1 et C2 | | | 0,0 | 0,0% | | -54,5% | -54,5% | | -57,6% | 0,0% | -21,7% | -19,5% | 14,1% | Perte d'habitats -35,0% | 685,7% |

(*) si lors de la prospection à C1 (débit moyen) la valeur est inférieure à celle de C2 (débit faible), la valeur de la campagne C2 est reportée dans la campagne C1.

Figure 59: Analyse de la connectivité des habitats au sein du lit mineur – Station de la Sèvre Nantaise à l'Elunière

Entre les deux campagnes on observe une perte importante d'habitats (-35%) sur les deux sites. Le pourcentage d'habitats est considéré comme particulièrement faible sur ces sites, avec un substrat majoritairement composé de sables et graviers, et une ripisylve perchée.

2.7.7.2.2 Franchissabilité des radiers

Les hauteurs d'eau observées sur les radiers ou plats courants lors des expertises au sein du lit mineur sont figurées ci-dessous.

| | Débit (l/s) | Données Estimhab | | Hauteur minimale (m) | |
|-----------|-------------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------|
| | | Hauteur moyenne (m) | Vitesse moyenne (m/s) | Connec 1 | Connec 2 |
| C1 | 2200 | 0,9 | 0,19 | 0,5 | 0,3 |
| C2 | 422 | 0,41 | 0,11 | 0,2 | 0,2 |

| | | | | |
|--------------------|----|----|----|----|
| CHA/GOU/LOF | | | | |
| VAI | | | | |
| TRF | | | | |
| BAF | NC | NC | NC | NC |

Tableau 72: Analyse de la franchissabilité des radiers – Station de la Sèvre Nantaise à l'Elunière

Aucun problème de franchissabilité n'a été observé pour ces deux débits.

2.7.7.2.3 Décolmatage des radiers

Les calculs de décolmatage réalisés sur la Sèvre Nantaise permettent d'établir que :

- Pour un débit supérieur à 11,04 m³/s, le nettoyage de la couche d'armure des plages de cailloux (50 mm) est réalisé;
- Les plages de graviers grossiers (inférieure à 20 mm), substrats favorables à la reproduction des espèces lithophiles, seront remaniés à partir de 3,52 m³/s.

Sur la station de la Sèvre Nantaise à l'Elunière, la plage de décolmatage se situe entre une valeur basse de 3,52 m³/s et une valeur haute de 11,04 m³/s.

Pour rappel, la valeur haute de décolmatage proposée est une valeur indicative qui repose sur le besoin de régénération / nettoyage des habitats aquatiques. Elle s'apparente ainsi plus à une valeur de petites crues journalières et non pas à l'hydrologie moyenne du cours d'eau hors période de basses eaux.

2.7.7.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques

Les résultats de l'analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques sont présentés dans le Tableau 73 :

| | | SN _ Annexe 1 | | SN _ Annexe 2 | | SN _ Annexe 3 | | SN _ Annexe 4 | | SN _ Annexe 5 | | |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|----------------------|-----|
| | | C1 | C2 | C1 | C2 | C1 | C2 | C1 | C2 | C1 | C2 | |
| Campagne | | C1 | C2 | C1 | C2 | C1 | C2 | C1 | C2 | C1 | C2 | |
| Date relevé : | | 30/3/23 | 23/5/23 | 30/3/23 | 23/5/23 | 16/7/23 | 8/9/23 | 1/11/23 | 25/12/23 | 17/2/24 | 11/4/24 | |
| Débit mesuré dans le cours d'eau (l/s) : | | 2200 | 422 | 2200 | 422 | 2200 | 422 | 2200 | 422 | 2200 | 422 | |
| Descriptif annexes hydrauliques | Type annexe hydraulique | Bras mort colonisé par joncs, saules et hélophytes | | Banquette colonisée par joncs et hélophytes | | Banquette colonisée par joncs et hélophytes | | Bras mort colonisé par joncs, saules et hélophytes | | Banquette colonisée par joncs et hélophytes | | |
| | Surface (m²) | 90,3 | 61,2 | 127,2 | 47,8 | 65,9 | 9,4 | 249,4 | 99,4 | 111,6 | 87,8 | |
| | Evolution de la surface de l'annexe (%) | | -32% | | -62% | | -86% | | -60% | | -21% | |
| | Commentaires | Faible potentiel brochet, zone favorable aux batraciens et certains oiseaux. | | | | | | | | | | |
| | A: Cote fond cours d'eau (cm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | B: Cote entrée annexe (cm) | 25 | 25 | 20 | 20 | 30 | 30 | 30 | 30 | 25 | 25 | |
| | C: Cote ligne d'eau cours d'eau (cm) | 80 | 45 | 70 | 35 | 60 | 35 | 80 | 45 | 65 | 35 | |
| | C1- C2 | | -35 | | -35 | | -25 | | -35 | | | -30 |
| | D: Cote ligne d'eau aval annexe (cm) | 80 | 45 | 70 | 35 | 60 | 35 | 80 | 45 | 65 | 35 | |
| | E: hauteur d'eau entrée annexe (D-B) en cm | 55 | 20 | 50 | 15 | 30 | 5 | 50 | 15 | 40 | 10 | |
| H: Dénivelé (cm) (D-C) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Connexion annexe (Hors d'eau Partiellement en eau Totalem | Totalement en eau | Totalement en eau | Totalement en eau | Partiellement en eau | Totalement en eau | Partiellement en eau | Totalement en eau | Partiellement en eau | Totalement en eau | Partiellement en eau | Partiellement en eau | |
| Espèces et débit d'eau minimal (ICE) | | Connectivité | | Connectivité | | Connectivité | | Connectivité | | Connectivité | | |
| | BRO 0,15 | | | | | | | | | | | |
| | ANG 0,02 | | | | | | | | | | | |

Tableau 73: Analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes – Station de la Sèvre Nantaise à l'Elunière

Ces annexes présentent un réel potentiel pour le brochet, mais la baisse importante de surface moyenne entre les deux campagnes (- 53%) ne permet pas au brochet de se développer dans de bonnes conditions.

La connectivité au sein du lit mineur semble assurée, même à bas débit. Toutefois on observe une perte d'habitats importante en berge, en dessous de 500 l/s (voir partie 2.7.7.2). En dessous de 300 l/s la connectivité pour l'anguille est moyenne.

Pour le brochet, la connectivité devient médiocre en dessous de 1000 l/s.

Sur la station de la Sèvre Nantaise à l'Elunière, la plage de débits biologiques printaniers et automnaux se situe entre une valeur basse de 500 l/s et une valeur haute de 1000 l/s.

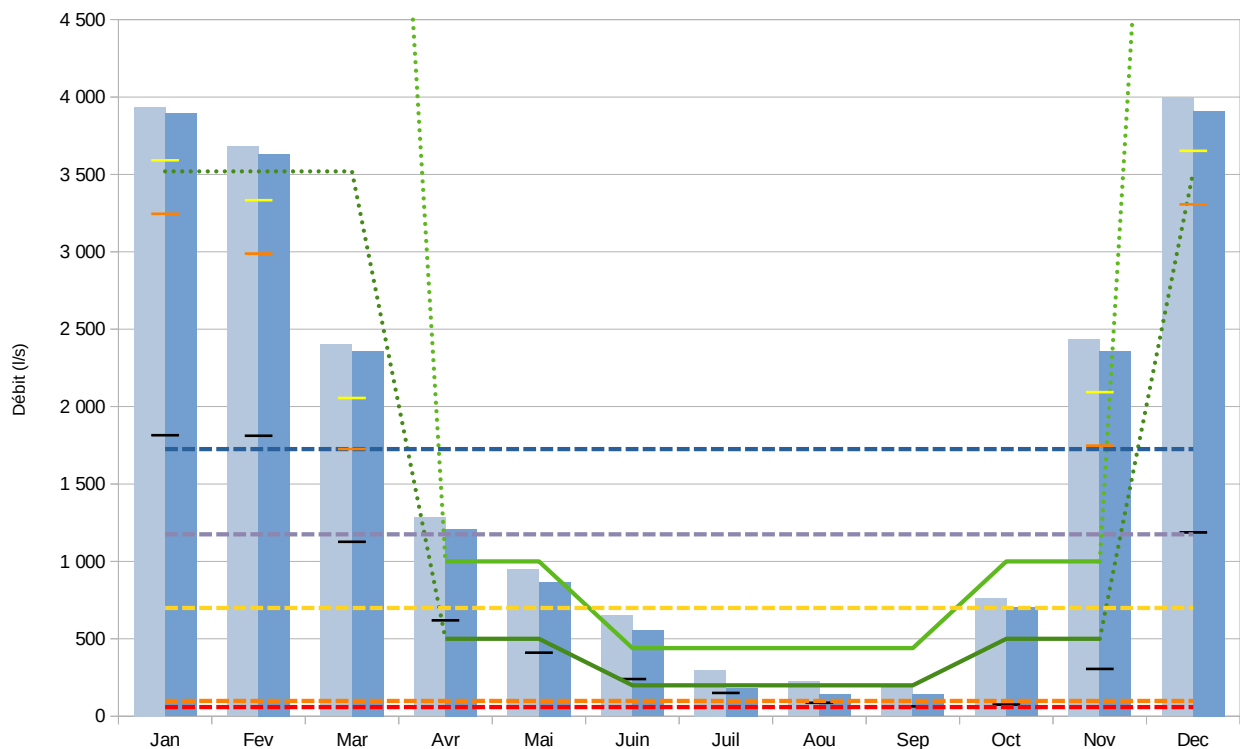
2.7.7.4 Synthèse des débits biologiques proposés

La synthèse des résultats des analyses « Estimhab », « Connectivité » et « Décolmatage des radiers », avec les propositions de débits biologiques est présentée dans la Figure 60.

Figure 60: Synthèse des débits biologiques proposés – Station de la Sèvre Nantaise à l'Elunière

| Sèvre Nantaise à l'Elunière | | Décolmatage + accès BRO ou TRF | | | Connectivité | | Estimhab | | | Connectivité | | Décol. +BRO +TRF | module | |
|-----------------------------|----------------|--------------------------------|--------|--------|--------------|-------|----------|-------|-------|--------------|-------|------------------|--------|--------|
| | | janv. | févr | mars | avr | mai | juin | juil | août | sept | oct | nov | | déc |
| Débit (l/s) | Désinfluencé | 3935,9 | 3679,2 | 2401,0 | 1283,9 | 948,4 | 650,6 | 297,6 | 223,7 | 192,3 | 761,4 | 2438,4 | 3997,5 | 1725,9 |
| | Influencé | 3892,4 | 3632,2 | 2358,4 | 1210,6 | 865,7 | 554,1 | 180,7 | 140,2 | 139,7 | 702,5 | 2356,3 | 3907,9 | 1651,8 |
| | QMNA5_Des | 1 815 | 1 812 | 1 126 | 620,0 | 411,0 | 240,0 | 150,0 | 87,0 | 64,0 | 76,0 | 305,0 | 1 187 | |
| Connectivité | Autres espèces | | | | | | | | | | | | | |
| | Anguilles | | | | | | | | | | | | | |
| | Brochet | | | | | | | | | | | | | |
| | Lit-Min | | | | | | | | | | | | | |
| Estimhab | SAR Chabot | | | | | | | | | | | | | |
| | SAR Truite | | | | | | | | | | | | | |
| Décolmatage | radiers | | | | | | | | | | | | | |
| Débit biologique Seuil haut | | 11040 | 11040 | 11040 | 1000 | 1000 | 440 | 440 | 440 | 440 | 1000 | 1000 | 11040 | |
| Débit biologique Seuil bas | | 3520 | 3520 | 3520 | 500 | 500 | 200 | 200 | 200 | 200 | 500 | 500 | 3520 | |
| Débit de survie | | | | | | | 70 | 70 | 70 | 70 | | | | |

- Débits moyens mensuels [l.s-1] DESINF
- Débits moyens mensuels [l.s-1] INF
- Débits mensuels quinquennaux secs DESINF
- Seuil bas de débit biologique (l/s)
- Seuil bas indicatif de débit biologique (l/s)
- Seuil haut indicatif de débit biologique (l/s)
- Module DESINF
- Médiane (L/s) DESINF
- Débit annuel quinquennal sec DESINF
- QMNA2 DESINF
- Débit cible 0,2xM
- QMNA5 DESINF
- Débit cible 0,4xM
- Débit bio bas étude VP 2012



Le Tableau 74 permet de visualiser le nombre de jours où le pourcentage du temps, sur les périodes étudiées, où les débits proposés ne devraient pas être atteints.

Cette simulation a été réalisée pour la période 2008 à 2020.

Tableau 74: Nombre de jours de non dépassement des débits biologiques proposés

| | | Estimhab (juin à Sept.) | | | Connectivité (avril/mai, oct/Nov) | | Décolmatage (Déc. à mars) | |
|-------------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------|
| | | Débit de survie | Seuil bas de débit biologique | Seuil haut de débit biologique | Plage Basse | Plage Haute | Plage Basse | Plage Haute |
| Débit (l/s) | | 70 | 200 | 440 | 500 | 1000 | 3520 | 11040 |
| % ou Nb jours de non-respecté | Désinfluencé | 7% ou 8j | 54 % ou 66j | 79% ou 96j | 41% ou 50j | 63% ou 78j | 66 % ou 80j | 96 % ou 116j |
| | Influencé | 43% ou 53j | 68 % ou 83j | 83% ou 102j | 46% ou 56j | 66% ou 80j | 66 % ou 80j | 96 % ou 116j |

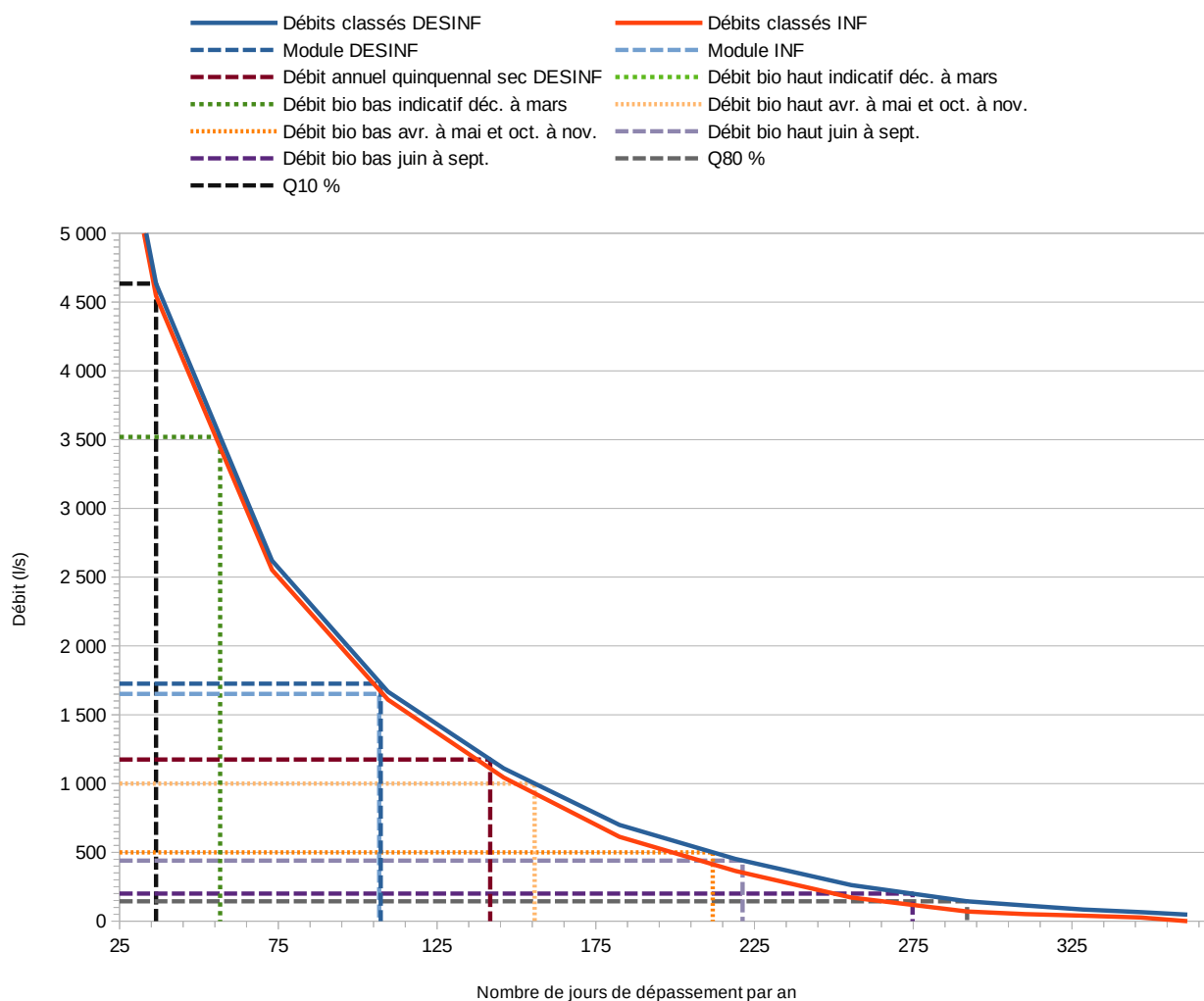


Figure 61: Courbe des débits classés – Station de la Sèvre Nantaise à l'Élunière

2.7.8 La Sèvre Nantaise à Montravers

2.7.8.1 Localisation des sites

La Figure 62 permet de localiser les sites concernés par l'approche « connectivité » (En bleu : limite aval « ESTIMHAB » 2012, en rouge : linéaire de connectivité « lit mineur », en vert : annexes hydrauliques).



Figure 62: Localisation des sites sur la Sèvre Nantaise à Montravers (Hydro Concept 2023)

2.7.8.2 Connectivité au sein du lit mineur

2.7.8.2.1 Habitat

| | | Berge1 | Berge2 | Berge3 | Berge4 | Habitat 1 | | Habitat 2 | | | | Habitat 3 | | | |
|----------------------------|------------------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| | | Débit (l/s) | Hauteur sous berge non utilisée (cm) | Taux occupation sous-berge en eau (%) | Longueur sous-berge en eau (*) | % linéaire sous berge en eau (B3/Ltot) | % total sous berge en eau (B2*B4) | Long. système racinaire (*) | % système racinaire | Nbr pierres grossières (>128 mm) (*) | Nbr gros bois (>10cm) (*) | Nbr petit bois (*) | Nbr (Bois + pierre) pour 100 m ² | hauteur d'eau faciès courant | végétation aquatique (%) |
| Sevre_amont 2 - Connec3 | C1 | 5910 | 0 | 100 | 32 | 12 | 11,8 | 39 | 14 | 120 | 55 | 130 | 15,9 | Radier (70 cm) | 1 |
| | C2 | 1185 | 0 | 100 | 21 | 8 | 7,7 | 32 | 12 | 91 | 49 | 110 | 14,4 | Radier (30 cm) | 10 |
| | Variation | | 0 | 0% | -34% | -34% | -34% | -18% | -18% | -24% | -11% | -15% | -10% | | |
| Sevre_amont 2 - Connec4 | C1 | 5910 | 0 | 100 | 22 | 8 | 8,1 | 46 | 17 | 148 | 44 | 162 | 18,5 | Radier (85 cm) | 3 |
| | C2 | 1185 | 18 | 64 | 8 | 3 | 1,9 | 42 | 15 | 61 | 12 | 100 | 9,9 | Radier (15 cm) | 10 |
| | Variation | | 18 | -36% | -64% | -64% | -77% | -9% | -9% | -59% | -73% | -38% | -46% | | |
| | | Moyenne C1 | 0,0 | 100,0 | 27,0 | 9,9 | 9,9 | 43 | 15,6 | 134 | 50 | 146 | 17 | 14,2 | 2,0 |
| | | Moyenne C2 | 9,0 | 82,0 | 14,5 | 5,3 | 4,8 | 37 | 13,6 | 76 | 31 | 105 | 12 | 10,2 | 10,0 |
| | | Ecart entre C1 et C2 | 9,0 | -18,0% | | -46,3% | -51,6% | | -12,9% | -43,3% | -38,4% | -28,1% | -29,3% | Perte d'habitats | 400,0% |
| | | | | | | | | | | | | | | % d'habitats (H1 à H3) | |

(*) si lors de la prospection à C1 (débit moyen) la valeur est inférieure à celle de C2 (débit faible), la valeur de la campagne C2 est reportée dans la campagne C1.

Figure 63: Analyse de la connectivité des habitats au sein du lit mineur – Station de la Sèvre Nantaise à Montravers

Entre les deux campagnes on observe une perte importante d'habitats (-28,5%) sur les deux sites. Le pourcentage d'habitats est considéré comme faible sur ces sites, bien que de deux fois supérieur à ceux observés sur le site de l'Elunière.

2.7.8.2.2 Franchissabilité des radiers

Les hauteurs d'eau observées sur les radiers ou plats courants lors des expertises de terrain à Conneq, au sein du lit mineur sont figurées ci-dessous.

| | Débit (l/s) | Données Estimhab | | Hauteur minimale (m) | |
|-----------|-------------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------|
| | | Hauteur moyenne (m) | Vitesse moyenne (m/s) | Conneq 1 | Conneq 2 |
| C1 | 5910 | 0,75 | 0,19 | 0,7 | 0,85 |
| C2 | 1185 | 0,49 | 0,11 | 0,3 | 0,15 |

| | | | | |
|--------------------|----|----|----|----|
| CHA/GOU/LOF | | | | |
| VAI | | | | |
| TRF | | | | |
| BAF | NC | NC | NC | NC |

Tableau 75: Analyse de la franchissabilité des radiers – Station de la Sèvre Nantaise à Montravers

Aucun problème de franchissabilité n'a été observé pour ces deux débits.

2.7.8.2.3 Décolmatage des radiers

Sur ces sites étudiés initialement en 2012 uniquement avec la méthode ESTIMHAB, les éléments relevés à l'époque sur le terrain ne permettent pas d'étudier la notion de décolmatage.

Pour évaluer les débits biologiques entre décembre et mars, on se concentrera alors par défaut sur les données de connectivité du brochet et du SAR de la truite (INRAE, 2023).

2.7.8.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques

Les résultats de l'analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques sont présentés dans le Tableau 76 :

| | | Sevre amont - Annexe 7 | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------|----|
| | Campagne | C1 | C2 | |
| | Date relevé : | 30/3/23 | 25/5/23 | |
| | Débit mesuré dans le cours d'eau (l/s) : | 5910 | 1185 | |
| Connectivité aux annexes hydrauliques | Type annexe hydraulique | Affluent | | |
| | Description annexe (largeur en eau) | largeur 1 m | | |
| | Commentaires | | | |
| | A: Fond cours d'eau (cm) | 0 | 0 | |
| | B: Entrée annexe (cm) | 40 | 40 | |
| | C: Ligne d'eau cours d'eau (cm) | 90 | 55 | |
| | D: Ligne d'eau aval annexe (cm) | 90 | 55 | |
| | E: hauteur d'eau annexe (D-B) en cm | 50 | 15 | |
| | F: Distance annexe et cours d'eau (cm) | 0 | 0 | |
| | G: Pente (%) | | | |
| H: Dénivelé (cm) | 0 | 0 | | |
| | Connexion annexe (Hors d'eau Partiellement en eau Totalemment en eau) | Totalemment en eau | Totalemment en eau | |
| Espèces et tirant d'eau minimal (ICE) | BAF | 10 | NC | NC |
| | TRF | 5 | | |
| | CHA | 5 | | |
| | LOF | 5 | | |
| | GOU | 5 | | |
| | VAI | 5 | | |
| | BRO | 15 | | |
| | ANG | 2 | | |

Cette annexe est facilement accessible à débit médian pour l'ensemble des espèces, hormis pour le brochet.

| | | Sevre amont - Annexe 6 | | Sevre amont - Annexe 8 | |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------|
| | Campagne | C1 | C2 | C1 | C2 |
| | Date relevé : | 30/3/23 | 25/5/23 | 30/3/23 | 23/5/23 |
| | Débit mesuré dans le cours d'eau (l/s) : | 5910 | 1185 | 5910 | 1185 |
| Descriptif annexes hydrauliques | Type annexe hydraulique | Bras mort colonisé par joncs et hélophytes | | Bras mort colonisé par joncs, saules et hélophytes | |
| | Surface (m ²) | 770 | 296 | 1120 | 521 |
| | Evolution de la surface de l'annexe (%) | | -62% | | -53% |
| | Commentaires | Fort potentiel brochet, mais accessibilité annexe entravée par un merlon de terre à sa confluence | | Fort potentiel brochet, mais accessibilité annexe entravée par ripisylve | |
| | A: Cote fond cours d'eau (cm) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | B: Cote entrée annexe (cm) | 110 | 110 | 30 | 30 |
| | C: Cote ligne d'eau cours d'eau (cm) | 60 | 30 | 90 | 50 |
| | C1- C2 | | -30 | | -40 |
| | D: Cote ligne d'eau aval annexe (cm) | 114 | 90 | 90 | 50 |
| | E: hauteur d'eau entrée annexe (D-B) en cm | 4 | assec | 60 | 20 |
| H: Dénivelé (cm) (D-C) | 54 | 60 | 0 | 0 | |
| Connexion annexe (Hors d'eau Partiellement en eau Totalemment en eau) | Partiellement en eau | Hors d'eau | Totalemment en eau | Partiellement en eau | |
| Espèces et tirant d'eau minimal (ICE) | | Connectivité | | Connectivité | |
| | BRO 0,15 | | | | |
| | ANG 0,02 | | | | |

Tableau 76: Analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes – Station de la Sèvre Nantaise à Montravers

Ces annexes présentent un réel potentiel pour le brochet, mais la baisse importante de surface moyenne entre les deux campagnes (- 57%) ne permet pas au brochet de se développer dans de bonnes conditions. L'accessibilité pour cette espèce est d'autant plus réduite qu'un merlon de terre obstrue la connexion avec l'annexe 6.

La connectivité au sein du lit mineur semble assurée, même à bas débit. Toutefois on observe une perte d'habitats importante en berge, en dessous de 1000 l/s (voir partie 2.7.8.2). **En dessous de 2000 l/s la connectivité pour l'anguille est moyenne. Cette dernière valeur est retenue comme seuil bas pour les débits biologiques hivernaux.**

Pour le brochet, la connectivité devient médiocre en dessous de 2000 l/s, et moyenne en dessous de 6000 l/s. Cette dernière valeur est retenue comme seuil haut pour les débits biologiques hivernaux.

Sur la station de la Sèvre Nantaise à Montravers, la plage de débits biologiques printaniers et automnaux se situe entre une valeur basse de 1000 l/s et une valeur haute de 2000 l/s.

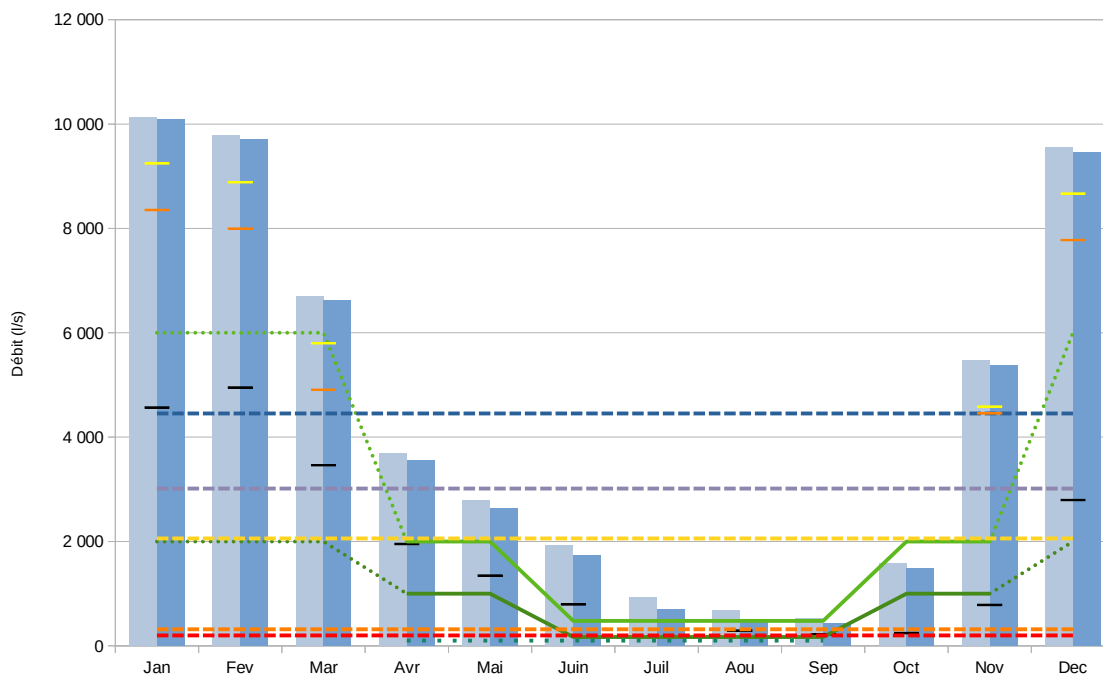
2.7.8.4 Synthèse des débits biologiques proposés

La synthèse des résultats des analyses « Estimhab », « Connectivité » et l’accessibilité des annexes par le brochet et le SAR de la truite, avec les propositions de débits biologiques est présentée dans la Figure 64.

Figure 64: Synthèse des débits biologiques proposés – Station de la Sèvre Nantaise à Montravers

| | | accès BRO ou TRF | | | Connectivité | | Estimhab | | | Connectivité | | BRO +TRF | | |
|-----------------------------|--------------------|------------------|--------|--------|--------------|--------|----------|-------|-------|--------------|--------|----------|--------|--------|
| | | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | module |
| Débit (l/s) | Désinfluencé (l/s) | 10135,7 | 9777,0 | 6690,1 | 3697,3 | 2787,4 | 1932,5 | 921,0 | 675,7 | 524,4 | 1574,9 | 5476,2 | 9558,9 | 4453,5 |
| | Influencé (l/s) | 10082,0 | 9707,5 | 6619,3 | 3561,0 | 2632,1 | 1744,9 | 698,1 | 513,5 | 425,3 | 1492,8 | 5371,8 | 9453,3 | 4328,7 |
| | QMNA5_Des | 4 566 | 4 952 | 3 462 | 1 952 | 1 348 | 793,0 | 490,0 | 293,0 | 222,0 | 244,0 | 784,0 | 2 794 | |
| Connectivité | Autres espèces | | | | | | | | | | | | | |
| | Anguilles | | | | | | | | | | | | | |
| | Brochet | | | | | | | | | | | | | |
| | Lit-Min | | | | | | | | | | | | | |
| | Des radiers | | | | | | | | | | | | | |
| Estimhab | SAR Chabot | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| | SAR Truite | | | | | | | | | | | | | |
| BRO ou TRF | radiers | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| Débit biologique Seuil haut | | 6000 | 6000 | 6000 | 2000 | 2000 | 480 | 480 | 480 | 480 | 2000 | 2000 | 6000 | |
| Débit biologique Seuil bas | | 2000 | 2000 | 2000 | 1000 | 1000 | 170 | 170 | 170 | 170 | 1000 | 1000 | 2000 | |

- Débits moyens mensuels [l.s-1] DESINF
- Débits moyens mensuels [l.s-1] INF
- Débits mensuels quinquennaux secs DESINF
- Seuil bas de débit biologique (l/s)
- Seuil bas indicatif de débit biologique (l/s)
- Seuil haut indicatif de débit biologique (l/s)
- Seuil haut de débit biologique (l/s)
- Mediane (L/s) DESINF
- Module DESINF
- Débit annuel quinquennal sec DESINF
- QMNA2 DESINF
- QMNA5 DESINF
- Débit cible 0,2xM
- Débit cible 0,4xM
- Débit cible 0,6xM
- Débit bio bas étude VP 2012



Le Tableau 77 permet de visualiser le nombre de jours où le pourcentage du temps, sur les périodes étudiées, où les débits proposés ne devraient pas être atteints.

Cette simulation a été réalisée pour la période 2008 à 2020.

Tableau 77: Nombre de jours de non dépassement des débits biologiques proposés

| | | Connectivité (avril/mai, oct/Nov) | | Décolmatage (Déc. à mars) | |
|-------------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| | | Plage Basse | Plage Haute | Plage Basse | Plage Haute |
| % ou Nb jours de non-respecté | Débit (l/s) | 1000 | 2000 | 2000 | 6000 |
| | Désinfluencé | 28% ou 35j | 52% ou 64j | 8% ou 10j | 45% ou 54j |
| | Influencé | 32% ou 39J | 55% ou 67j | 9% ou 11j | 45% ou 55j |

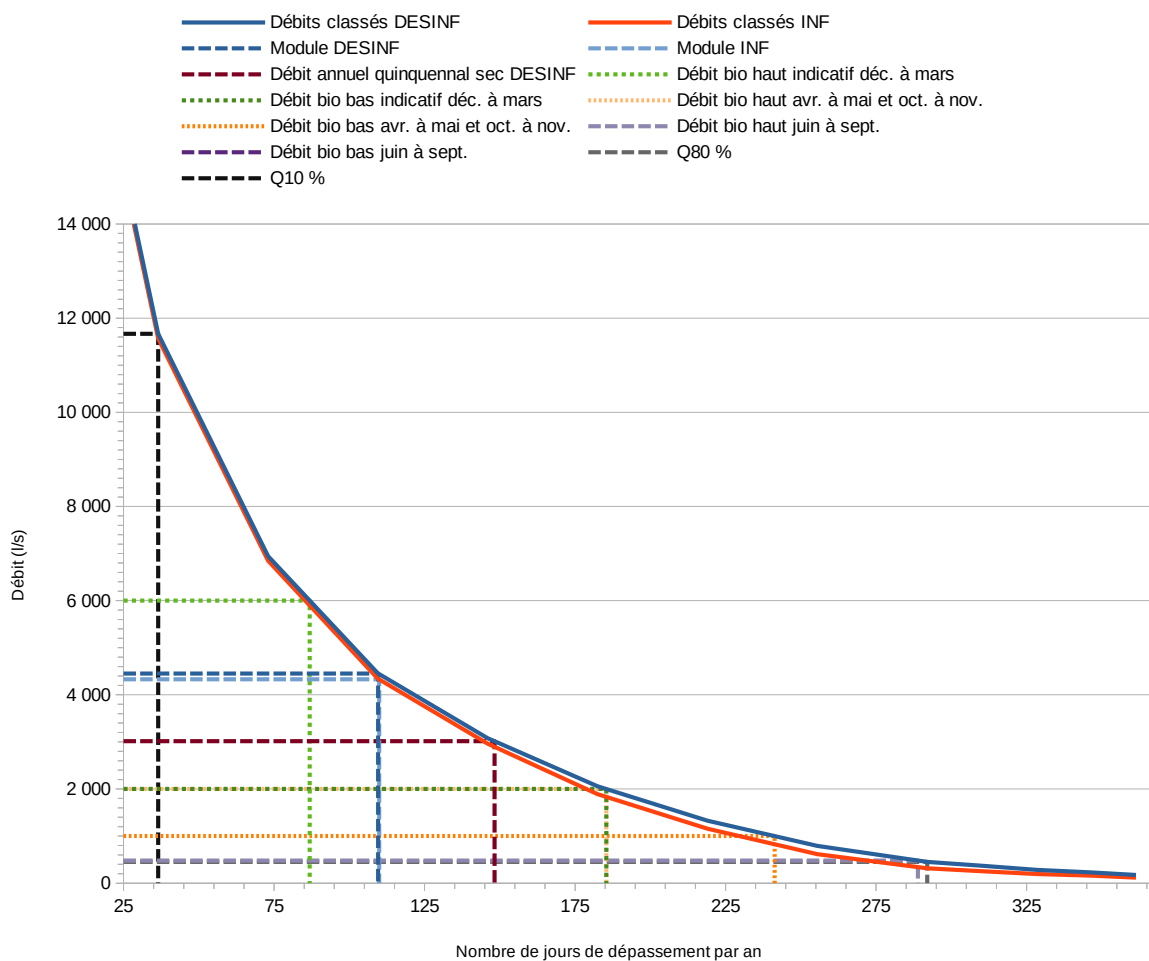


Figure 65: Courbe des débits classés – Station de la Sèvre Nantaise à Montravers

2.7.9 La Sèvre Nantaise à Tiffauges

2.7.9.1 Localisation des sites

La Figure 66 permet de localiser les sites concernés par l'approche « connectivité » (En bleu : limite aval « ESTIMHAB » 2012, en rouge : linéaire de connectivité « lit mineur », en vert : annexes hydrauliques).



Figure 66: Localisation des sites sur la Sèvre Nantaise à Tiffauges (Hydro Concept 2023)

2.7.9.2 Connectivité au sein du lit mineur

2.7.9.2.1 Habitat

| | | Berge1 | Berge2 | Berge3 | Berge4 | Habitat 1 | | Habitat 2 | | | | Habitat 3 | | | |
|-----------------------------|------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------|
| | | Hauteur sous berge non utilisée (cm) | Taux occupation sous-berge en eau (%) | Longueur sous-berge en eau (*) | % linéaire sous berge en eau (B3/Ltot) | % total sous berge en eau (B2*B4) | Long. système racinaire (*) | % système racinaire | Nbr pierres grossières (>128 mm) (*) | Nbr gros bois (>10cm) (*) | Nbr petit bois (*) | Nbr (Bois + pierre) pour 100 m ² | hauteur d'eau faciès courant | végétation aquatique (%) | |
| Sevre_moy_1 - Conne1 | C1 | 12200 | 0 | 100 | 32 | 9 | 9,4 | 50 | 15 | 1980 | 16 | 46 | 64,7 | Radier (50 cm) | 2 |
| | C2 | 1440 | 12 | 91 | 28 | 8 | 7,5 | 40 | 12 | 1700 | 14 | 44 | 58,5 | Radier (20 cm) | 10 |
| | Variation | | 12 | -9% | -13% | -13% | -20% | -20% | -20% | -14% | -13% | -4% | -10% | | |
| Sevre_moy_1 - Conne2 | C1 | 12200 | 0 | 100 | 21 | 6 | 6,2 | 45 | 13 | 1510 | 7 | 34 | 49,1 | Plat | 2 |
| | C2 | 1440 | 26 | 78 | 15,5 | 5 | 3,6 | 35 | 10 | 1400 | 4 | 19 | 47,3 | Plat | 5 |
| | Variation | | 26 | -22% | -26% | -26% | -42% | -22% | -22% | -7% | -43% | -44% | -4% | | |
| Moyenne C1 | | | 0,0 | 100,0 | 26,5 | 7,8 | 7,8 | 48 | 14,0 | 1745 | 12 | 40 | 57 | 26,2 | 2,0 |
| Moyenne C2 | | | 19,0 | 84,5 | 21,8 | 6,4 | 5,5 | 38 | 11,0 | 1550 | 9 | 32 | 53 | 23,2 | 7,5 |
| Ecart entre C1 et C2 | | | 19,0 | -15,5% | | -17,9% | -29,1% | | -21,1% | -11,2% | -21,7% | -21,3% | -7,0% | Perte d'habitats -11,7% | 275,0% |

(*) si lors de la prospection à C1 (débit moyen) la valeur est inférieure à celle de C2 (débit faible), la valeur de la campagne C2 est reportée dans la campagne C1.

Figure 67: Analyse de la connectivité des habitats au sein du lit mineur – Station de la Sèvre Nantaise à Tiffauges

Entre les deux campagnes on observe une perte moyenne d'habitats (-19%) sur les deux sites. Le pourcentage d'habitats est considéré comme moyen, malgré un recouvrement élevé en blocs et pierres. Les sous-berges et systèmes racinaires subissent la perte d'habitat la plus importante entre ces deux débits.

2.7.9.2.2 Franchissabilité des radiers

Les hauteurs d'eau observées sur les radiers ou plats courants lors des expertises de terrain à Connec, au sein du lit mineur sont figurées ci-dessous.

| | Débit (l/s) | Données Estimhab | | Hauteur minimale (m) | |
|--------------------|-------------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------|
| | | Hauteur moyenne (m) | Vitesse moyenne (m/s) | Connec 1 | Connec 2 |
| C1 | 12200 | 0,62 | 0,19 | 0,5 | >0,5 |
| C2 | 1440 | 0,52 | 0,11 | 0,2 | >0,5 |
| CHA/GOU/LOF | | | | | |
| VAI | | | | | |
| TRF | | | | | |
| BAF | | | | | |

Tableau 78: Analyse de la franchissabilité des radiers – Station de la Sèvre Nantaise à Tiffauges

Aucun problème de franchissabilité n'a été observé pour ces deux débits. En dessous de 1000 l/s, on estime toutefois que les radiers seront plus difficiles à franchir pour les barbeaux.

2.7.9.2.3 Décolmatage des radiers

Sur ces sites étudiés initialement en 2012 uniquement avec la méthode ESTIMHAB, les éléments relevés à l'époque sur le terrain ne permettent pas d'étudier la notion de décolmatage.

Pour évaluer les débits biologiques entre décembre et mars, on se concentrera alors sur les données de connectivité du brochet, du SAR de la truite (INRAE, 2023).

2.7.9.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques

Les résultats de l'analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques sont présentés dans le Tableau 79 :

| | | Sèvre moyenne - Annexe 1 | |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| | Campagne | C1 | C2 |
| | Date relevé : | 6/4/23 | 12/6/23 |
| | Débit mesuré dans le cours d'eau (l/s) : | 12200 | 1440 |
| Connectivité aux annexes hydrauliques | Type annexe hydraulique | La Crême | |
| | Description annexe (largeur en eau) | 4 | |
| | Commentaires | Fort potentiel | |
| | A: Fond cours d'eau (cm) | 0 | 0 |
| | B: Entrée annexe (cm) | 30 | 30 |
| | C: Ligne d'eau cours d'eau (cm) | 80 | 20 |
| | D: Ligne d'eau aval annexe (cm) | 95 | 35 |
| | E: hauteur d'eau annexe (D-B) en cm | 65 | 5 |
| | F: Distance annexe et cours d'eau (cm) | 200 | 200 |
| | G: Pente (%) | 8% | 8% |
| H: Dénivelé (cm) | 15 | 15 | |
| | Connexion annexe (Hors d'eau Partiellement en eau Totalemment en eau) | Totalemment en eau | Partiellement en eau |
| Espèces et tirant d'eau minimal (ICE) | BAF 10 | NC | NC |
| | TRF 5 | | |
| | CHA 5 | | |
| | LOF 5 | | |
| | GOU 5 | | |
| | VAI 5 | | |
| | BRO 15 | | |
| | ANG 2 | | |

Tableau 79: Analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes – Station de la Sèvre Nantaise à Tiffauges

Au débit médian, la Crême (affluent rive gauche de la Sèvre Nantaise à Tiffauges) est moyennement accessible pour les petites espèces. Le brochet aura plus de difficulté à franchir les différents radiers présents au niveau de la confluence.

La connectivité au sein du lit mineur semble assurée, sauf à bas débit pour le barbeau sur les radiers. De plus on observe une perte d'habitats en berge, en dessous de 3000 l/s (voir partie 2.7.9.2). En dessous de 1000 l/s la connectivité au sein du lit mineur semble dégradée. La connectivité pour l'anguille reste bonne, hormis à bas débit.

Pour le brochet, à partir des données Estimhab, on estime qu'une élévation de 10 cm de la hauteur d'eau (correspondant à un débit de 9 m³/s) permettra au brochet d'accéder sans trop de difficulté à la Crême. En dessous de 4 m³/s, le brochet commencera à avoir de réels difficultés. Ces valeurs sont retenues comme seuil pour les débits biologiques hivernaux.

Sur la station de la Sèvre Nantaise à Tiffauges, la plage de débits biologiques printaniers et automnaux se situe entre une valeur basse de 1000 l/s et une valeur haute de 3000 l/s.

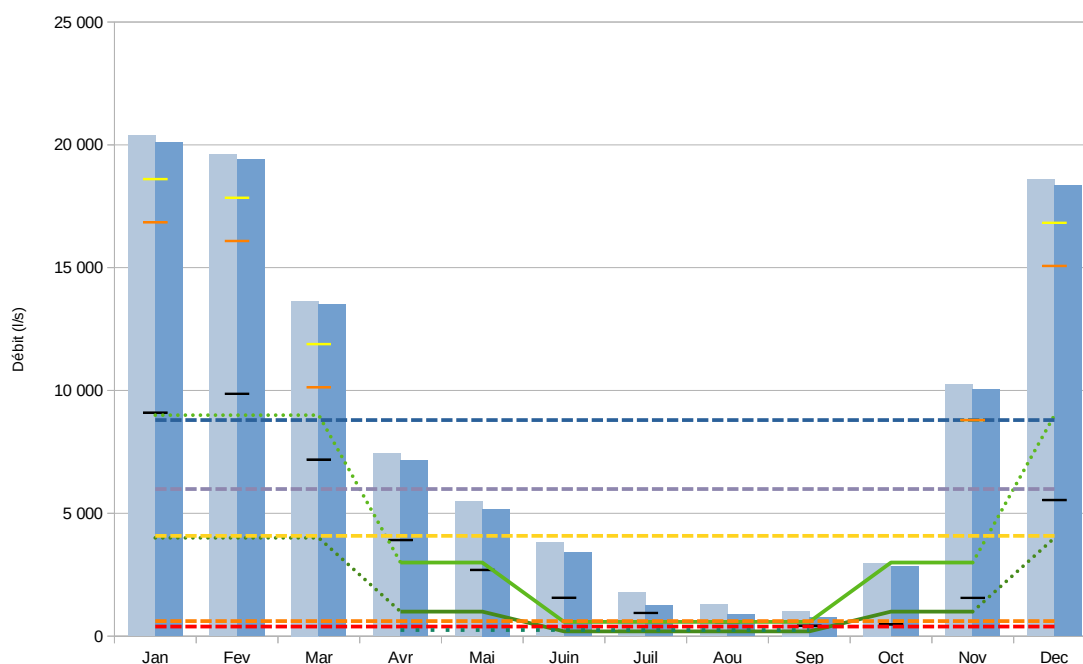
2.7.9.4 Synthèse des débits biologiques proposés

La synthèse des résultats des analyses « Estimhab », « Connectivité » et l’accessibilité des annexes par le brochet et le SAR de la truite, avec les propositions de débits biologiques est présentée dans la Figure 68. Les seuils haut et bas en période de basses eaux (juin et septembre) ont été définis à partir de la méthode ESTIMHAB (INRAE).

Figure 68: Synthèse des débits biologiques proposés – Station de la Sèvre Nantaise à Tiffauges

| Sèvre Nantaise à Tiffauges | | Accès BRO | | | Connectivité | | Estimhab | | | Connectivité | | BRO | module | |
|-----------------------------|----------------|-----------|---------|---------|--------------|--------|----------|--------|--------|--------------|--------|---------|---------|--------|
| | | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept | oct | nov | | déc |
| Débit (l/s) | Désinfluencé | 20367,8 | 19605,9 | 13648,1 | 7430,4 | 5486,3 | 3806,5 | 1786,0 | 1298,6 | 1020,1 | 2983,7 | 10243,7 | 18587,5 | 8797,5 |
| | Influencé | 20094,2 | 19405,7 | 13504,4 | 7158,6 | 5181,2 | 3418,0 | 1244,7 | 880,0 | 778,3 | 2828,9 | 10045,7 | 18336,2 | 8507,9 |
| | QMNA5_Des | 9099,2 | 9865,2 | 7188,1 | 3914,0 | 2698,3 | 1565,0 | 946,8 | 567,0 | 428,3 | 477,0 | 1559,2 | 5543,4 | |
| Connectivité | Autres espèces | | | | | | | | | | | | | |
| | Anguilles | | | | | | | | | | | | | |
| | Brochet | | | | | | | | | | | | | |
| | Lit-Min | | | | | | | | | | | | | |
| | Des radiers | | | | | | | | | | | | | |
| Estimhab | SAR Chabot | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| | SAR Truite | | | | | | | | | | | | | |
| BRO | | | | | | | | | | | | | | |
| Débit biologique Seuil haut | | 9000 | 9000 | 9000 | 3000 | 3000 | 580 | 580 | 580 | 580 | 3000 | 3000 | 9000 | |
| Débit biologique Seuil bas | | 4000 | 4000 | 4000 | 1000 | 1000 | 200 | 200 | 200 | 200 | 1000 | 1000 | 4000 | |

- Débits moyens mensuels [l.s-1] DESINF
- Débits moyens mensuels [l.s-1] INF
- Débits moyens quinquennaux secs DESINF
- Débits moyens quinquennaux secs INF
- Seuil bas indicatif de débit biologique (l/s)
- Seuil haut indicatif de débit biologique (l/s)
- Seuil bas de débit biologique (l/s)
- Seuil haut de débit biologique (l/s)
- Mediane (L/s) DESINF
- Débit annuel quinquennal sec DESINF
- Débit annuel quinquennal sec INF
- QMNA2 DESINF
- QMNA5 DESINF
- Débit cible 0,2xM
- Débit cible 0,4xM
- Débit cible 0,6xM
- Débit bio bas étude VP 2012



Le Tableau 80 permet de visualiser le nombre de jours où le pourcentage du temps, sur les périodes étudiées, où les débits proposés ne devraient pas être atteints.

Cette simulation a été réalisée pour la période 2008 à 2020.

Tableau 80: Nombre de jours de non dépassement des débits biologiques proposés

| | | Connectivité (avril/mai, oct/Nov) | | Décolmatage (Déc. à mars) | |
|-------------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| | | Plage Basse | Plage Haute | Plage Basse | Plage Haute |
| | Débit (l/s) | 1000 | 3000 | 4000 | 9000 |
| % ou Nb jours de non-respecté | Désinfluencé | 21% ou 26j | 41% ou 50j | 8% ou 10j | 32% ou 39j |
| | Influencé | 22% ou 27j | 44% ou 54j | 9% ou 11j | 33% ou 40j |

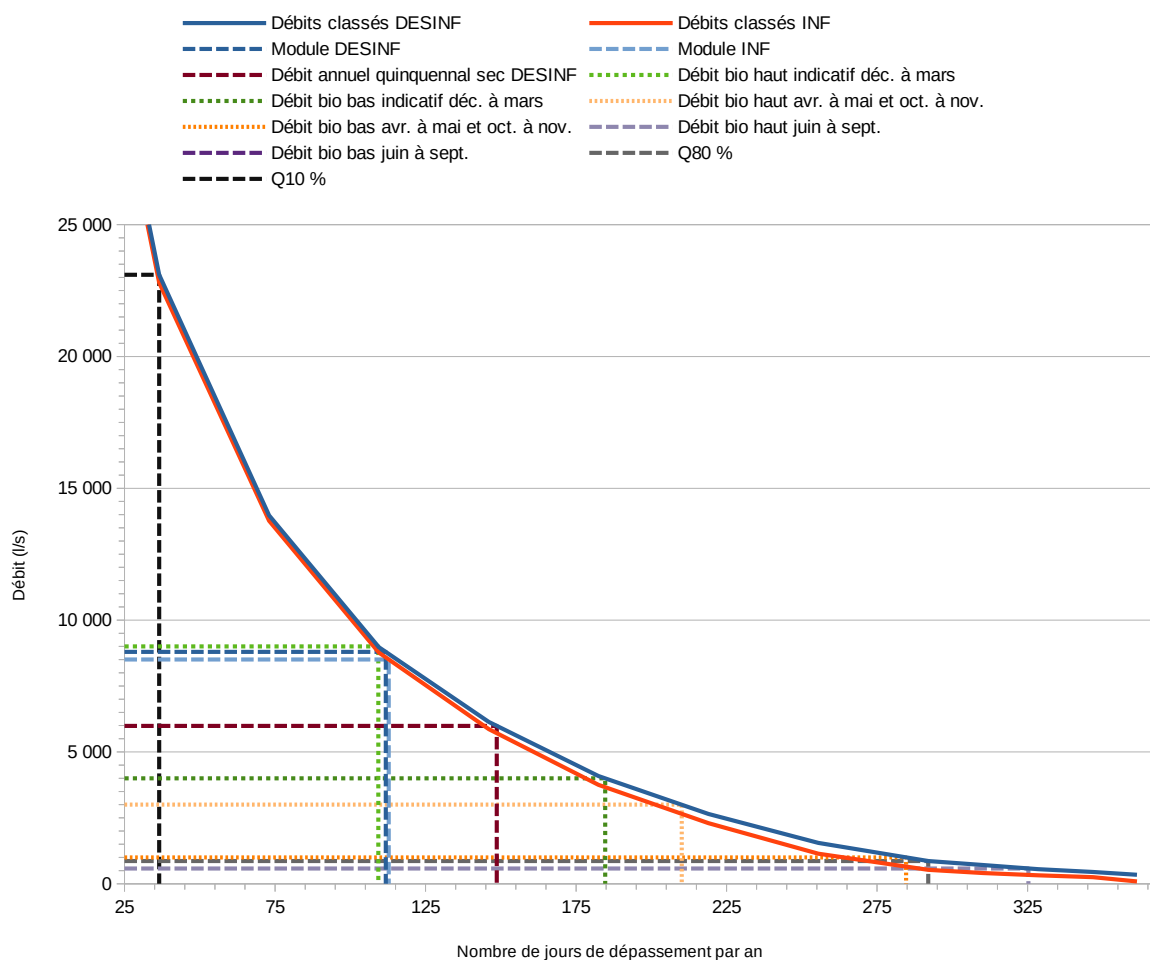


Figure 69: courbe des débits classés – Station de la Sèvre Nantaise à Tiffauges

2.7.10 La Moine à Cholet

2.7.10.1 Localisation des sites

La Figure 70 permet de localiser les sites concernés par l'approche « connectivité » (En bleu : limite aval « ESTIMHAB » 2012, en rouge : linéaire de connectivité « lit mineur », en vert : annexes hydrauliques).



Figure 70: Localisation des sites sur la Moine à Cholet (Hydro Concept 2023)

2.7.10.2 Connectivité au sein du lit mineur

2.7.10.2.1 Habitat

| | | Berge 1 | Berge 2 | Berge 3 | Berge 4 | Habitat 1 | Habitat 2 | | | | | Habitat 3 | | | |
|-----------------------------|------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------|
| Débit (l/s) | | Hauteur sous berge non utilisée (cm) | Taux occupation sous-berge en eau (%) | Longueur sous-berge en eau (*) | % linéaire sous berge en eau (B3/Ltot) | % total sous berge en eau (B2*B4) | Long. système racinaire (*) | % système racinaire | Nbr pierres grossières (>128 mm) (*) | Nbr gros bois (>10cm) (*) | Nbr petit bois (*) | Nbr (Bois + pierre) pour 100 m ² | hauteur d'eau faciès courant | végétation aquatique (%) | |
| Moine2-Connec1 | C1 | 1520 | 11 | 87 | 25,5 | 20 | 17,6 | 27 | 21 | 105 | 6 | 32 | 31,1 | Radier (25 cm) | 1 |
| | C2 | 507 | 17 | 50 | 18 | 14 | 7,1 | 7,5 | 6 | 46 | 5 | 29 | 18,5 | Radier (20 cm) | 15 |
| | Variation | | 6 | -43% | -29% | -29% | -59% | -72% | -72% | -56% | -17% | -9% | -40% | | |
| Moine2-Connec2 | C1 | 1520 | 7 | 99 | 52 | 41 | 40,9 | 13,5 | 12 | 43 | 17 | 58 | 28,8 | Plat (50 cm) | 1 |
| | C2 | 507 | 13 | 62 | 52 | 41 | 25,6 | 13,5 | 12 | 31 | 16 | 53 | 26,0 | Plat (50 cm) | 1 |
| | Variation | | 6 | -37% | 0% | 0% | -37% | 0% | 0% | -28% | -6% | -9% | -10% | | |
| Moyenne C1 | | | 9,0 | 93,0 | 38,8 | 30,8 | 29,2 | 20 | 16,7 | 74 | 12 | 45 | 30 | 25,3 | 1,0 |
| Moyenne C2 | | | 15,0 | 56,0 | 35,0 | 27,8 | 16,4 | 11 | 9,0 | 39 | 11 | 41 | 22 | 15,9 | 8,0 |
| Ecart entre C1 et C2 | | | 6,0 | -39,8% | | -9,7% | -44,0% | | -46,2% | -48,0% | -8,7% | -8,9% | -25,6% | Perte d'habitats -37,2% | 700,0% |

(*) si lors de la prospection à C1 (débit moyen) la valeur est inférieure à celle de C2 (débit faible), la valeur de la campagne C2 est reportée dans la campagne C1.

Figure 71: Analyse de la connectivité des habitats au sein du lit mineur – Station de la Moine à Cholet

Entre les deux campagnes on observe une perte importante d'habitats (-37%) sur les deux sites. Le pourcentage d'habitats est considéré comme moyen à 1520 l/s, et faible à 507 l/s. Le croisement des observations de terrain et des résultats produits par ESTIMHAB suggère qu'un taux d'occupation des sous berge plus élevé, proche de celui obtenu à C1, correspond à un débit du cours d'eau proche des 750 l/s.

2.7.10.2.2 Franchissabilité des radiers

Les hauteurs d'eau observées sur les radiers ou plats courants lors des expertises de terrain des missions Connec, au sein du lit mineur sont figurées ci-dessous.

| | Débit (l/s) | Données Estimhab | | Hauteur minimale (m) | |
|-----------|-------------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------|
| | | Hauteur moyenne (m) | Vitesse moyenne (m/s) | Connec 1 | Connec 2 |
| C1 | 1520 | 0,51 | 0,41 | 0,25 | > 0,5 |
| C2 | 507 | 0,32 | 0,23 | 0,2 | > 0,5 |

| | | | | |
|--------------------|----|----|----|----|
| CHA/GOU/LOF | | | | |
| VAI | | | | |
| TRF | NC | NC | NC | NC |
| BAF | NC | NC | NC | NC |

Tableau 81: Analyse de la franchissabilité des radiers – Station de la Moine à Cholet

Aucun problème de franchissabilité n'a été observé pour ces deux débits. Toutefois, en considérant les résultats d'Estimhab, en dessous de 200 l/s les petites espèces pourraient avoir des difficultés à franchir les radiers.

2.7.10.2.3 Décolmatage des radiers

Sur ces sites étudiés initialement en 2012 uniquement avec la méthode ESTIMHAB, les éléments relevés à l'époque sur le terrain ne permettent pas d'étudier la notion de décolmatage.

Pour évaluer les débits biologiques entre décembre et mars, on se concentrera alors sur la capacité de l'anguille à accéder à ces annexes.

2.7.10.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques

Les résultats de l'analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques sont présentés dans le Tableau 82 :

| | | Moine 2 - Annexe 1 | | Moine 2 - Annexe 2 | | Moine 2 - Annexe 3 | |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|----------------------|---------------------------------|------------|---------------------------------|----------------------|
| | | C1 | C2 | C1 | C2 | C1 | C2 |
| Campagne | | | | | | | |
| Date relevé : | | 29/3/23 | 30/5/23 | 29/3/23 | 30/5/23 | 29/3/23 | 30/5/23 |
| Débit mesuré dans le cours d'eau (l/s) : | | 1520 | 507 | 1520 | 507 | 1520 | 507 |
| Connectivité aux annexes hydrauliques | Type annexe hydraulique | Affluent temporaire | | Affluent temporaire | | Affluent temporaire | |
| | Description annexe (largeur en eau) | Chute verticale - largeur 0,4 m | | Chute verticale - largeur 0,4 m | | Chute verticale - largeur 0,4 m | |
| | Commentaires | Faible potentiel | | Potentiel nul | | Potentiel nul | |
| | A: Fond cours d'eau (cm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | B: Entrée annexe (cm) | 110 | 110 | 70 | 70 | 105 | 105 |
| | C: Ligne d'eau cours d'eau (cm) | 70 | 40 | 33 | 25 | 16 | 15 |
| | D: Ligne d'eau aval annexe (cm) | 116 | 111 | 80 | Assec | 108 | 106 |
| | E: hauteur d'eau annexe (D-B) en cm | 6 | 1 | 10 | 0 | 3 | 1 |
| | F: Distance annexe et cours d'eau (cm) | 400 | 400 | 10 | 10 | 220 | 200 |
| | G: Pente (%) | 12% | 18% | 470% | | 42% | 46% |
| H: Dénivelé (cm) | 46 | 71 | 47 | | 92 | 91 | |
| Connexion annexe (Hors d'eau Partiellement en eau Totalemment en eau) | | Partiellement en eau | Partiellement en eau | Partiellement en eau | Hors d'eau | Partiellement en eau | Partiellement en eau |
| Espèces et tirant d'eau minimal (ICE) | BAF 10 | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| | TRF 5 | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| | CHA 5 | | | | | | |
| | LOF 5 | | | | | | |
| | GOU 5 | | | | | | |
| | VAI 5 | | | | | | |
| | BRO 15 | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| | ANG 2 | | | | | | |

Tableau 82: Analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes – Station de la Moine à Cholet

Ces annexes sont des ruisseaux temporaires, avec un fort dénivelé avec la Moine, et un faible potentiel piscicole sur leurs parties terminales.

On observe une perte d'habitats en berge, en dessous de 750 l/s (voir partie 2.7.10.2). En dessous d'un débit de 200 l/s, la capacité de franchissement des radiers sur la station par les petites espèces sera réduite. Pour rappel la plage de SAR du chabot proposée évolue entre une valeur basse de 150 l/s et une valeur haute de 420 l/s (INRAE, 2023).

En dessous de 1500 l/s, la connectivité des anguilles avec ces annexes sera limitée, mais en dessous de 700 l/s, la connectivité ne sera plus assurée.

Sur la station de la Moine à Cholet, la plage de débits biologiques printaniers et automnaux se situe entre une valeur basse de 200 l/s et une valeur haute de 750 l/s.

Entre décembre mars, on propose un seuil bas de 700 l/s et un seuil haut de 1500 l/s.

2.7.10.4 Synthèse des débits biologiques proposés

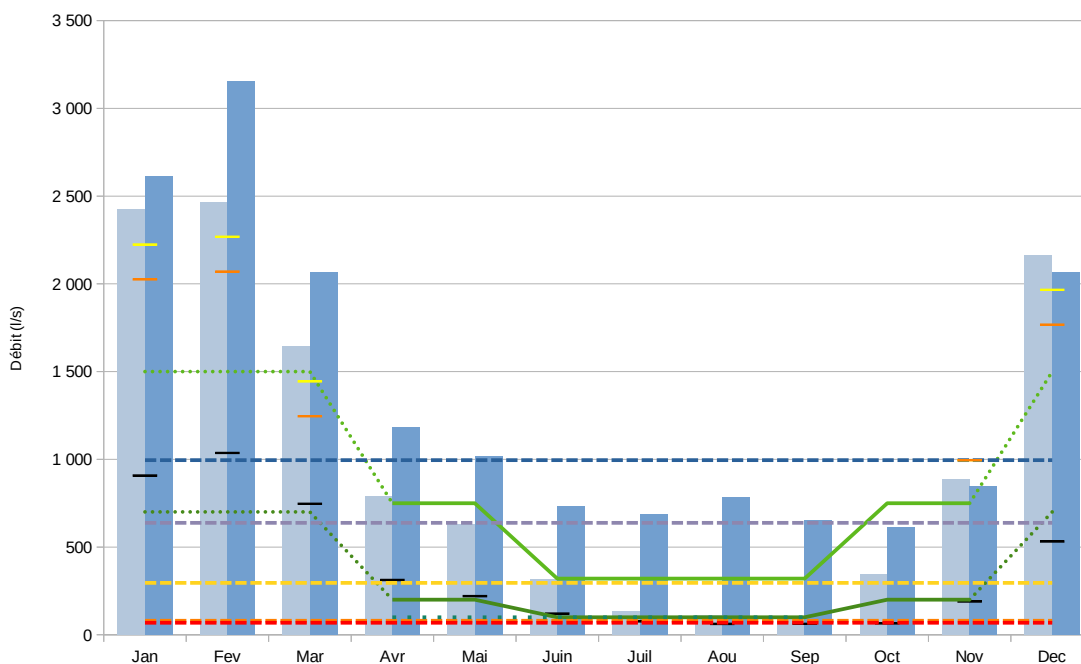
La synthèse des résultats des analyses « Estimhab », « Connectivité » et l’accessibilité des annexes et le SAR du chabot, avec les propositions de débits biologiques est présentée dans la Figure 72.

Les seuils haut et bas en période de basses eaux (juin et septembre) ont été définis à partir de la méthode ESTIMHAB (INRAE).

Figure 72: Synthèse des débits biologiques proposés – Station de la Moine à Cholet

| Moine à Cholet | | ANG | | | Connectivité | | Estimhab | | | Connectivité | | ANG | module | |
|-----------------------------|----------------|--------|--------|--------|--------------|--------|----------|-------|-------|--------------|-------|-------|--------|--------|
| | | janv. | févr | mars | avr | mai | juin | juil | août | sept | oct | nov | | déc |
| Débit (l/s) | Désinfluencé | 2423,1 | 2467,6 | 1643,4 | 791,3 | 631,9 | 319,2 | 133,7 | 113,7 | 101,9 | 344,4 | 886,5 | 2165,0 | 995,4 |
| | Influencé | 2610,4 | 3155,6 | 2067,2 | 1184,9 | 1016,0 | 732,3 | 689,3 | 782,3 | 650,0 | 613,9 | 846,6 | 2068,0 | 1359,7 |
| | QMNA5_Des | 907,2 | 1036,3 | 746,9 | 312,0 | 220,4 | 120,7 | 76,6 | 62,3 | 62,5 | 65,3 | 189,8 | 531,9 | |
| Connectivité | Autres espèces | | | | | | | | | | | | | |
| | Anguilles | | | | | | | | | | | | | |
| | Brochet | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| | Lit-Min | | | | | | | | | | | | | |
| | Des radiers | | | | | | | | | | | | | |
| Estimhab | SAR Chabot | | | | | | | | | | | | | |
| | SAR Truite | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| ANG | | | | | | | | | | | | | | |
| Débit biologique Seuil haut | | 1500 | 1500 | 1500 | 750 | 750 | 320 | 320 | 320 | 320 | 750 | 750 | 1500 | |
| Débit biologique Seuil bas | | 700 | 700 | 700 | 200 | 200 | 100 | 100 | 100 | 100 | 200 | 200 | 700 | |

- Débits moyens mensuels [l.s-1] DESINF
- Débits moyens mensuels [l.s-1] INF
- Débits mensuels quinquennaux secs DESINF
- Seuil bas de débit biologique (l/s)
- Seuil bas indicatif de débit biologique (l/s)
- Seuil haut indicatif de débit biologique (l/s)
- Seuil haut de débit biologique (l/s)
- Médiane (l/s) DESINF
- Débit annuel quinquennal sec DESINF
- Module DESINF
- Débit cible 0,2xM
- Débit cible 0,4xM
- Débit cible 0,6xM
- Débit bio bas étude VP 2012



Le Tableau 83 permet de visualiser le nombre de jours où le pourcentage du temps, sur les périodes étudiées, où les débits proposés ne devraient pas être atteints.

Cette simulation a été réalisée pour la période 2008 à 2020.

Tableau 83: Nombre de jours de non dépassement des débits biologiques proposés

| | | Connectivité (avril/mai, oct/Nov) | | Décolmatage (Déc. à mars) | |
|-------------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| | | Plage Basse | Plage Haute | Plage Basse | Plage Haute |
| Débit (l/s) | | 200 | 750 | 700 | 1500 |
| % ou Nb jours de non-respecté | Désinfluencé | 40% ou 48j | 77% ou 94j | 28% ou 34j | 54% ou 65j |
| | Influencé | 0,4% ou 1j | 67% ou 82j | 28% ou 34j | 52% ou 63j |

Figure 73: Courbe des débits classés – Station de la Moine à Cholet

2.7.11 La Moine à St-Crespin-sur-Moine

2.7.11.1 Localisation des sites

La Figure 74 permet de localiser les sites concernés par l'approche « connectivité » (En bleu : limite aval « ESTIMHAB » 2012, en rouge : linéaire de connectivité « lit mineur », en vert : annexes hydrauliques).



Figure 74: Localisation des sites sur la Moine à St-Crespin-sur-Moine (Hydro Concept 2023)

2.7.11.2 Connectivité au sein du lit mineur

2.7.11.2.1 Habitat

| | | Berge1 | Berge2 | Berge3 | Berge4 | Habitat 1 | | | | | | Habitat 2 | | | | Habitat 3 | | | |
|-------------------------|------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------------------------|------------------------------|--------------------------|------------|-----------|--|--|--|
| | | Hauteur sous berge non utilisée (cm) | Taux occupation sous-berge en eau (%) | Longueur sous-berge en eau (*) | % linéaire sous berge en eau (B3/Ltot) | % total sous berge en eau (B2*B4) | Long. système racinaire (*) | % système racinaire | Nbr pierres grossières (>128 mm) (*) | Nbr gros bois (>10cm) (*) | Nbr petit bois (*) | Nbr (Bois + pierre) pour 100 m ² | hauteur d'eau faciès courant | végétation aquatique (%) | | | | | |
| Moine2 - Connec3 | C1 | 2680 | 21 | 86 | 49,5 | 25 | 21,3 | 27 | 14 | 100 | 2 | 22 | 11,2 | > 0,5 m | 1 | | | | |
| | C2 | 1150 | 43 | 86 | 42 | 21 | 18,1 | 8,5 | 4 | 98 | 1 | 7 | 9,6 | > 0,4 m | 2 | | | | |
| | Variation | | 22 | 0% | -15% | -15% | -15% | -69% | -69% | -2% | -50% | -68% | -14% | | | | | | |
| Moine2 - Connec4 | C1 | 2680 | 15 | 97 | 44 | 22 | 21,3 | 68 | 34 | 55 | 7 | 29 | 8,2 | > 0,7 m | 0 | | | | |
| | C2 | 1150 | 17 | 95 | 43,5 | 22 | 20,7 | 13,5 | 7 | 44 | 7 | 29 | 7,3 | Radier (20 cm) | 0 | | | | |
| | Variation | | 2 | -2% | -1% | -1% | -3% | -80% | -80% | -20% | 0% | 0% | -12% | | | | | | |
| | | Moyenne C1 | 18,0 | 91,5 | 46,8 | 23,4 | 21,3 | 48 | 23,8 | 78 | 5 | 26 | 10 | 18,3 | 0,5 | | | | |
| | | Moyenne C2 | 30,0 | 90,5 | 42,8 | 21,4 | 19,4 | 11 | 5,5 | 71 | 4 | 18 | 8 | 11,1 | 1,0 | | | | |
| | | Ecart entre C1 et C2 | 12,0 | -1,1% | | -8,6% | -9,2% | -76,8% | -8,4% | -11,1% | -29,4% | -13,1% | -39,2% | 100,0% | | | | | |

(*) si lors de la prospection à C1 (débit moyen) la valeur est inférieure à celle de C2 (débit faible), la valeur de la campagne C2 est reportée dans la campagne C1.

Figure 75: Analyse de la connectivité des habitats au sein du lit mineur – Station de la Moine à St-Crespin-sur-Moine

Entre les deux campagnes on observe une perte importante d'habitats (-39%) sur les deux sites. Le pourcentage d'habitats est considéré comme faible. Le pourcentage d'occupation des sous-berges, devient faible en dessous de 1200 l/s.

2.7.11.2.2 Franchissabilité des radiers

Les hauteurs d'eau observées sur les radiers ou plats courants lors des expertises de terrain lors des missions Connec, au sein du lit mineur sont figurées ci-dessous.

| | Débit (l/s) | Données Estimhab | | Hauteur minimale (m) | |
|-----------|-------------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------------|
| | | Hauteur moyenne (m) | Vitesse moyenne (m/s) | Connec 3 | Connec 4 |
| C1 | 2680 | 0,55 | 0,44 | > 0,5 m | > 0,7 m |
| C2 | 1150 | 0,46 | 0,23 | > 0,4 m | Radier (20 cm) |

| | | | | |
|--------------------|----|----|----|----|
| CHA/GOU/LOF | | | | |
| VAI | | | | |
| TRF | NC | NC | NC | NC |
| BAF | NC | NC | NC | NC |

Tableau 84: Analyse de la franchissabilité des radiers – Station de la Moine à St-Crespin-sur-Moine

Aucun problème de franchissabilité n'a été observé pour ces deux débits. Toutefois en considérant les résultats d'Estimhab, en dessous de 250 l/s les petites espèces pourraient avoir des difficultés à franchir les radiers.

2.7.11.2.3 Décolmatage des radiers

Sur ces sites étudiés initialement en 2012 uniquement avec la méthode ESTIMHAB, les éléments relevés à l'époque sur le terrain ne permettent pas d'étudier la notion de décolmatage.

Pour évaluer les débits biologiques entre décembre et mars, on se concentrera alors sur la capacité du brochet et l'anguille à accéder à ces annexes.

2.7.11.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques

Les résultats de l'analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques sont présentés dans le Tableau 86 :

| | | Moine 2 - Annexe 5 | |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|
| | Campagne | C1 | C2 |
| | Date relevé : | 6/4/23 | 12/6/23 |
| | Débit mesuré dans le cours d'eau (l/s) : | 2680 | 1150 |
| Connectivité aux annexes hydrauliques | Type annexe hydraulique | Affluent | |
| | Description annexe (largeur en eau) | | |
| | Commentaires | Faible potentiel | |
| | A: Fond cours d'eau (cm) | 0 | 0 |
| | B: Entrée annexe (cm) | 90 | 90 |
| | C: Ligne d'eau cours d'eau (cm) | 35 | 20 |
| | D: Ligne d'eau aval annexe (cm) | 94 | 92 |
| | E: hauteur d'eau annexe (D-B) en cm | 4 | 2 |
| | F: Distance annexe et cours d'eau (cm) | 250 | 250 |
| | G: Pente (%) | 24% | 29% |
| Espèces et tirant d'eau minimal (ICE) | H: Dénivelé (cm) | 59 | 72 |
| | Connexion annexe (Hors d'eau Partiellement en eau Totalemment en eau) | Partiellement en eau | Partiellement en eau |
| Espèces et tirant d'eau minimal (ICE) | BAF 10 | NC | NC |
| | TRF 5 | NC | NC |
| | CHA 5 | | |
| | LOF 5 | | |
| | GOU 5 | | |
| | VAI 5 | | |
| | BRO 15 | NC | NC |
| | ANG 2 | | |

Tableau 85: Analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes – Station Moine à St-Crespin/Moine

A bas débit la connectivité de ce petit affluent n'est plus assurée, elle est même réduite une grande partie de l'année pour toutes les petites espèces. Seule l'anguille trouve de bonnes conditions d'accès pour des débits élevés.

| | | Moine 2 - Annexe 4 | |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------|
| | Campagne | C1 | C2 |
| | Date relevé : | 6/4/23 | 12/6/23 |
| | Débit mesuré dans le cours d'eau (l/s) : | 2680 | 1150 |
| Descriptif annexes hydrauliques | Type annexe hydraulique | Faible potentiel pour le brochet pour cette banquette colonisée par les | |
| | Surface (m²) | 110 | 62 |
| | Evolution de la surface de l'annexe (%) | | -44% |
| | Commentaires | faible potentiel, mais annexe colonisée par les alevins et batraciens | |
| | A: Cote fond cours d'eau (cm) | 0 | 0 |
| | B: Cote entrée annexe (cm) | 5 | 5 |
| | C: Cote ligne d'eau cours d'eau (cm) | 30 | 15 |
| | C1- C2 | | -15 |
| | D: Cote ligne d'eau aval annexe (cm) | 30 | 15 |
| | E: hauteur d'eau entrée annexe (D-B) en cm | 25 | 10 |
| H: Dénivelé (cm) (D-C) | 0 | 0 | |
| Connexion annexe (Hors d'eau Partiellement en eau Totalemment en eau) | Totalemment en eau | Partiellement en eau | |
| Espèces et tirant d'eau minimal (ICE) | | Connectivité | |
| | BRO 0,15 | | |
| | ANG 0,02 | | |

Tableau 86: Analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes - Station Moine à St-Crespin/Moine

Cette annexe est facilement connectée à haut débit, mais elle présente un faible potentiel.

On observe une perte d'habitats en berge, en dessous de 1200 l/s (voir partie 2.7.11.2). En dessous d'un débit de 250 l/s, la capacité de franchissement des radiers sur la station par les petites espèces sera fortement réduite. Pour rappel la plage de SAR du chabot proposée évolue entre une valeur basse de 200 l/s et une valeur haute de 550 l/s (INRAE, 2023).

Au-dessus de 1200 l/s, la connectivité des anguilles avec ces annexes sera assurée, mais en dessous de 400 l/s, la connectivité sera fortement réduite. Pour le brochet en dessous de 2000 l/s la connectivité avec les annexes sera réduite.

Sur la station de la Moine à St-Crespin-sur-Moine, la plage de débits biologiques printaniers et automnaux se situe entre une valeur basse de 550 l/s et une valeur haute de 1200 l/s.
Entre décembre mars, on propose un seuil bas de 1200 l/s et un seuil haut de 2000 l/s.

2.7.11.4 Synthèse des débits biologiques proposés

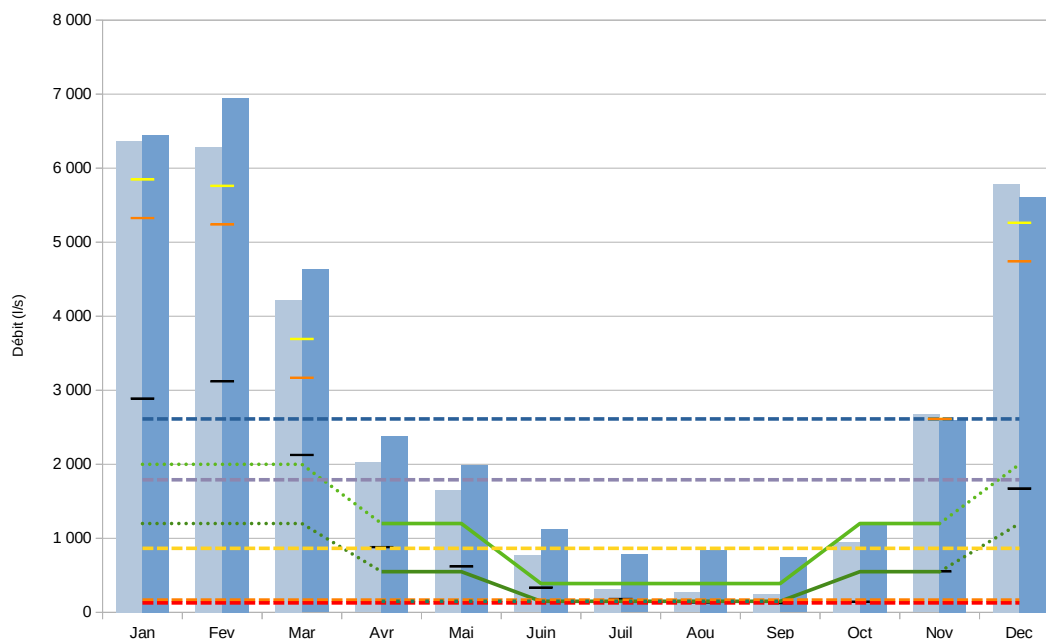
La synthèse des résultats des analyses « Estimhab », « Connectivité » et l'accessibilité des annexes et le SAR du chabot, avec les propositions de débits biologiques est présentée dans la Figure 76.

Les seuils haut et bas en période de basses eaux (juin et septembre) ont été définis à partir de la méthode ESTIMHAB.

Figure 76: Synthèse des débits biologiques proposés – Station de la Moine à St-Crespin-sur-Moine

| Moine à St-Crespin | | BRO + ANG | | | Connectivité | | Estimhab | | | Connectivité | | BRO + ANG | module | |
|-----------------------------|----------------|-----------|--------|--------|--------------|--------|----------|-------|-------|--------------|--------|-----------|--------|--------|
| | | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | | déc. |
| Débit (l/s) | Désinfluencé | 6370,8 | 6284,4 | 4215,0 | 2025,8 | 1651,5 | 767,5 | 319,9 | 268,7 | 245,3 | 945,9 | 2671,9 | 5786,4 | 2612,2 |
| | Influencé | 6446,3 | 6943,7 | 4630,8 | 2378,9 | 1991,8 | 1126,7 | 780,5 | 846,1 | 743,0 | 1197,3 | 2598,6 | 5611,2 | 2921,2 |
| | QMNA5_Des | 2 888 | 3 121 | 2 127 | 881,0 | 621,0 | 336,0 | 179,0 | 133,0 | 125,0 | 145,0 | 553,0 | 1 673 | |
| Connectivité | Autres espèces | | | | | | | | | | | | | |
| | Anguilles | | | | | | | | | | | | | |
| | Brochet | | | | | | | | | | | | | |
| | Lit-Min | | | | | | | | | | | | | |
| | Des radiers | | | | | | | | | | | | | |
| Estimhab | SAR Chabot | | | | | | | | | | | | | |
| | SAR Truite | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| BRO + ANG | | | | | | | | | | | | | | |
| Débit biologique Seuil haut | | 2000 | 2000 | 2000 | 1200 | 1200 | 390 | 390 | 390 | 390 | 1200 | 1200 | 2000 | |
| Débit biologique Seuil bas | | 1200 | 1200 | 1200 | 550 | 550 | 150 | 150 | 150 | 150 | 550 | 550 | 1200 | |

- Débits moyens mensuels [l.s-1] DESINF
- Débits moyens mensuels [l.s-1] INF
- Débits mensuels quinquennaux secs DESINF
- Seuil bas de débit biologique (l/s)
- Seuil bas indicatif de débit biologique (l/s)
- Seuil haut indicatif de débit biologique (l/s)
- Seuil haut de débit biologique (l/s)
- Module DESINF
- Débit annuel quinquennal sec DESINF
- QMNA2 DESINF
- QMNA5 DESINF
- Débit cible 0,2xM
- Débit cible 0,4xM
- Débit cible 0,6xM
- Débit bio bas étude VP 2012



Le Tableau 87 permet de visualiser le nombre de jours où le pourcentage du temps, sur les périodes étudiées, où les débits proposés ne devraient pas être atteints.

Cette simulation a été réalisée pour la période 2008 à 2020.

Tableau 87: Nombre de jours de non dépassement des débits biologiques proposés

| | | Connectivité (avril/mai, oct/Nov) | | Décolmatage (Déc. à mars) | |
|-------------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| | | Plage Basse | Plage Haute | Plage Basse | Plage Haute |
| Débit (l/s) | | 550 | 1200 | 1200 | 2000 |
| % ou Nb jours de non-respecté | Désinfluencé | 37% ou 46j | 62% ou 75j | 12% ou 15j | 28% ou 34j |
| | Influencé | 19% ou 24j | 56% ou 68j | 11% ou 13j | 28% ou 34j |

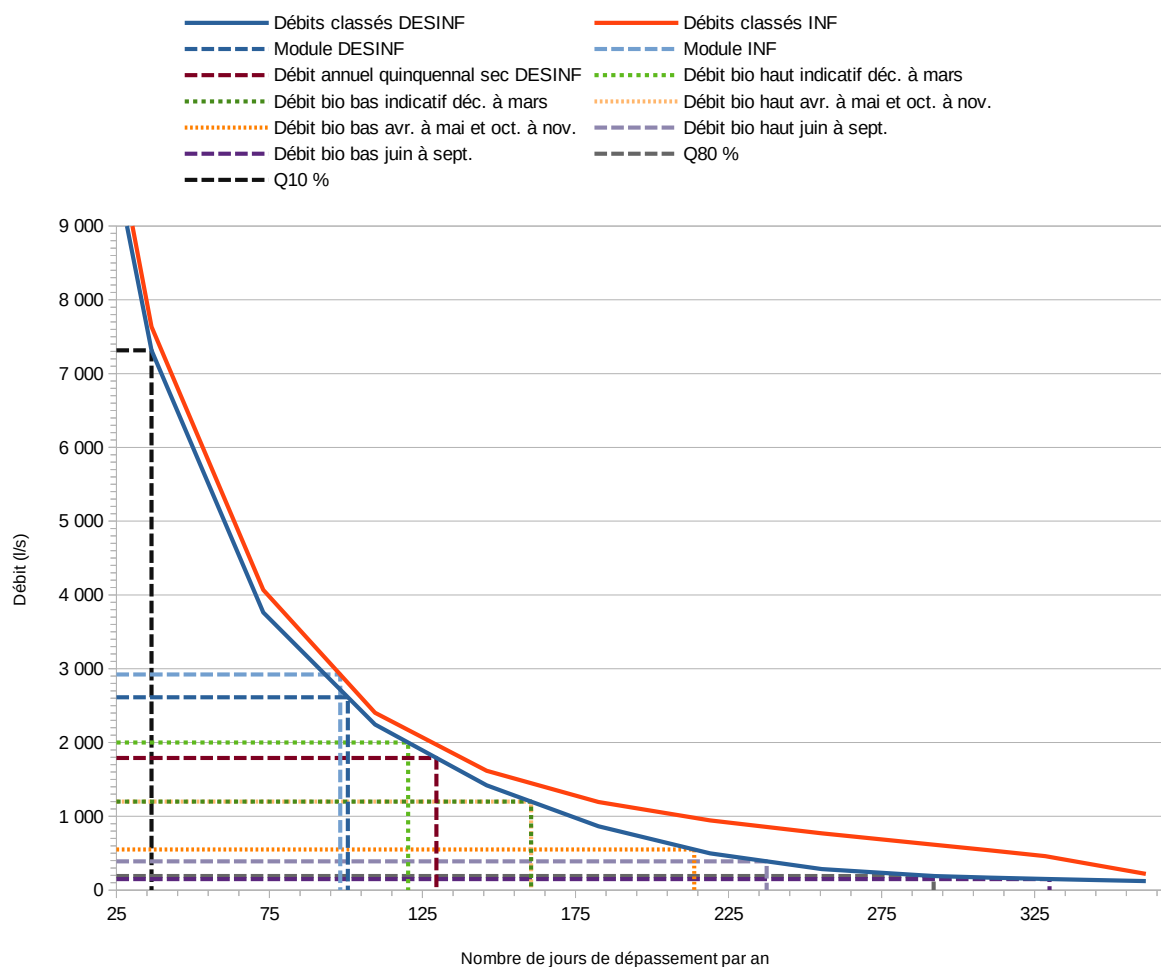


Figure 77: Courbe des débits classés – Station de la Moine à St-Crespin-sur-Moine

2.7.12 La Grande Maine à la Patricière

2.7.12.1 Localisation des sites

La Figure 78 permet de localiser les sites concernés par l'approche « connectivité » (En bleu : linéaire « ESTIMHAB », en rouge : linéaire de connectivité « lit mineur », en vert : annexes hydrauliques).

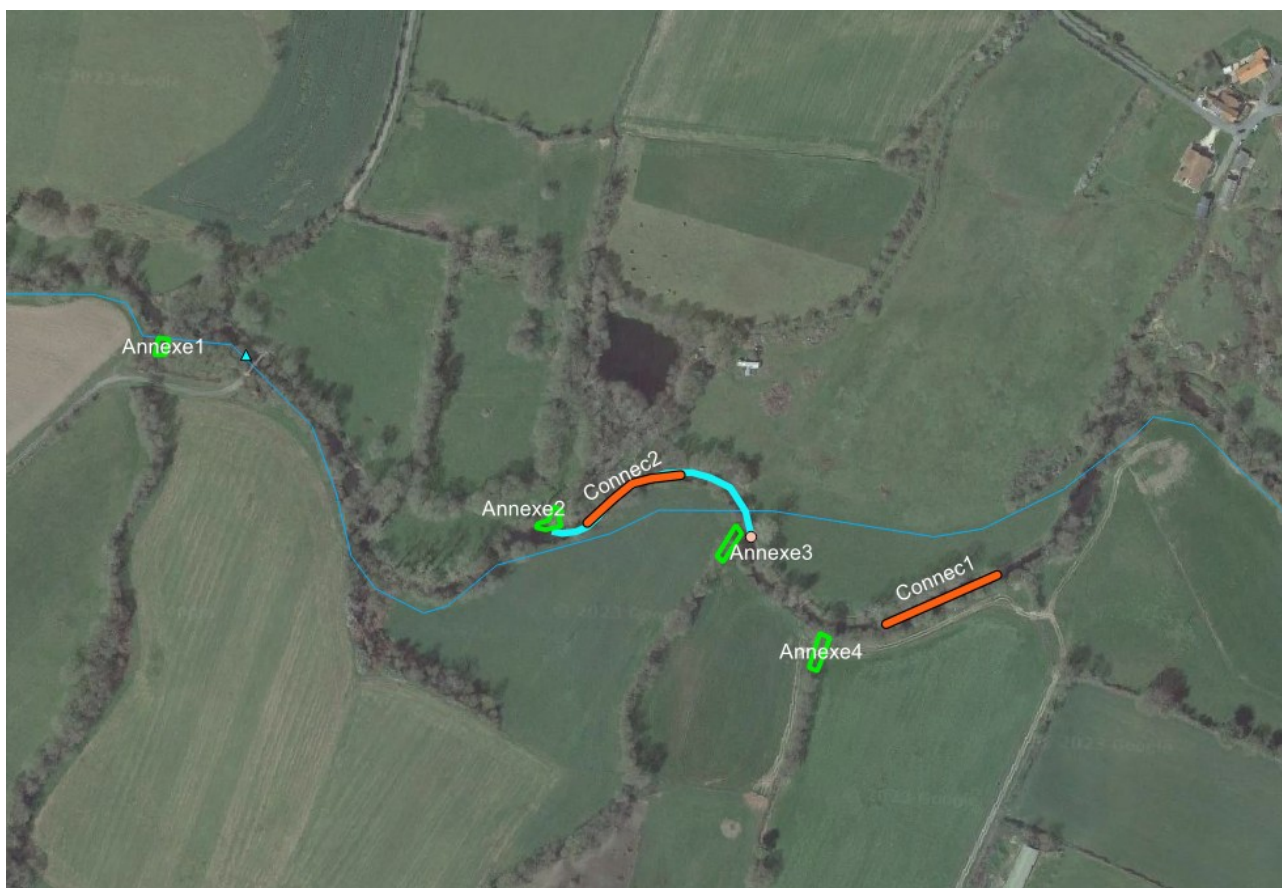


Figure 78: Localisation des sites sur la Grande Maine à la Patricière (Hydro Concept 2023)

2.7.12.2 Connectivité au sein du lit mineur

2.7.12.2.1 Habitat

| | | Débit (l/s) | Berge 1 | Berge 2 | Berge 3 | Berge 4 | Habitat 1 | Habitat 2 | | | | Habitat 3 | | | | |
|------------------------|----|-------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------|
| | | | Hauteur sous berge non utilisée (cm) | Taux occupation sous-berge en eau (%) | Longueur sous-berge en eau (*) | % linéaire sous berge en eau (B3/Ltot) | % total sous berge en eau (B2*B4) | Long. système racinaire (*) | % système racinaire | Nbr pierres grossières (>128 mm) (*) | Nbr gros bois (>10cm) (*) | Nbr petit bois (*) | Nbr (Bois + pierre) pour 100 m ² | hauteur d'eau faciès courant | végétation aquatique (%) | |
| Grande Maine - Connec1 | C1 | 2070 | 18 | 97 | 89,5 | 64 | 62,0 | 17,5 | 13 | 56 | 7 | 18 | 14,3 | Chenal lentique | 1 | |
| | C2 | 220 | 24 | 63 | 46,5 | 33 | 20,9 | 8,5 | 6 | 29 | 3 | 13 | 9,2 | Plat lent | 8 | |
| Variation | | | 6 | -35% | -48% | -48% | -66% | -51% | -51% | -48% | -57% | -28% | -36% | | | |
| Grande Maine - Connec2 | C1 | 2070 | 14 | 96 | 35 | 25 | 24,0 | 34 | 24 | 22 | 4 | 40 | 11,6 | Radier (40 cm) | 1 | |
| | C2 | 220 | 21 | 55 | 10,5 | 8 | 4,1 | 34 | 24 | 17 | 0 | 36 | 10,8 | Radier (22 cm), plat courant (25 cm) | 8 | |
| Variation | | | 7 | -43% | -70% | -70% | -83% | 0% | 0% | -23% | -100% | -10% | -7% | | | |
| Moyenne C1 | | | 16,0 | 96,5 | 62,3 | 44,5 | 43,0 | 0,2 | 18,4 | 39,0 | 5,5 | 29,0 | 13 | | 24,8 | 1 |
| Moyenne C2 | | | 22,5 | 59,0 | 28,5 | 20,4 | 12,5 | 0,2 | 15,2 | 23,0 | 1,5 | 24,5 | 10 | | 12,6 | 8 |
| Ecart entre C1 et C2 | | | 6,5 | -38,9% | | -54,2% | -70,9% | | -17,5% | -41,0% | -72,7% | -15,5% | -22,9% | | Perte d'habitats -49,3% | 700,0% |

(*) si lors de la prospection à C1 (débit moyen) la valeur est inférieure à celle de C2 (débit faible), la valeur de la campagne C2 est reportée dans la campagne C1.

Figure 79: Analyse de la connectivité des habitats au sein du lit mineur – Station de la Grande Maine à la Patricière

Entre les deux campagnes on observe une perte importante d'habitats (- 49%) sur les deux sites. Le pourcentage d'habitats est considéré comme moyen à la première campagne et faible à la seconde.

Un débit inférieur à 800 l/s aura un impact non négligeable sur les habitats disponibles. Au-delà de ce débit on estime que près de 100 % des sous-berge seront occupées, **en dessous de 300 l/s la perte d'habitat en sous berge sera importante.**

2.7.12.2 Franchissabilité des radiers

Les hauteurs d'eau observées sur les radiers ou plats courants lors des expertises de terrain lors des missions Connec, au sein du lit mineur sont figurées ci-dessous.

Tableau 88: Analyse de la franchissabilité des radiers – Station de la Grande Maine

| | Débit (l/s) | Données Estimhab | | Hauteur minimale (m) | |
|--------------------|-------------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------|
| | | Hauteur moyenne (m) | Vitesse moyenne (m/s) | Connec 1 | Connec 2 |
| C1 | 2070 | 0,41 | 0,63 | > 0,6 | 0,4 |
| C2 | 220 | 0,28 | 0,12 | > 0,4 | 0,22 |
| CHA/GOU/LOF | | | | | |
| VAI | | | | | |
| TRF | | NC | NC | NC | NC |
| BAF | | NC | NC | NC | NC |

Aucun problème de franchissabilité n'a été observé pour ces deux débits.

2.7.12.2.3 Décolmatage des radiers

Les calculs de décolmatage réalisés sur la Grande Maine permettent d'établir que :

- Pour un débit supérieur à 6,01 m³/s, le nettoyage de la couche d'armure des plages de cailloux (50 mm) est réalisé;
- Les plages de graviers grossiers (inférieure à 20 mm), substrats favorables à la reproduction des espèces lithophiles, seront remaniés à partir de 1,69 m³/s.

Sur la station de la Grande Maine, la plage de décolmatage se situe entre une valeur basse de 1,69 m³/s et une valeur haute de 6,01 m³/s.

Pour rappel, la valeur haute de décolmatage proposée est une valeur indicative qui repose sur le besoin de régénération / nettoyage des habitats aquatiques. Elle s'apparente ainsi plus à une valeur de petites crues journalières et non pas à l'hydrologie moyenne du cours d'eau hors période de basses eaux.

2.7.12.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques

Les résultats de l'analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques sont présentés dans le Tableau 89 :

| | | Grande Maine - Annexe 1 | | Grande Maine - Annexe 2 | | Grande Maine - Annexe 3 | | Grande Maine - Annexe 4 | |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------|------------|-------------------------|------------|-------------------------|------------|
| | | C1 | C2 | C1 | C2 | C1 | C2 | C1 | C2 |
| Campagne | | C1 | C2 | C1 | C2 | C1 | C2 | C1 | C2 |
| Date relevé : | | 29/3/23 | 25/5/23 | 29/3/23 | 25/5/23 | 29/3/23 | 25/5/23 | 29/3/23 | 25/5/23 |
| Débit mesuré dans le cours d'eau (l/s) : | | 2070 | 220 | 2070 | 220 | 2070 | 220 | 2070 | 220 |
| Connectivité aux annexes hydrauliques | Type annexe hydraulique | Affluent | | Affluent | | Affluent | | Affluent | |
| | Description annexe (largeur en eau) | largeur 0,5 m | largeur 0,5 m | largeur 0,5 m | ASSEC | largeur 0,4 m | ASSEC | largeur 0,3 m | ASSEC |
| | Commentaires | Faible potentiel, pas de potentiel brochet | | Présence de banquettes de phalaris et de nénuphars | | Potentiel nul | | Faible potentiel | |
| | A: Fond cours d'eau (cm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | B: Entrée annexe (cm) | 80 | 80 | 50 | 50 | 90 | 90 | 30 | 30 |
| | C: Ligne d'eau cours d'eau (cm) | 57 | 7 | 31 | 20 | 11 | 5 | 16 | 10 |
| | D: Ligne d'eau aval annexe (cm) | 87 | 84 | 57 | | 93 | | 35 | |
| | E: hauteur d'eau annexe (D-B) en cm | 7 | 4 | 7 | -50 | 3 | -90 | 5 | -30 |
| | F: Distance annexe et cours d'eau (cm) | 400 | 400 | 600 | | 100 | | 320 | |
| | G: Pente (%) | 8% | 19% | 4% | | 82% | | 6% | |
| H: Dénivelé (cm) | 30 | 77 | 26 | -20 | 82 | -5 | 19 | -10 | |
| Connexion annexe (Hors d'eau Partiellement en eau Totalemment en eau) | | Partiellement | Partiellement | Partiellement | Hors d'eau | Totalemment | Hors d'eau | Partiellement | Hors d'eau |
| Espèces et tirant d'eau minimal (ICE) | BAF 10 | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| | TRF 5 | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| | CHA 5 | | | | | | | | |
| | LOF 5 | | | | | | | | |
| | GOU 5 | | | | | | | | |
| | VAI 5 | | | | | | | | |
| | BRO 15 | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| ANG 2 | | | | | | | | | |

Tableau 89: Analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes – Station de la Grande Maine à la Patricière

Seule l'annexe 1 présente un réel potentiel, les autres ont un très faible potentiel pour l'anguille et quasi nul pour les autres espèces.

A partir de 800 l/s, on considère que la connectivité au sein du lit mineur est assurée, mais en dessous de 300 l/s la connectivité au sein du lit mineur (voir partie 2.7.12.2), et au sein des annexes pour les anguilles sera fortement réduite.

Sur la station de la Grande Maine, la plage de débits biologiques printaniers et automnaux se situe entre une valeur basse de 300 l/s et une valeur haute de 800 l/s.

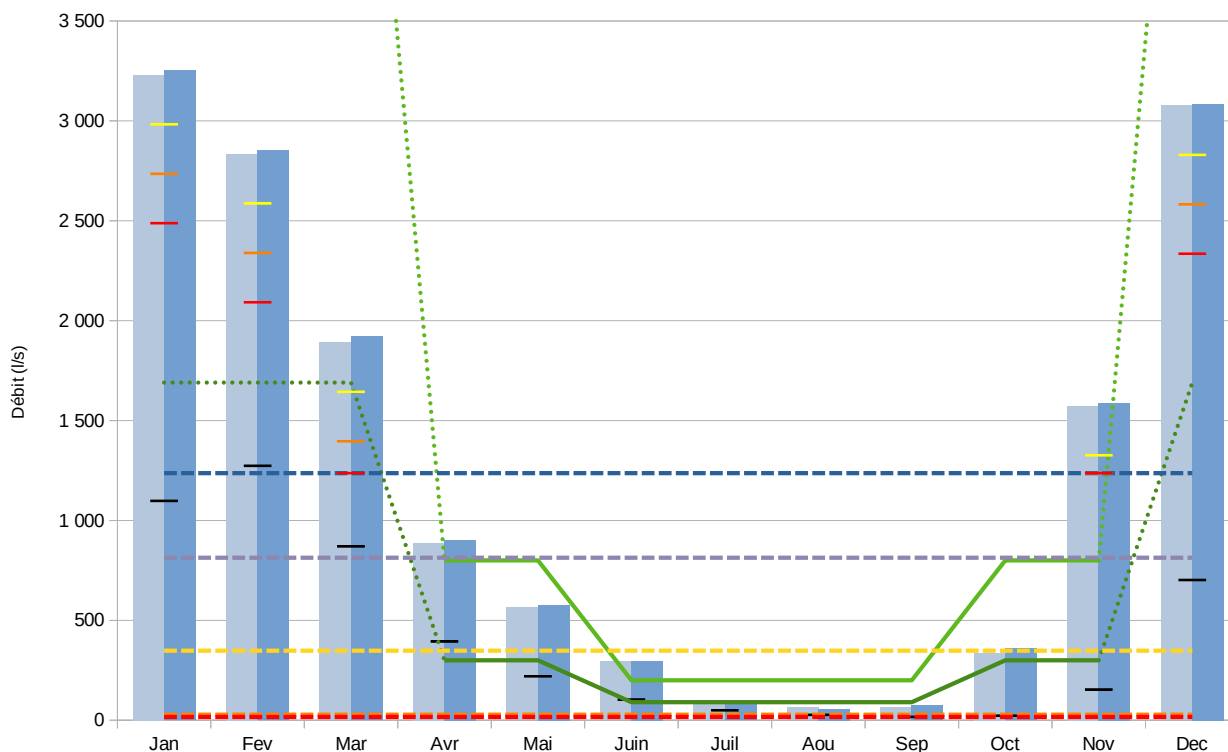
2.7.12.4 Synthèse des débits biologiques proposés

La synthèse des résultats des analyses « Estimhab », « Connectivité » et « Décolmatage des radiers », avec les propositions de débits biologiques est présentée dans la Figure 80.

Figure 80: Synthèse des débits biologiques proposés – Station de la Grande Maine à la Patricière

| | | Décolmatage | | | Connectivité | | Estimhab | | | Connectivité | | Décol. | | |
|------------------------------|--------------------|-------------|--------|--------|--------------|-------|----------|-------|------|--------------|-------|--------|--------|--------|
| Grande Maine à la Patricière | | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | module |
| Débit (l/s) | Désinfluencé (l/s) | 3230,0 | 2834,2 | 1891,0 | 887,1 | 564,0 | 292,7 | 99,6 | 62,9 | 62,6 | 336,4 | 1573,2 | 3077,0 | 1236,7 |
| | Influencé (l/s) | 3253,1 | 2852,9 | 1919,5 | 902,1 | 576,7 | 295,8 | 77,9 | 55,6 | 72,2 | 360,0 | 1588,9 | 3084,6 | 1246,5 |
| | QMNA5_Des | 1 098 | 1 274 | 870,0 | 394,0 | 220,0 | 104,0 | 49,0 | 27,0 | 17,0 | 23,0 | 154,0 | 702,0 | |
| Connectivité | Autres espèces | | | | | | | | | | | | | |
| | Anguilles | | | | | | | | | | | | | |
| | Brochet | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| | Lit-Min | | | | | | | | | | | | | |
| Estimhab | SAR Chabot | | | | | | | | | | | | | |
| | SAR Truite | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| Décolmatage | radiers | | | | | | | | | | | | | |
| Débit biologique Seuil haut | | 6010 | 6010 | 6010 | 800 | 800 | 200 | 200 | 200 | 200 | 800 | 800 | 6010 | |
| Débit biologique Seuil bas | | 1690 | 1690 | 1690 | 300 | 300 | 90 | 90 | 90 | 90 | 300 | 300 | 1690 | |
| Débit de survie | | | | | | | 23 | 23 | 23 | 23 | | | | |

- Débits moyens mensuels [l.s-1] DESINF
- Débits moyens mensuels [l.s-1] INF
- Débits mensuels quinquennaux secs DESINF
- Seuil bas de débit biologique (l/s)
- Seuil bas indicatif de débit biologique (l/s)
- Seuil haut indicatif de débit biologique (l/s)
- Module DESINF
- Débit annuel quinquennal sec DESINF
- QMNA2 DESINF
- QMNA5 DESINF
- Débit cible 0,2xM
- Débit cible 0,4xM
- Débit cible 0,6xM
- Débit bio bas étude VP 2012



Le Tableau 90 permet de visualiser le nombre de jours où le pourcentage du temps, sur les périodes étudiées, où les débits proposés ne devraient pas être atteints.

Cette simulation a été réalisée pour la période 2008 à 2020.

Tableau 90: Nombre de jours de non dépassement des débits biologiques proposés

| | | Estimhab (juin à Sept.) | | | Connectivité (avril/mai, oct/Nov) | | Décolmatage (Déc. à mars) | |
|-------------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------|
| | | Débit de survie | Seuil bas de débit biologique | Seuil haut de débit biologique | Plage Basse | Plage Haute | Plage Basse | Plage Haute |
| Débit (l/s) | | 23 | 90 | 200 | 300 | 800 | 1690 | 6010 |
| % ou Nb jours de non-respecté | Désinfluencé | 15j ou 12% | 63 % ou 77j | 83% ou 102j | 55j ou 45% | 89j ou 73% | 49 % ou 60j | 89 % ou 108j |
| | Influencé | 22j ou 18% | 67 % ou 81j | 83% ou 102j | 54j ou 44% | 88j ou 72% | 48 % ou 59j | 89 % ou 108j |

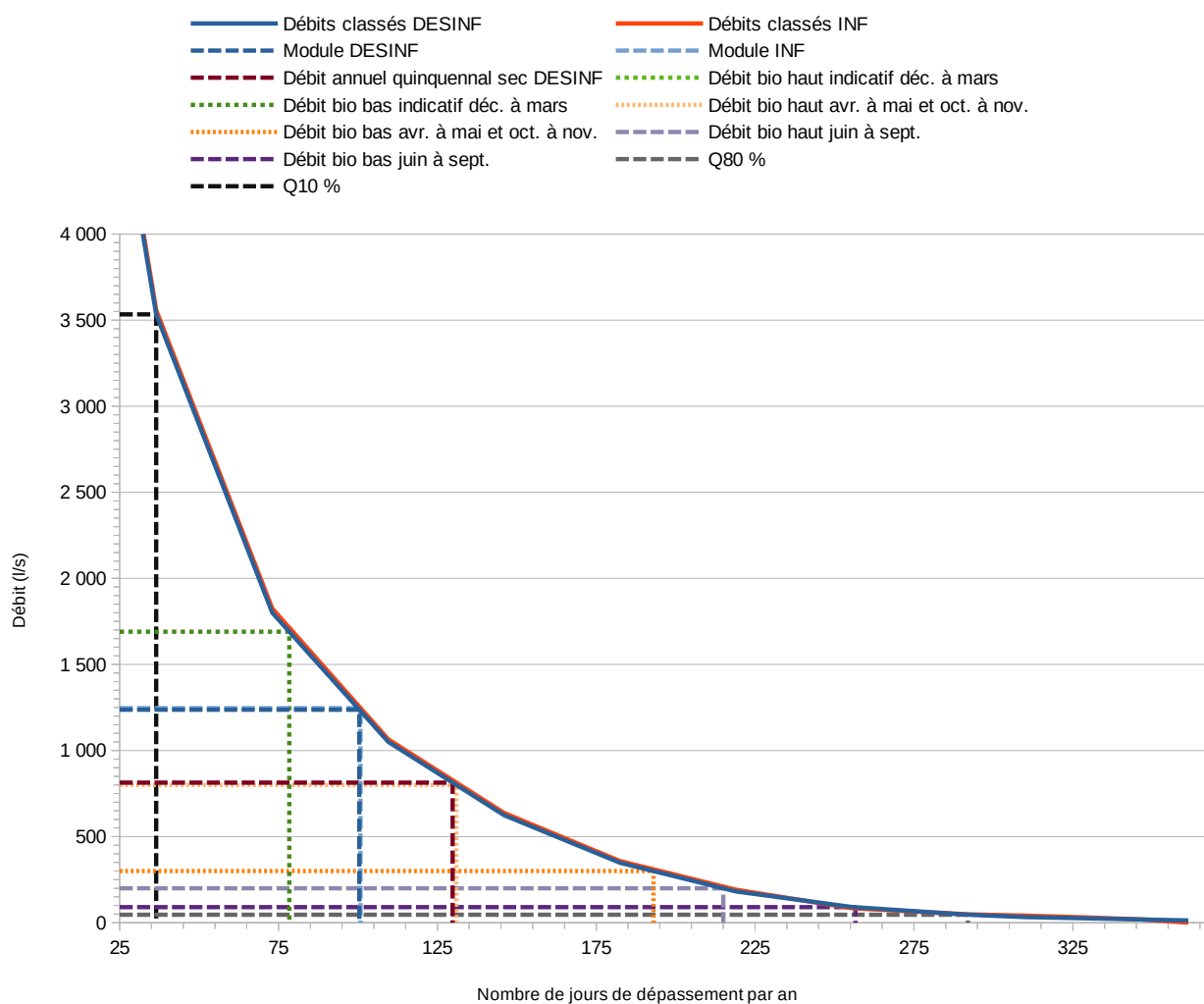


Figure 81: Courbe des débits classés – Station de la Grande Maine à la Patricière

2.7.13 La Grande Maine au Pont Léger

2.7.13.1 Localisation des sites

La Figure 82 permet de localiser les sites concernés par l'approche « connectivité » (En bleu : limite aval « ESTIMHAB » 2012, en rouge : linéaire de connectivité « lit mineur », en vert : annexes hydrauliques).



Figure 82: Localisation des sites sur la Grande Maine au Pont Léger (Hydro Concept 2023)

2.7.13.2 Connectivité au sein du lit mineur

2.7.13.2.1 Habitat

| | | Berge1 | Berge2 | Berge3 | Berge4 | Habitat 1 | | Habitat 2 | | | | Habitat 3 | | | |
|-------------------------|------------------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| | | Débit (l/s) | Hauteur sous berge non utilisée (cm) | Taux occupation sous-berge en eau (%) | Longueur sous-berge en eau (*) | % linéaire sous berge en eau (B3/Ltot) | % total sous berge en eau (B2*B4) | Long. système racinaire (*) | % système racinaire | Nbr pierres grossières (>128 mm) (*) | Nbr gros bois (>10cm) (*) | Nbr petit bois (*) | Nbr (Bois + pierre) pour 100 m ² | hauteur d'eau faciès courant | végétation aquatique (%) |
| Maine1 - Connec1 | C1 | 1400 | 29 | 50 | 23 | 15 | 7,5 | 45 | 29 | 344 | 0 | 9 | 51,9 | Radier (24 cm) | 1 |
| | C2 | 153 | 14 | 44 | 4,5 | 3 | 1,3 | 37 | 24 | 200 | 0 | 4 | 33,0 | Radier (10 cm) | 20 |
| | Variation | | -15 | -12% | -80% | -80% | -83% | -18% | -18% | -42% | 0% | -56% | -36% | | |
| Maine1 - Connec2 | C1 | 1400 | 19 | 100 | 15,5 | 10 | 10,1 | 29 | 19 | 208 | 3 | 12 | 32,8 | Radier (32 cm) | 0,5 |
| | C2 | 153 | 0 | 100 | 9,5 | 6 | 6,2 | 29 | 19 | 150 | 2 | 11 | 26,4 | Radier (15 cm) | 3 |
| | Variation | | -19 | 0% | -39% | -39% | -39% | 0% | 0% | -28% | -33% | -8% | -19% | | |
| | | Moyenne C1 | 24,0 | 75,0 | 19,3 | 12,5 | 8,8 | 37 | 24,0 | 276 | 2 | 11 | 42 | 25,0 | 0,8 |
| | | Moyenne C2 | 7,0 | 72,0 | 7,0 | 4,5 | 3,7 | 33 | 21,4 | 175 | 1 | 8 | 30 | 18,3 | 11,5 |
| | | Ecart entre C1 et C2 | -17,0 | -4,0% | | -63,6% | -57,5% | | -10,8% | -36,6% | -33,3% | -28,6% | -29,8% | -26,9% | 1433,3% |

(*) si lors de la prospection à C1 (débit moyen) la valeur est inférieure à celle de C2 (débit faible), la valeur de la campagne C2 est reportée dans la campagne C1.

Figure 83: Analyse de la connectivité des habitats au sein du lit mineur – Station de la Grande Maine à Pont Léger

Entre les deux campagnes on observe une perte importante d'habitats (-27%) sur les deux sites. Le pourcentage d'habitats est considéré comme moyen à 1400 l/s et faible à 153 l/s. Le croisement des observations de terrain et des résultats produits par ESTIMHAB suggère que le pourcentage d'habitat devient très faible sous les 100 l/s, et faible sous 600 l/s.

2.7.13.2 Franchissabilité des radiers

Les hauteurs d'eau observées sur les radiers ou plats courants lors des expertises de terrain lors des missions Connec, au sein du lit mineur sont figurées ci-dessous.

| | Débit (l/s) | Données Estimhab | | Hauteur minimale (m) | |
|-----------|-------------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------|
| | | Hauteur moyenne (m) | Vitesse moyenne (m/s) | Connec 1 | Connec 2 |
| C1 | 1400 | 0,27 | 0,58 | 0,24 | 0,32 |
| C2 | 153 | 0,15 | 0,13 | 0,1 | 0,15 |

| CHA/GOU/LOF | | | | |
|-------------|----|----|----|----|
| VAI | | | | |
| TRF | NC | NC | NC | NC |
| BAF | NC | NC | NC | NC |

Tableau 91: Analyse de la franchissabilité des radiers – Station de la Grande Maine à Pont Léger

Aucun problème de franchissabilité n'a été observé pour ces deux débits. Toutefois, en considérant les résultats d'Estimhab, en dessous de 50 l/s les petites espèces auront des difficultés à franchir les radiers.

2.7.13.2.3 Décolmatage des radiers

Sur ces sites étudiés initialement en 2012 uniquement avec la méthode ESTIMHAB, les éléments relevés à l'époque sur le terrain ne permettent pas d'étudier la notion de décolmatage.

Pour évaluer les débits biologiques entre décembre et mars, on se concentrera alors sur la capacité de l'anguille à ces annexes, ainsi que sur les données de la Grande Maine à la Patricière, site proche de celui-ci, mais positionné en amont du barrage de la Bultière.

2.7.13.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques

Les résultats de l'analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques sont présentés dans le Tableau 92 :

| | | Maine 1 - Annexe 1 | |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|
| | Campagne | C1 | C2 |
| | Date relevé : | 6/4/23 | 30/5/23 |
| | Débit mesuré dans le cours d'eau (l/s) : | 1400 | 153 |
| Connectivité aux annexes hydrauliques | Type annexe hydraulique | Affluent temporaire | |
| | Description annexe (largeur en eau) | 1,5 | |
| | Commentaires | Faible potentiel | |
| | A: Fond cours d'eau (cm) | 0 | 0 |
| | B: Entrée annexe (cm) | 25 | 25 |
| | C: Ligne d'eau cours d'eau (cm) | 22 | 13 |
| | D: Ligne d'eau aval annexe (cm) | 31 | 27 |
| | E: hauteur d'eau annexe (D-B) en cm | 6 | 2 |
| | F: Distance annexe et cours d'eau (cm) | 300 | 300 |
| | G: Pente (%) | 3% | 5% |
| Connectivité aux annexes hydrauliques | H: Dénivelé (cm) | 9 | 14 |
| | Connexion annexe (Hors d'eau Partiellement en eau Totalemment en eau) | Totalemment en eau | Partiellement en eau |
| Espèces et tirant d'eau minimal (ICE) | BAF 10 | NC | NC |
| | TRF 5 | NC | NC |
| | CHA 5 | | |
| | LOF 5 | | |
| | GOU 5 | | |
| | VAI 5 | | |
| | BRO 15 | NC | NC |
| | ANG 2 | | |

Tableau 92: Analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes – Station la Grande Maine à Pont Léger

A bas débit la connectivité de cet affluent n'est plus assurée pour les petites espèces, elle est même réduite une grande partie de l'année pour toutes les petites espèces. Un débit de 300 l/s devrait permettre de maintenir une légère connexion avec les annexes.

On observe une perte d'habitats en berge, en dessous de 600 l/s (voir partie 2.7.13.2). En dessous d'un débit de 50 l/s, la capacité de franchissement des radiers sur la station par les petites espèces sera fortement réduite. Pour rappel la plage de SAR du chabot proposée évolue entre une valeur basse de 160 l/s et une valeur haute de 470 l/s (INRAE, 2023).

Au-dessus de 600 l/s, la connectivité des anguilles avec cette annexe est assurée sans difficulté. Le potentiel pour le brochet étant nul sur cette annexe, nous n'avons donc pas établi de seuil de connectivité pour cette espèce.

Sur la station de la Grande Maine à Pont Léger, la plage de débits biologiques printaniers et automnaux se situe entre une valeur basse de 300 l/s et une valeur haute de 600 l/s.

Entre décembre mars, on propose un seuil bas de 1690 l/s et un seuil haut de 6010 l/s équivalents aux seuils de la Grande Maine à la Patricière, site situé en amont du barrage de Bultière.

2.7.13.4 Synthèse des débits biologiques proposés

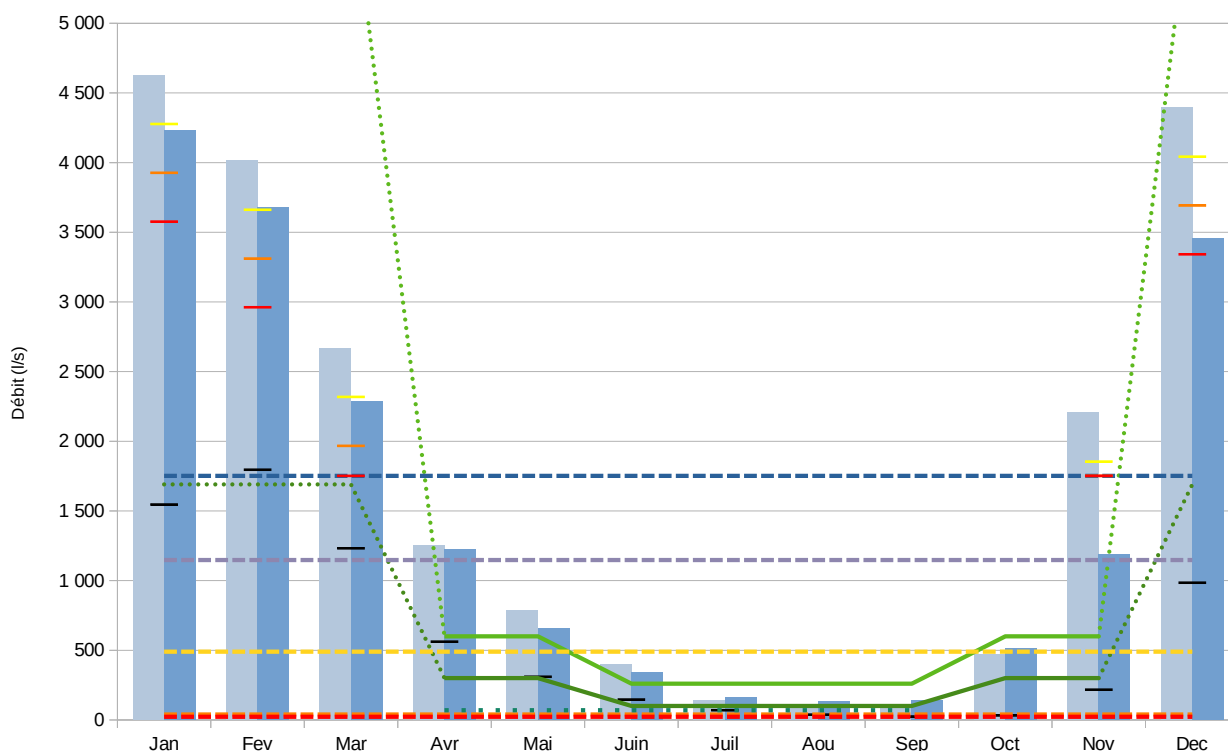
La synthèse des résultats des analyses « Estimhab », « Connectivité » et l'accessibilité des annexes et le SAR du chabot, avec les propositions de débits biologiques est présentée dans la Figure 84.

Les seuils haut et bas en période de basses eaux (juin et septembre) ont été définis à partir de la méthode ESTIMHAB.

Figure 84: Synthèse des débits biologiques proposés – Station de la Grande Maine au Pont Léger

| | | ANG | | | Connectivité | | Estimhab | | | Connectivité | | ANG | module | |
|-----------------------------|----------------|--------|--------|--------|--------------|-------|----------|-------|-------|--------------|-------|--------|--------|--------|
| Grande Maine à Pont Léger | | janv. | févr | mars | avr | mai | juin | juil | août | sept | oct | nov | | déc |
| Débit (l/s) | Désinfluencé | 4627,8 | 4012,2 | 2668,0 | 1253,8 | 787,7 | 400,8 | 138,5 | 84,6 | 85,6 | 469,6 | 2204,3 | 4393,0 | 1751,2 |
| | Influencé | 4233,3 | 3678,2 | 2281,9 | 1225,4 | 658,7 | 343,2 | 159,6 | 131,0 | 142,3 | 510,3 | 1189,3 | 3453,7 | 1489,5 |
| | QMNS_Des | 1 546 | 1 796 | 1 232 | 562,0 | 310,0 | 146,0 | 70,0 | 38,0 | 24,0 | 32,0 | 217,0 | 985,0 | |
| Connectivité | Autres espèces | | | | | | | | | | | | | |
| | Anguilles | | | | | | | | | | | | | |
| | Brochet | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| | Lit-Min | | | | | | | | | | | | | |
| | Des radiers | | | | | | | | | | | | | |
| Estimhab | SAR Chabot | | | | | | | | | | | | | |
| | SAR Truite | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| ANG | | | | | | | | | | | | | | |
| Débit biologique Seuil haut | | 6010 | 6010 | 6010 | 600 | 600 | 260 | 260 | 260 | 260 | 600 | 600 | 6010 | |
| Débit biologique Seuil bas | | 1690 | 1690 | 1690 | 300 | 300 | 100 | 100 | 100 | 100 | 300 | 300 | 1690 | |

- Débits moyens mensuels [l.s-1] DESINF
- Débits moyens mensuels [l.s-1] INF
- Débits mensuels quinquennaux secs DESINF
- Seuil bas de débit biologique (l/s)
- Seuil bas indicatif de débit biologique (l/s)
- Seuil haut indicatif de débit biologique (l/s)
- Seuil haut de débit biologique (l/s)
- Médiane (L/s) DESINF
- Débit annuel quinquennal sec DESINF
- QMNA2 DESINF
- QMNA5 DESINF
- Débit cible 0,2xM
- Débit cible 0,4xM
- Débit cible 0,6xM
- Débit bio bas étude VP 2012



Le Tableau 93 permet de visualiser le nombre de jours où le pourcentage du temps, sur les périodes étudiées, où les débits proposés ne devraient pas être atteints.

Cette simulation a été réalisée pour la période 2008 à 2020.

Tableau 93: Nombre de jours de non dépassement des débits biologiques proposés

| | | Connectivité (avril/mai, oct/Nov) | | Décolmatage (Déc. à mars) | |
|-------------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------|
| | | Plage Basse | Plage Haute | Plage Basse | Plage Haute |
| | Débit (l/s) | 300 | 600 | 1690 | 6010 |
| % ou Nb jours de non-respecté | Désinfluencé | 36% ou 44j | 56% ou 69j | 36 % ou 43j | 79 % ou 96j |
| | Influencé | 53% ou 64j | 71% ou 87j | 44 % ou 53j | 83 % ou 101j |

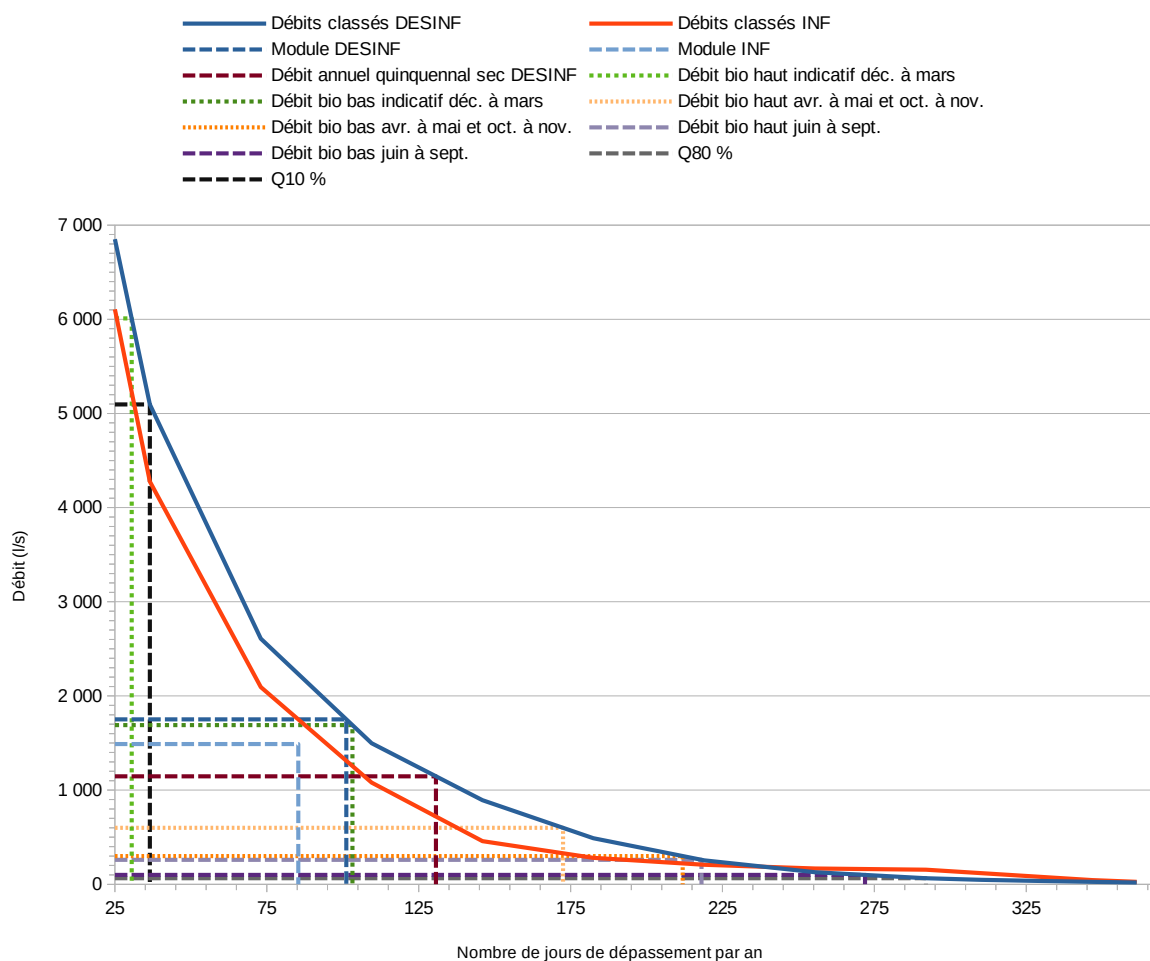


Figure 85: Courbe des débits classés – Station de la Grande Maine au Pont Léger

2.7.14 La Petite Maine à Fromage

2.7.14.1 Localisation des sites

La Figure 86 permet de localiser les sites concernés par l'approche « connectivité » (En bleu : limite aval « ESTIMHAB » 2012, en rouge : linéaire de connectivité « lit mineur », en vert : annexes hydrauliques).



Figure 86: Localisation des sites sur la Petite Maine à Fromage (Hydro Concept 2023)

2.7.14.2 Connectivité au sein du lit mineur

2.7.14.2.1 Habitat

| | | Débit (l/s) | Berge1 Hauteur sous berge non utilisée (cm) | Berge2 Taux occupation sous-berge en eau (%) | Berge3 Longueur sous-berge en eau (*) | Berge4 % linéaire sous berge en eau (B3/Ltot) | Habitat 1 % total sous berge en eau (B2*B4) | Habitat 2 Long. système racinaire (*) | % système racinaire | Nbr pierres grossières (>128 mm) (*) | Nbr gros bois (>10cm) (*) | Nbr petit bois (*) | Habitat 3 Nbr (Bois + pierre) pour 100 m ² | hauteur d'eau faciès courant | végétation aquatique (%) |
|-----------------------------|------------------|-------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Petite_Maine Connec1 | C1 | 1800 | 0 | 100 | 10 | 7 | 7,1 | 11 | 8 | 500 | 6 | 34 | 79,7 | Radier (30cm) | 2 |
| | C2 | 154 | 20 | 40 | 1 | 1 | 0,3 | 1,5 | 1 | 136 | 4 | 14 | 21,3 | Radier (10 cm) | 20 |
| | Variation | | 20 | -60% | -90% | -90% | -96% | -86% | -86% | -73% | -33% | -59% | -73% | | |
| Petite_Maine Connec2 | C1 | 1800 | 0 | 100 | 41 | 29 | 29,3 | 32 | 23 | 200 | 14 | 29 | 35,9 | Radier (30 cm) | 0 |
| | C2 | 154 | 0 | 100 | 23,5 | 17 | 16,8 | 22 | 16 | 51 | 5 | 26 | 11,4 | > 0,2 | 1 |
| | Variation | | 0 | 0% | -43% | -43% | -43% | -31% | -31% | -75% | -64% | -10% | -68% | | |
| Moyenne C1 | | | 0,0 | 100,0 | 25,5 | 18,2 | 18,2 | 22 | 15,4 | 350 | 10 | 32 | 58 | 30,4 | 1,0 |
| Moyenne C2 | | | 10,0 | 70,0 | 12,3 | 8,8 | 8,5 | 12 | 8,4 | 94 | 5 | 20 | 16 | 11,1 | 10,5 |
| Ecart entre C1 et C2 | | | 10,0 | -30,0% | | -52,0% | -53,1% | | -45,3% | -73,3% | -55,0% | -36,5% | -71,7% | Perte d'habitats -63,6% | 950,0% |

(*) si lors de la prospection à C1 (débit moyen) la valeur est inférieure à celle de C2 (débit faible), la valeur de la campagne C2 est reportée dans la campagne C1.

Figure 87: Analyse de la connectivité des habitats au sein du lit mineur – Station de la Petite Maine à Fromage

Entre les deux campagnes on observe une perte importante d'habitats (-64%) sur les deux sites, notamment sur Connec1 où de nombreuses banquettes sont apparues à bas débit. Le pourcentage d'habitats est considéré comme moyen sur Connec 1 et faible sur Connec 2. Le croisement des observations de terrain et des résultats produits par ESTIMHAB suggère que le pourcentage d'habitat devient très faible sous les 150 l/s, et faible sous 650 l/s.

2.7.14.2.2 Franchissabilité des radiers

Les hauteurs d'eau observées sur les radiers ou plats courants lors des expertises de terrain lors des missions Connec, au sein du lit mineur sont figurées ci-dessous.

| | Débit (l/s) | Données Estimhab | | Hauteur minimale (m) | |
|-----------|-------------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------|
| | | Hauteur moyenne (m) | Vitesse moyenne (m/s) | Connec 1 | Connec 2 |
| C1 | 1800 | 0,71 | 0,24 | >0,3 | >0,3 |
| C2 | 154 | 0,51 | 0,03 | 0,1 | 0,2 |

| | | | | |
|--------------------|----|----|----|----|
| CHA/GOU/LOF | | | | |
| VAI | | | | |
| TRF | NC | NC | NC | NC |
| BAF | NC | NC | NC | NC |

Tableau 94: Analyse de la franchissabilité des radiers – Station de la Petite Maine à Fromage

Aucun problème de franchissabilité n'a été observé pour ces deux débits. Toutefois en considérant les résultats d'Estimhab, en dessous de 70 l/s, les petites espèces pourraient avoir des difficultés à franchir les radiers.

2.7.14.2.3 Décolmatage des radiers

Sur ces sites étudiés initialement en 2012 uniquement avec la méthode ESTIMHAB, les éléments relevés à l'époque sur le terrain ne permettent pas d'étudier la notion de décolmatage.

Pour évaluer les débits biologiques entre décembre et mars, on se concentrera alors sur la capacité de l'anguille et au brochet à accéder à ces annexes.

2.7.14.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques

Les résultats de l'analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques sont présentés dans le Tableau 95 :

| | | Petite Maine - Annexe 1 | | Petite Maine - Annexe 2 | |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|------------|
| | Campagne | C1 | C2 | C1 | C2 |
| | Date relevé : | 30/3/23 | 30/5/23 | 30/3/23 | 30/5/23 |
| | Débit mesuré dans le cours d'eau (l/s) : | 1800 | 154 | 1800 | 154 |
| Connectivité aux annexes hydrauliques | Type annexe hydraulique | Affluent temporaire | | Affluent temporaire | |
| | Description annexe (largeur en eau) | Largeur 0,6 m | Largeur 0,2 m | Largeur 0,3 m | ASSEC |
| | Commentaires | Faible potentiel | | Faible potentiel | |
| | A: Fond cours d'eau (cm) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | B: Entrée annexe (cm) | 45 | 45 | 80 | 80 |
| | C: Ligne d'eau cours d'eau (cm) | 25 | 15 | 56 | |
| | D: Ligne d'eau aval annexe (cm) | 50 | 47 | 84 | |
| | E: hauteur d'eau annexe (D-B) en cm | 5 | 2 | 4 | |
| | F: Distance annexe et cours d'eau (cm) | 450 | 450 | 310 | |
| G: Pente (%) | 6% | 7% | 9% | | |
| H: Dénivelé (cm) | 25 | 32 | 28 | | |
| | Connexion annexe (Hors d'eau Partiellement en eau Totalemment en eau) | Partiellement en eau | Partiellement en eau | Partiellement en eau | Hors d'eau |
| Espèces et tirant d'eau minimal (ICE) | BAF 10 | NC | NC | NC | NC |
| | TRF 5 | NC | NC | NC | NC |
| | CHA 5 | | | | |
| | LOF 5 | | | | |
| | GOU 5 | | | | |
| | VAI 5 | | | | |
| | BRO 15 | NC | NC | NC | NC |
| | ANG 2 | | | | |

Tableau 95: Analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes – Station de la Petite Maine à Fromage

A bas débit la connectivité de ces petits affluents à faible potentiel n'est plus assurée, elle est même réduite une grande partie de l'année pour toutes les petites espèces. Le croisement des observations de terrain et des résultats produits par ESTIMHAB suggère qu'un débit de 300 l/s permettrait de maintenir une légère connexion avec les annexes.

On observe une perte d'habitats en berge, en dessous de 650 l/s (voir partie 2.7.14.2). En dessous d'un débit de 70 l/s, la capacité de franchissement des radiers sur la station par les petites espèces sera fortement réduite. Pour rappel la plage de SAR du chabot proposée évolue entre une valeur basse de 170 l/s et une valeur haute de 510 l/s (INRAE, 2023).

Au-dessus de 1400 l/s, la connectivité des anguilles avec ces annexes sera assurée, mais en dessous de 550 l/s, la connectivité sera fortement réduite. Le potentiel pour le brochet étant nul sur ces annexes, nous n'avons donc pas établi de seuil de connectivité sur ces annexes.

Sur la station de la Petite Maine à Fromage, la plage de débits biologiques printaniers et automnaux se situe entre une valeur basse de 300 l/s et une valeur haute de 650 l/s.

Entre décembre mars, il est proposé un seuil bas de 550 l/s et un seuil haut de 1400 l/s.

2.7.14.4 Synthèse des débits biologiques proposés

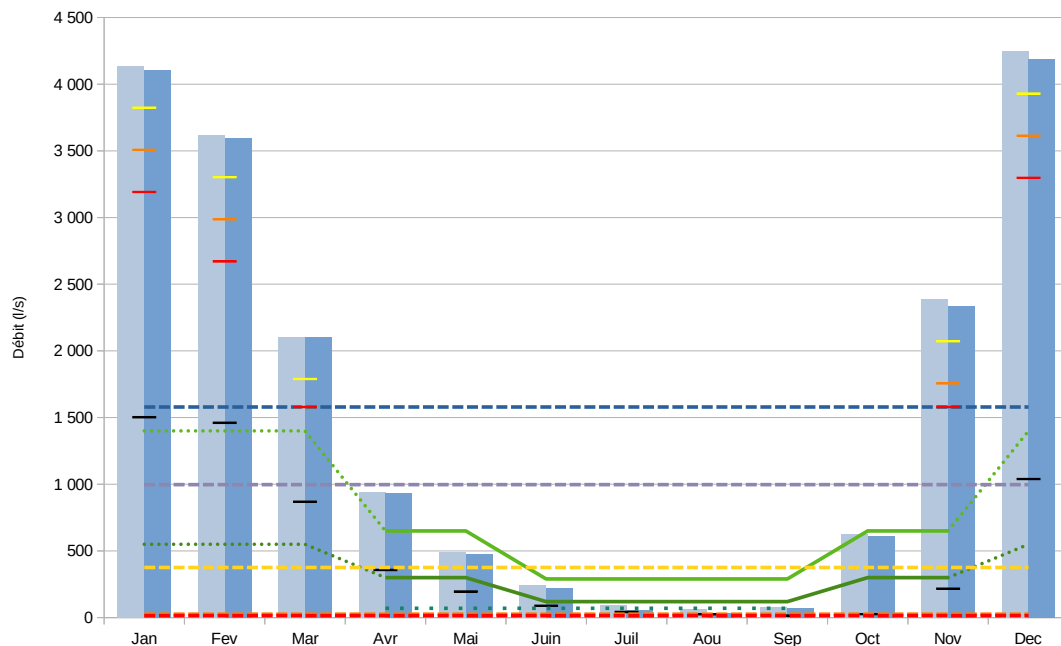
La synthèse des résultats des analyses « Estimhab », « Connectivité » et l’accessibilité des annexes et le SAR du chabot, avec les propositions de débits biologiques est présentée dans la Figure 88.

Les seuils haut et bas en période de basses eaux (juin et septembre) ont été définis à partir de la méthode ESTIMHAB (INRAE).

Figure 88: Synthèse des débits biologiques proposés – Station de la Petite Main à Fromage

| La Petite Main à Fromage | | ANG | | | Connectivité | | Estimhab | | | Connectivité | | ANG | module | |
|-----------------------------|----------------|--------|--------|--------|--------------|-------|----------|-------|------|--------------|-------|--------|--------|--------|
| | | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | | déc. |
| Débit (l/s) | Désinfluencé | 4139,1 | 3618,1 | 2104,7 | 943,6 | 490,6 | 243,6 | 95,2 | 60,0 | 82,3 | 627,8 | 2388,0 | 4245,1 | 1578,9 |
| | Influencé | 4106,5 | 3591,8 | 2105,9 | 929,7 | 475,1 | 223,4 | 53,9 | 36,2 | 73,5 | 612,1 | 2333,5 | 4190,4 | 1552,2 |
| | QMN5_Des | 1 503 | 1 460 | 868,0 | 357,0 | 195,0 | 89,0 | 42,0 | 25,0 | 15,0 | 25,0 | 217,0 | 1 039 | |
| Connectivité | Autres espèces | | | | | | | | | | | | | |
| | Anguilles | | | | | | | | | | | | | |
| | Brochet | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| | Lit-Min | | | | | | | | | | | | | |
| | Des radiers | | | | | | | | | | | | | |
| Estimhab | SAR Chabot | | | | | | | | | | | | | |
| | SAR Truite | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| ANG | | | | | | | | | | | | | | |
| Débit biologique Seuil haut | | 1400 | 1400 | 1400 | 650 | 650 | 290 | 290 | 290 | 290 | 650 | 650 | 1400 | |
| Débit biologique Seuil bas | | 550 | 550 | 550 | 300 | 300 | 120 | 120 | 120 | 120 | 300 | 300 | 550 | |

- Débits moyens mensuels [I.s-1] DESINF
- Débits moyens mensuels [I.s-1] INF
- Débits mensuels quinquennaux secs DESINF
- Seuil bas de débit biologique (l/s)
- ⋯ Seuil bas indicatif de débit biologique (l/s)
- ⋯ Seuil haut indicatif de débit biologique (l/s)
- Module DESINF
- Médiane (L/s) DESINF
- QMNA2 DESINF
- Débit cible 0,2xM
- Débit cible 0,6xM
- Débit annuel quinquennal sec DESINF
- QMNA5 DESINF
- Débit cible 0,4xM
- ⋯ Débit bio bas étude VP 2012



Le Tableau 96 permet de visualiser le nombre de jours où le pourcentage du temps, sur les périodes étudiées, où les débits proposés ne devraient pas être atteints.

Cette simulation a été réalisée pour la période 2008 à 2020.

Tableau 96: Nombre de jours de non dépassement des débits biologiques proposés

| | | Connectivité (avril/mai, oct/Nov) | | Décolmatage (Déc. à mars) | |
|-------------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| | | Plage Basse | Plage Haute | Plage Basse | Plage Haute |
| | Débit (l/s) | 300 | 650 | 550 | 1400 |
| % ou Nb jours de non-respecté | Désinfluencé | 41% ou 51j | 64% ou 78j | 9,5% ou 12j | 33% ou 41j |
| | Influencé | 43% ou 52j | 65% ou 79j | 10% ou 12j | 34% ou 41j |

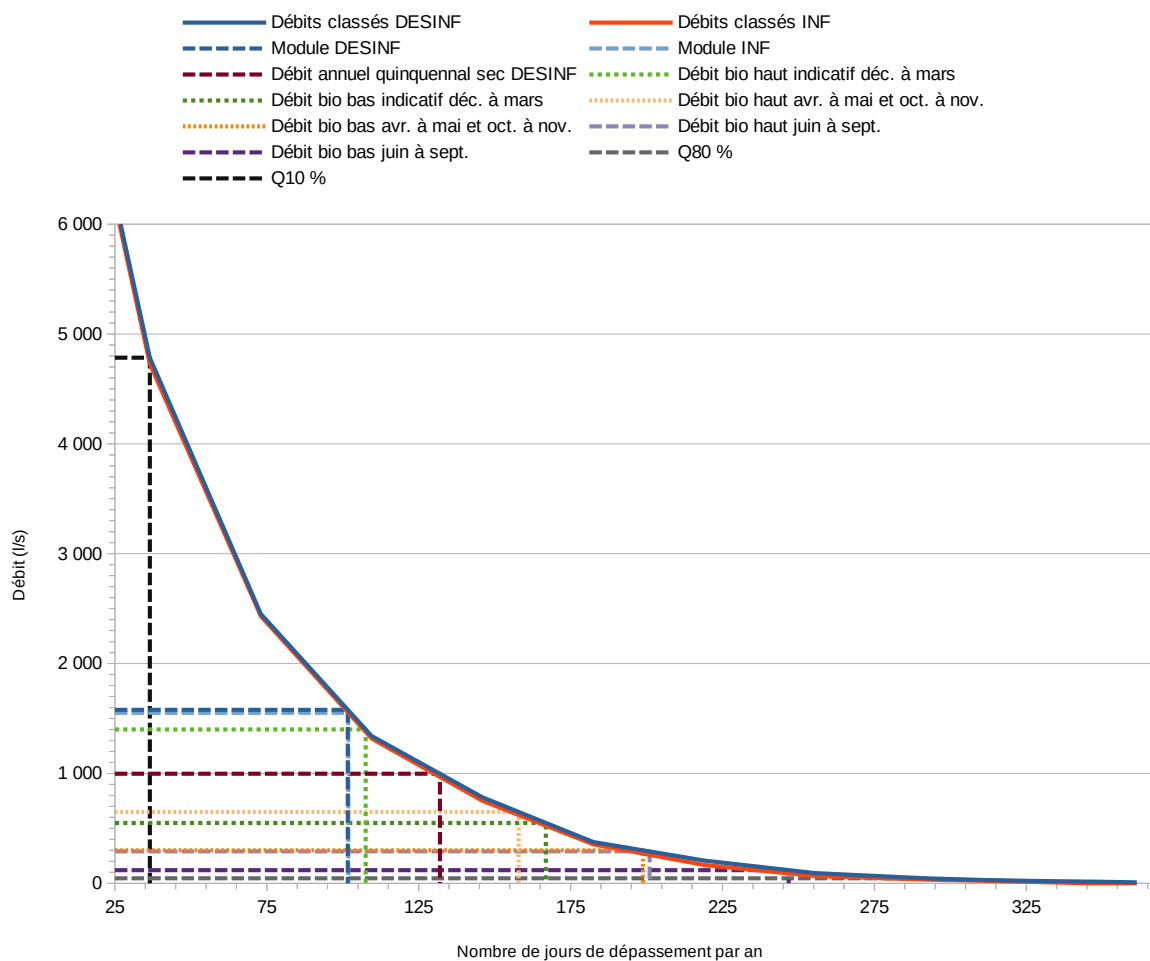


Figure 89: Courbe des débits classés – Station de la Petite Maine à Fromage

2.7.15 La Maine à Aigrefeuille

2.7.15.1 Localisation des sites

La Figure 90 permet de localiser les sites concernés par l'approche « connectivité » (En bleu : limite aval « ESTIMHAB » 2012, en rouge : linéaire de connectivité « lit mineur », en vert : annexes hydrauliques).



Figure 90: Localisation des sites sur la Maine à Aigrefeuille (Hydro Concept 2023)

2.7.15.2 Connectivité au sein du lit mineur

2.7.15.2.1 Habitat

| | | Débit (l/s) | Berge 1 | Berge 2 | Berge 3 | Berge 4 | Habitat 1 | Habitat 2 | | | | Habitat 3 | | | |
|-----------------------------|------------------|-------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| | | | Hauteur sous berge non utilisée (cm) | Taux occupation sous-berge en eau (%) | Longueur sous-berge en eau (*) | % linéaire sous berge en eau (B3/Ltot) | % total sous berge en eau (B2*B4) | Long. système racinaire (*) | % système racinaire | Nbr pierres grossières (>128 mm) (*) | Nbr gros bois (>10cm) (*) | Nbr petit bois (*) | Nbr (Bois + pierre) pour 100 m ² | hauteur d'eau faciès courant | végétation aquatique (%) |
| Maine2 - Connec3 | C1 | 3900 | 0 | 100 | 22,5 | 15 | 15,0 | 19,5 | 13 | 563 | 3 | 19 | 40,4 | > 0,7 | 1 |
| | C2 | 332 | 10 | 77 | 22,5 | 15 | 11,6 | 19,5 | 13 | 200 | 2 | 18 | 15,3 | Radier (15 cm) | 10 |
| | Variation | | 10 | -23% | 0% | 0% | -23% | 0% | 0% | -64% | -33% | -5% | -62% | | |
| Maine2 - Connec4 | C1 | 3900 | 15 | 93 | 25 | 17 | 15,5 | 18 | 12 | 264 | 14 | 47 | 22,5 | > 0,7 | 0 |
| | C2 | 331 | 15 | 66 | 16,5 | 11 | 7,3 | 18 | 12 | 200 | 14 | 45 | 18,0 | > 0,5 | 0 |
| | Variation | | 0 | -29% | -34% | -34% | -53% | 0% | 0% | -24% | 0% | -4% | -20% | | |
| Moyenne C1 | | | 7,5 | 96,5 | 23,8 | 15,8 | 15,3 | 19 | 12,5 | 414 | 9 | 33 | 31 | 19,7 | 0,5 |
| Moyenne C2 | | | 12,5 | 71,5 | 19,5 | 13,0 | 9,4 | 19 | 12,5 | 200 | 8 | 32 | 17 | 12,9 | 5,0 |
| Ecart entre C1 et C2 | | | 5,0 | -25,9% | | -17,9% | -38,3% | | 0,0% | -51,6% | -5,9% | -4,5% | -47,0% | Perte d'habitats -34,8% | 900,0% |

(*) si lors de la prospection à C1 (débit moyen) la valeur est inférieure à celle de C2 (débit faible), la valeur de la campagne C2 est reportée dans la campagne C1.

Figure 91: Analyse de la connectivité des habitats au sein du lit mineur – Station de la Maine à Aigrefeuille

Entre les deux campagnes on observe une perte moyenne d'habitats (-35%) sur les deux sites. Le pourcentage d'habitats est considéré comme moyen à 3900 l/s et faible à 332 l/s. Le croisement des observations de terrain et des résultats produits par ESTIMHAB suggère qu'un débit de 600 l/s devrait permettre d'occuper la majorité des sous-berges. La perte d'habitats est importante sous 600 l/s et moyenne à partir de 1200 l/s.

2.7.15.2 Franchissabilité des radiers

Les hauteurs d'eau observées sur les radiers ou plats courants lors des expertises de terrain lors des missions Connec, au sein du lit mineur sont figurées ci-dessous.

| | Débit (l/s) | Données Estimhab | | Hauteur minimale (m) | |
|-----------|-------------|---------------------|-----------------------|----------------------|----------|
| | | Hauteur moyenne (m) | Vitesse moyenne (m/s) | Connec 1 | Connec 2 |
| C1 | 3900 | 0,9 | 0,22 | > 0,7 | > 0,7 |
| C2 | 332 | 0,66 | 0,026 | Radier (15 cm) | > 0,5 |

| | | | | |
|--------------------|----|----|----|----|
| CHA/GOU/LOF | | | | |
| VAI | | | | |
| TRF | NC | NC | NC | NC |
| BAF | NC | NC | NC | NC |

Tableau 97: Analyse de la franchissabilité des radiers – Station de la Maine à Aigrefeuille

Aucun problème de franchissabilité n'a été observé pour ces deux débits. Toutefois, en considérant les résultats d'Estimhab, en dessous de 100 l/s les petites espèces pourraient avoir des difficultés à franchir les radiers.

2.7.15.2.3 Décolmatage des radiers

Sur ces sites étudiés initialement en 2012 uniquement avec la méthode ESTIMHAB, les éléments relevés à l'époque sur le terrain ne permettent pas d'étudier la notion de décolmatage.

Pour évaluer les débits biologiques entre décembre et mars, on se concentrera alors sur la capacité de l'anguille à accéder à ces annexes.

2.7.15.3 Connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques

Les résultats de l'analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes hydrauliques sont présentés dans le Tableau 98 :

| | | Maine 2 - Annexe 2 | | Maine 2 - Annexe 3 | |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|------------|----------------------|------------|
| | Campagne | C1 | C2 | C1 | C2 |
| | Date relevé : | 6/4/23 | 16/6/23 | 6/4/23 | 16/6/23 |
| | Débit mesuré dans le cours d'eau (l/s) : | 3900 | 332 | 3900 | 332 |
| Connectivité aux annexes hydrauliques | Type annexe hydraulique | Affluent temporaire | | Affluent temporaire | |
| | Description annexe (largeur en eau) | Chute verticale (enrochement), l= 0,4 | | | |
| | Commentaires | Faible potentiel | | Faible potentiel | |
| | A: Fond cours d'eau (cm) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | B: Entrée annexe (cm) | 85 | 85 | 100 | 100 |
| | C: Ligne d'eau cours d'eau (cm) | 60 | 40 | 13 | 10 |
| | D: Ligne d'eau aval annexe (cm) | 90 | assec | 109 | assec |
| | E: hauteur d'eau annexe (D-B) en cm | 5 | | 9 | |
| | F: Distance annexe et cours d'eau (cm) | 60 | 60 | 600 | 600 |
| | G: Pente (%) | 50% | | 16% | |
| Connexion annexe (Hors d'eau Partiellement en eau Totalemment en eau) | Partiellement en eau | | Hors d'eau | Partiellement en eau | Hors d'eau |
| | | | | | |
| Espèces et tirant d'eau minimal (ICE) | BAF 10 | NC | NC | NC | NC |
| | TRF 5 | NC | NC | NC | NC |
| | CHA 5 | | | | |
| | LOF 5 | | | | |
| | GOU 5 | | | | |
| | VAI 5 | | | | |
| | BRO 15 | NC | NC | NC | NC |
| | ANG 2 | | | | |

Tableau 98: Analyse de la connectivité du lit mineur avec ses annexes – Station de la Maine à Aigrefeuille

A bas débit la connectivité de ces affluents à faible potentiel n'est plus assurée pour les petites espèces, elle est même réduite une grande partie de l'année pour toutes les petites espèces. Un enrochement ne permet pas aux petites espèces de franchir l'annexe2. Un débit supérieur à 2000 l/s devrait permettre de maintenir une légère connexion avec les annexes pour l'anguille.

On observe une perte d'habitats en berge, en dessous de 600 l/s (voir partie 2.7.15.2). En dessous d'un débit de 100 l/s, la capacité de franchissement des radiers sur la station par les petites espèces sera fortement réduite. Pour rappel la plage de SAR du chabot proposée évolue entre une valeur basse de 280 l/s et une valeur haute de 850 l/s (INRAE, 2023).

Au-dessus de 2000 l/s, la connectivité des anguilles avec les annexes est possible. Le potentiel pour le brochet étant nul sur cette annexe, nous n'avons donc pas établi de seuil de connectivité pour cette espèce.

Sur la station de la Maine à Aigrefeuille, la plage de débits biologiques printaniers et automnaux se situe entre une valeur basse de 600 l/s et une valeur haute de 1200 l/s.

Entre décembre mars, on propose un seuil bas de 2000 l/s et un seuil haut de 4000 l/s, qui doit favoriser le décolmatage des plages de graviers, une bonne diversité d'habitats dans le lit et l'accessibilité des annexes à l'anguille et aux petites espèces.

2.7.15.4 Synthèse des débits biologiques proposés

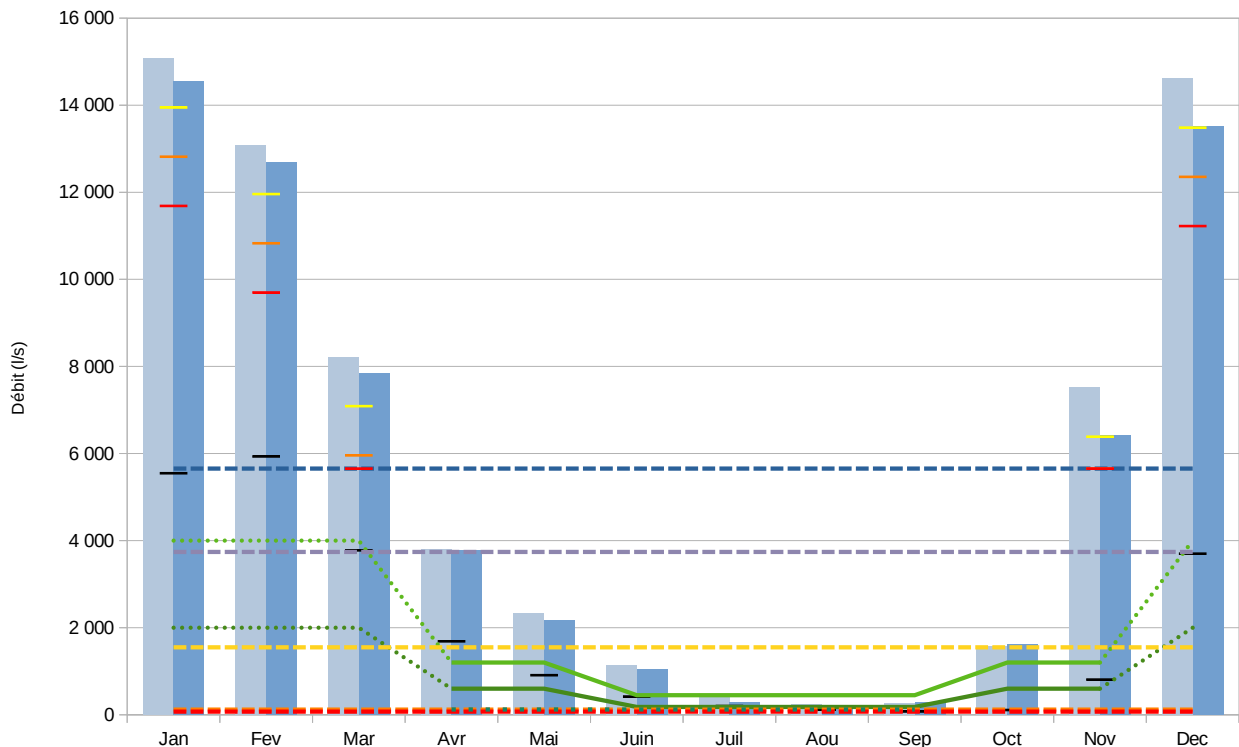
La synthèse des résultats des analyses « Estimhab », « Connectivité » et l'accessibilité des annexes et le SAR du chabot, avec les propositions de débits biologiques est présentée dans la Figure 92.

Les seuils haut et bas en période de basses eaux (juin et septembre) ont été définis à partir de la méthode ESTIMHAB.

Figure 92: Synthèse des débits biologiques proposés – Station de la Maine à Aigrefeuille

| | | ANG | | | Connectivité | | Estimhab | | | Connectivité | | ANG | | |
|-----------------------------|----------------|---------|---------|--------|--------------|--------|----------|-------|-------|--------------|--------|--------|---------|--------|
| Maine à Aigrefeuille | | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | module |
| Débit (l/s) | Désinfluencé | 15080,0 | 13090,5 | 8219,7 | 3807,9 | 2321,1 | 1141,4 | 412,3 | 237,7 | 265,6 | 1567,4 | 7515,8 | 14616,2 | 5654,1 |
| | Influencé | 14539,3 | 12681,8 | 7842,9 | 3766,9 | 2167,7 | 1036,5 | 285,7 | 194,2 | 297,0 | 1628,5 | 6425,6 | 13511,3 | 5323,1 |
| | QMNA5_Des | 5 547 | 5 932 | 3 776 | 1 688 | 909,0 | 419,0 | 200,0 | 119,0 | 75,0 | 108,0 | 807,0 | 3 701 | |
| Connectivité | Autres espèces | | | | | | | | | | | | | |
| | Anguilles | | | | | | | | | | | | | |
| | Brochet | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| | Lit-Min | | | | | | | | | | | | | |
| | Des radiers | | | | | | | | | | | | | |
| Estimhab | SAR Chabot | | | | | | | | | | | | | |
| | SAR Truite | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| ANG | | | | | | | | | | | | | | |
| Débit biologique Seuil haut | | 4000 | 4000 | 4000 | 1200 | 1200 | 450 | 450 | 450 | 450 | 1200 | 1200 | 4000 | |
| Débit biologique Seuil bas | | 2000 | 2000 | 2000 | 600 | 600 | 180 | 180 | 180 | 180 | 600 | 600 | 2000 | |

- Débits moyens mensuels [l.s-1] DESINF
- Débits moyens mensuels [l.s-1] INF
- Débits mensuels quinquennaux secs DESINF
- Seuil bas de débit biologique (l/s)
- Seuil bas indicatif de débit biologique (l/s)
- Seuil haut de débit biologique (l/s)
- Seuil haut indicatif de débit biologique (l/s)
- Médiane (L/s) DESINF
- Module DESINF
- Débit annuel quinquennal sec DESINF
- QMNA2 DESINF
- Débit cible 0,2xM
- QMNA5 DESINF
- Débit cible 0,4xM
- Débit bio bas étude VP 2012



Le Tableau 99 permet de visualiser le nombre de jours où le pourcentage du temps, sur les périodes étudiées, où les débits proposés ne devraient pas être atteints.

Cette simulation a été réalisée pour la période 2008 à 2020.

Tableau 99: Nombre de jours de non dépassement des débits biologiques proposés

| | | Connectivité (avril/mai, oct/Nov) | | Décolmatage (Déc. à mars) | |
|-------------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| | | Plage Basse | Plage Haute | Plage Basse | Plage Haute |
| Débit (l/s) | | 600 | 1200 | 2000 | 4000 |
| % ou Nb jours de non-respecté | Désinfluencé | 27% ou 33j | 40% ou 49j | 9% ou 11j | 24% ou 29j |
| | Influencé | 28% ou 35j | 46% ou 56j | 11% ou 13j | 27% ou 33j |

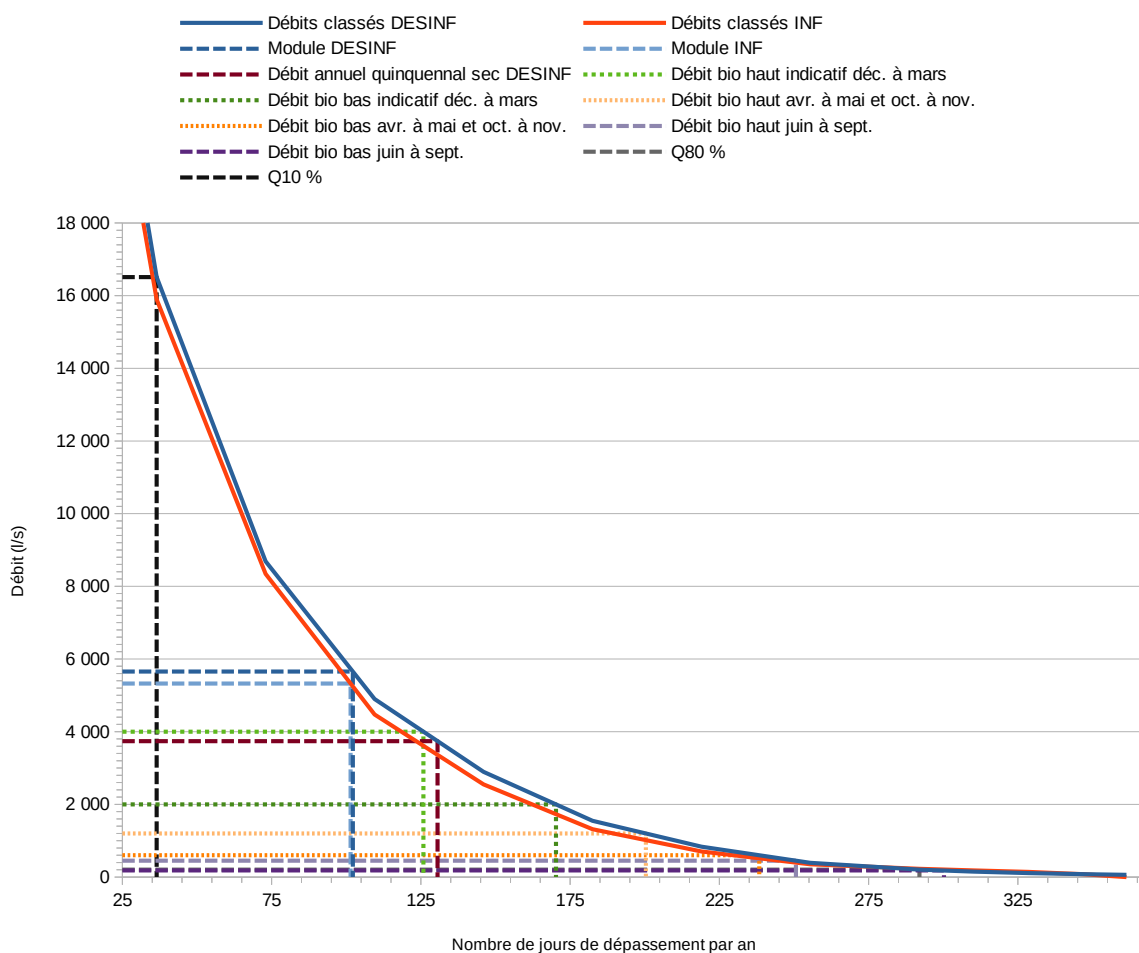


Figure 93: Courbe des débits classés – Maine à Aigrefeuille

2.7.16 La Sèvre Nantaise à Angreviers

Ce site est situé en aval du moulin d'Angreviers à Gorges, en aval de la confluence avec la Moine. Ce secteur de la Sèvre Nantaise est totalement sous influence d'un seuil de moulin en aval, la mission d'évaluation de la connectivité n'a donc pas été réalisée et les résultats de la méthode ESTIMHAB sont à prendre avec précaution sur cette station.

Toutefois à l'aide des observations de terrain lors de la visite des sites et des données Geobs qui regroupe les données sur les ouvrages ROE, on peut estimer la franchissabilité de cet ouvrage.

2.7.16.1 Franchissabilité de l'ouvrage

Les données Geobs regroupent la description des ouvrages et leur classe de franchissabilité selon les grilles de l'ICE.

Ce site a été évalué le 24 mai 2017 par l'OFB à 2,55 m³/s. Il en ressort que la franchissabilité pour l'anguille, le brochet et la vandoise est en classe 0, soit une barrière infranchissable, avec une hauteur de chute de 1,62 m.

Lors de notre visite de terrain du 21 mars 2023, le débit était estimé à 26,2 m³/s. La hauteur de chute était estimée à 1,5 m, avec également une forte altération de la franchissabilité.

La franchissabilité de cet ouvrage est considéré comme nulle, hormis peut-être pour l'anguille en période de crue.

2.7.16.2 Débits biologiques proposés

Les débits proposés sont issus des résultats obtenus en amont sur la Moine et la Sèvre Nantaise à Tiffauges.

Pour cela nous avons sommés les données obtenues sur la Sèvre Nantaise à Tiffauges et la Moine à St-Crespin-sur-Moine.

D'octobre à mai, nous avons utilisé les données de connectivité, issues des paragraphes 2.7.9.4, 2.7.11.4, et ceci de la manière suivante :

Figure 94: Calcul débits biologiques sur la Sèvre Nantaise à Angreviers

| Stations débits bio concernées | Débits biologiques proposés (l/s) | | | | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|------------|---------------------------------|-------------|---------------------|----------------------|
| | Juin à septembre | | Avril, mai et octobre, novembre | | Décembre à mars | |
| | Seuil bas | Seuil haut | Seuil bas | Seuil haut | Seuil bas indicatif | Seuil haut indicatif |
| Sèvre Nantaise à Tiffauges | 200 | 550 | 1000 | 3000 | 4000 | 9000 |
| Moine à Saint-Crespin | 150 | 390 | 550 | 1200 | 1200 | 2000 |
| Total | 350 | 940 | 1550 | 4200 | 5200 | 11000 |

Entre décembre mars, on propose un seuil bas de 5200 l/s et un seuil haut de 11000 l/s, et en avril/mai et octobre, novembre on propose un seuil bas de 1550 l/s et un seuil haut de 4200 l/s.

Pour les débits en période de basses eaux, nous avons utilisé deux méthodes, l'une en sommant les données Estimhab obtenues à Tiffauges et St-Crespin-sur-Moine, et l'autre en considérant les résultats obtenus par l'INRAE (2023) en retraitant les données Estimhab de 2012.

La somme des valeurs hautes et basses, nous permet d'avoir :

- Une valeur basse de 350 l/s, assez éloignée de la valeur basse obtenue à l'aide des données Estimhab de 2012, à savoir 160 l/s.
- Une valeur haute de 940 l/s, valeur éloignée de celle obtenue par l'INRAE en 2023 à partir des données ESTIMHAB de 2012, à savoir 400 l/s.

Toutefois, ces valeurs de 160 et 400 l/s sont à prendre avec précaution, comme indiqué précédemment. Si l'on regarde les courbes obtenues par Estimhab (cf. 2.5.7.1), on observe une stabilisation de la SPU à partir de 400 l/s, possiblement en raison de l'ouvrage en aval qui rehausse la ligne d'eau, et ne permet aucunement un gain significatif de surface sur cette zone.

Les conditions physico-chimiques de l'eau (température et oxygénation) auront également tendances à se dégrader d'autant plus que le débit sera faible, ce qui favorisera le développement d'espèces végétales déjà présentes sur la Sèvre Nantaise, comme les lentilles, ou d'autres espèces végétales invasives (Jussie, Egeria ...) qui accentuent l'asphyxie du milieu, et sont le témoin d'une eutrophisation du milieu.

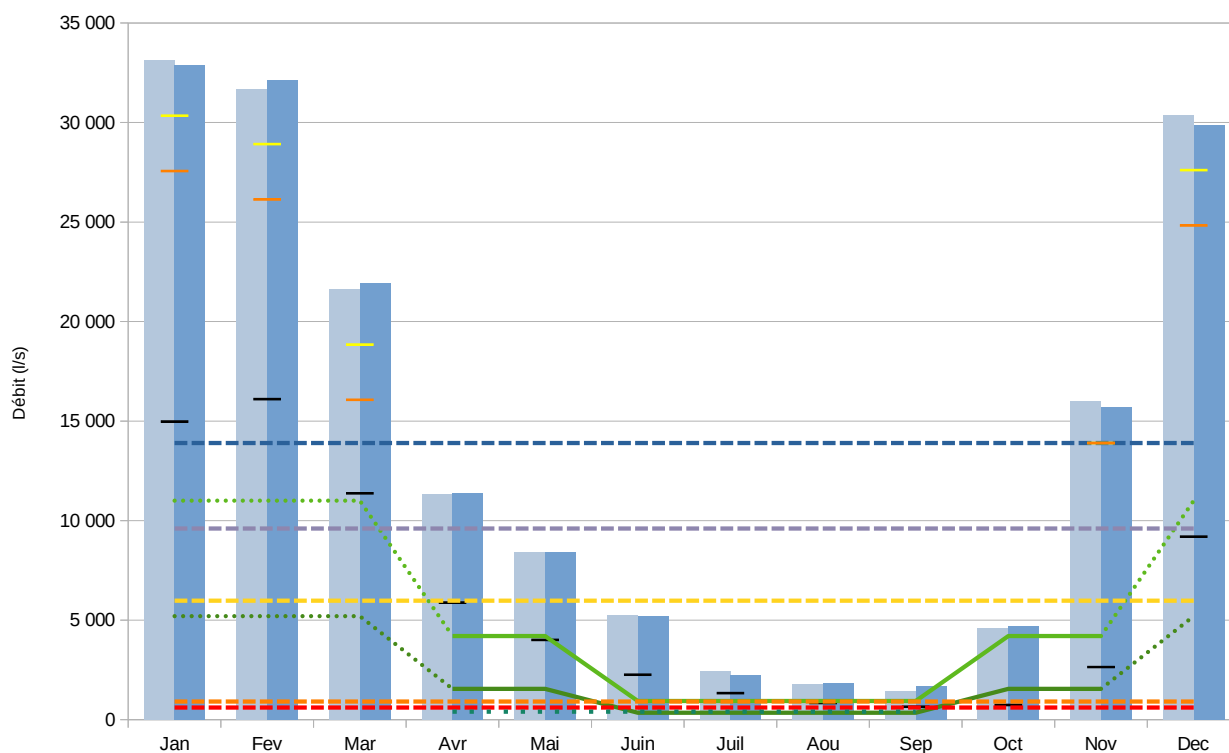
Entre juin et septembre, on propose donc un seuil bas de 350 l/s et un seuil haut de 940 l/s pour la période de bas débit.

2.7.16.3 Synthèse des débits biologiques proposés

Figure 95: Synthèse débits biologiques proposés – Station de la Sèvre Nantaise à Angreviers

| Sèvre Nantaise à Angreviers | | Estimhab | | | | | | | | | | | | module |
|-------------------------------------------|----------------|----------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | janv. | févr. | mars | avr. | mai | juin | juil. | août | sept. | oct. | nov. | déc. | |
| Débit (l/s) | Désinfluencé | 33122 | 31694 | 21625 | 11321 | 8392 | 5273 | 2428 | 1765 | 1449 | 4585 | 15996 | 30390 | 13898 |
| | Influencé | 32877 | 32117 | 21921 | 11392 | 8402 | 5193 | 2222 | 1821 | 1671 | 4686 | 15684 | 29852 | 13868 |
| | QMNA5_Des | 14 974 | 16 102 | 11 368 | 5 883 | 4 004 | 2 256 | 1 332 | 834,0 | 649,0 | 734,0 | 2 643 | 9 196 | |
| Francissabilité de l'ouvrage (grille ICE) | Autres espèces | | | | | | | | | | | | | |
| | Anguilles | | | | | | | | | | | | | |
| | Brochet | | | | | | | | | | | | | |
| Débit biologique Seuil haut | | 11000 | 11000 | 11000 | 4200 | 4200 | 940 | 940 | 940 | 940 | 4200 | 4200 | 11000 | |
| Débit biologique Seuil bas | | 5200 | 5200 | 5200 | 1550 | 1550 | 350 | 350 | 350 | 350 | 1550 | 1550 | 5200 | |

- Débits moyens mensuels [l.s-1] DESINF
- Débits moyens mensuels [l.s-1] INF
- Débits mensuels quinquennaux secs DESINF
- Seuil bas de débit biologique (l/s)
- Seuil bas indicatif de débit biologique (l/s)
- Seuil haut indicatif de débit biologique (l/s)
- Module DESINF
- Médiane (L/s) DESINF
- QMNA2 DESINF
- Débit annuel quinquennal sec DESINF
- QMNA5 DESINF
- Débit cible 0,2xM
- Débit cible 0,4xM
- Débit bio bas étude VP 2012



Le Tableau 100 permet de visualiser le nombre de jours où le pourcentage du temps, sur les périodes étudiées, où les débits proposés ne devraient pas être atteints.

Cette simulation a été réalisée pour la période 2008 à 2020.

Tableau 100: Nombre de jours de non dépassement des débits biologiques proposés

| | | Estimhab (juin à Sept.) | | Connectivité (avril/mai, oct/Nov) | | Décolmatage (Déc. à mars) | |
|-------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------|---------------------------|-------------|
| | | Seuil bas de débit biologique | Seuil haut de débit biologique | Plage Basse | Plage Haute | Plage Basse | Plage Haute |
| Débit (l/s) | | 350 | 940 | 1550 | 4200 | 5200 | 11000 |
| % ou Nb jours de non-respecté | Désinfluencé | 0 | 21 % ou 26j | 21 % ou 26j | 37 % ou 46j | 6 % ou 7j | 22 % ou 27j |
| | Influencé | 2 % ou 3j | 18 % ou 22j | 19 % ou 23j | 38 % ou 46j | 6 % ou 7j | 22 % ou 27j |

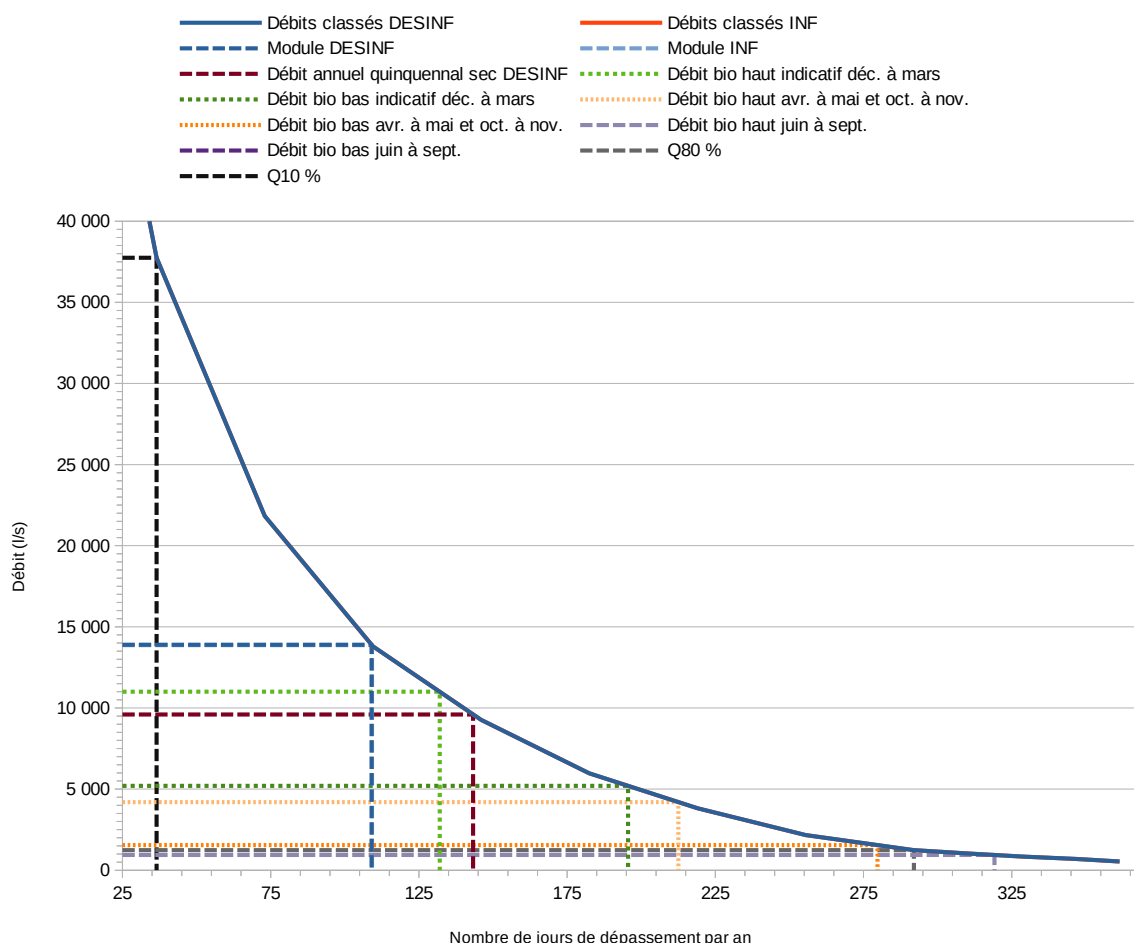


Figure 96: Courbe des débits classés – Sèvre Nantaise à Angreviers

2.8 Débits environnementaux proposés

Pour définir les valeurs de Débit Objectif d'Étiage (DOE) et de volumes prélevables associés à chaque unité de gestion il est nécessaire de transposer les débits biologiques obtenus à chaque station en débits environnementaux à l'exutoire de chaque unité de gestion.

Pour ce faire, un travail d'homogénéisation des valeurs de débits biologiques entre stations a été réalisé de manière à vérifier que la station la plus en aval permet de satisfaire les conditions de la station amont lorsque plusieurs stations sont rattachées à la même unité de gestion. Ce travail n'a pas été réalisé hors période de basses eaux (novembre ou décembre à mars) pour laquelle les valeurs sont données à titre indicatif.

Seule la valeur basse du débit biologique de juin à septembre sur la station de la Sèvre Nantaise à Montravers (170 l/s) présente une valeur légèrement en dessous de celle de la station de la Sèvre Nantaise à l'Élunière (200 l/s). Pour assurer la cohérence entre ces deux stations le débit biologique bas de juin à septembre sur la station de la Sèvre Nantaise à Montravers a ainsi été porté à 200 l/s.

Le Tableau 101 présente, l'ensemble des propositions de seuils pour les différentes stations et période de l'année et leur comparaison avec les valeurs de l'étude « Volumes prélevables » de 2012 :

Tableau 101: Synthèse des débits biologiques stationnels

| Méthode (et période) | Estimhab (juin à sept.) | Connectivité (avril/mai, oct/nov) | Décolmatage (déc. à mars) et connectivité | | | | Étude Volumes Prélevables 2012 | |
|--------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|------------|---------------------|----------------------|--------------------------------|------------|
| Stations débits bio concernées | Débits biologiques homogénéisés (l/s) | | | | | | Débit biologiques (l/s) | |
| | Seuil bas | Seuil haut | Seuil bas | Seuil haut | Seuil bas indicatif | Seuil haut indicatif | Seuil bas | Seuil haut |
| Sèvre Nantaise à l'Elunière | 200 | 440 | 500 | 1000 | 3520 | 11040 | - | - |
| Sèvre Nantaise à Montravers | 200 | 480 | 1000 | 2000 | 2000 | 6000 | 100 | 140 |
| Ouin à la Basse Gelousière | 100 | 220 | 170 | 350 | 680 | 2030 | - | - |
| Sèvre Nantaise à Tiffauges | 200 | 580 | 1000 | 3000 | 4000 | 9000 | 250 | 300 |
| Sèvre Nantaise à Angreviers | 350 | 940 | 1550 | 4200 | 5200 | 11000 | 400 | 500 |
| Le Trézon à l'Herboutilère | 25 | 40 | 55 | 150 | 1420 | 4370 | - | - |
| Moine à Cholet | 100 | 320 | 200 | 750 | 700 | 1500 | 100 | 130 |
| Moine à Saint-Crespin | 150 | 390 | 550 | 1200 | 1200 | 2000 | 150 | 200 |
| Sanguèze à Mouzillon | 50 | 140 | 170 | 600 | 2500 | 8580 | - | - |
| Grande Maine à la Patricière | 90 | 200 | 300 | 800 | 1690 | 6010 | - | - |
| Grande Maine au Pont Léger | 100 | 260 | 300 | 600 | 1690 | 6010 | 70 | 100 |
| Petite Maine à Fromage | 120 | 290 | 300 | 650 | 550 | 1400 | 70 | 100 |
| Maine à Aigrefeuille | 180 | 450 | 600 | 1200 | 2000 | 4000 | 120 | 150 |

Une fois la mise en cohérence de stations réalisée, chaque unité de gestion s'est vue attribuée une station de débit biologique permettant d'en déduire les débits environnementaux à l'exutoire de l'unité de gestion concernée en recourant à une transposition des valeurs de la station à l'exutoire de l'unité de gestion par ratio simple de bassin versant intercepté, en arrondissant la valeur obtenue à la dizaine la plus proche.

Afin de limiter le poids de cette transposition sur les débits environnementaux, il a été retenu, sauf cas particuliers explicités ci-après, de s'appuyer en priorité sur la station de débit biologique la plus proche de l'exutoire de l'unité de gestion concernée.

L'exutoire de l'unité de gestion Sèvre amont étant encadré par deux stations de débits biologiques (Sèvre Nantaise à l'Élunière et Sèvre Nantaise à Montravers), présentant une valeur de 200 l/s pour le débit biologique bas de juin à septembre, cette valeur a été reportée au droit de l'exutoire de cette UG.

Pour l'unité de gestion Grande Maine, son exutoire étant encadré par deux stations de débits biologiques (Grande Maine à la Patricière et Grande Maine au Pont Léger) il a été retenu de s'appuyer sur la station de la Grande Maine à la Patricière car celle-ci présente des débits biologiques légèrement plus exigeants.

Afin de définir des débits environnementaux sur l'unité de gestion Sèvre aval, il a été retenu de sommer les valeurs obtenues aux exutoires des unités de gestion immédiatement en amont (Exemple pour le seuil bas de la période juin à septembre : UG Sèvre moyenne 2 : 340 l/s, UG Maine : 190 l/s et UG Sanguèze : 50 l/s, soit UG Sèvre aval : 580 l/s).

Le Tableau 102 présente, l'ensemble des débits environnementaux proposés à l'exutoire des unités de gestion :

Tableau 102: Synthèse des débits environnementaux proposés à l'exutoire des unités de gestion

| Unité de gestion | Station débit biologique considérée | Surface BV exutoire UG (km ²) | Surface BV station débit bio (km ²) | Ratio surface BV exutoire UG / Station débit bio | Débits environnementaux proposés (l/s) | | | | | |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| | | | | | Seuil bas juin à sept. | Seuil haut juin à sept. | Seuil bas avril à mai oct. à nov. | Seuil haut avril à mai oct. à nov. | Seuil bas indicatif déc. à mars | Seuil haut indicatif déc. à mars |
| UG Sèvre amont | Sèvre Nantaise à Montravers | 364 | 387 | 0,94 | 200 | 450 | 940 | 1 880 | 1 880 | 5 640 |
| UG Sèvre moyenne 1 | Sèvre Nantaise à Tiffauges | 817 | 817 | 1,00 | 200 | 580 | 1 000 | 3 000 | 4 000 | 9 000 |
| UG Sèvre moyenne 2 | Sèvre Nantaise à Angreviers | 1 381 | 1 436 | 0,96 | 340 | 900 | 1 490 | 4 040 | 5 000 | 10 580 |
| UG Sèvre aval | - | 2 354 | - | - | 580 | 1 520 | 2 300 | 5 950 | 9 770 | 23 920 |
| UG Ouin | Ouin à la Basse Gelousière | 100 | 74 | 1,37 | 140 | 300 | 230 | 480 | 930 | 2 770 |
| UG Moine 1 | Moine à Cholet | 133 | 176 | 0,76 | 80 | 240 | 150 | 570 | 530 | 1 140 |
| UG Moine 2 | Moine à Saint-Crespin | 384 | 365 | 1,05 | 160 | 410 | 580 | 1 260 | 1 260 | 2 100 |
| UG Sanguèze | Sanguèze à Mouzillon | 161 | 152 | 1,06 | 50 | 150 | 180 | 640 | 2 660 | 9 120 |
| UG Grande Maine | Grande Maine au Pont Léger | 159 | 189 | 0,84 | 80 | 220 | 250 | 500 | 1 420 | 5 050 |
| UG Petite Maine | Petite Maine à Fromage | 192 | 192 | 1,00 | 120 | 290 | 300 | 650 | 550 | 1 400 |
| UG Maine | Maine à Aigrefeuille | 676 | 641 | 1,05 | 190 | 470 | 630 | 1 270 | 2 110 | 4 220 |

2.9 Impact du changement climatique sur les peuplements de poissons d'eau douce

Dans le projet Explore 2070 (2010-2012), qui visait à évaluer les impacts du changement climatique sur les milieux aquatiques, un volet était consacré aux écosystèmes aquatiques et plus particulièrement à la vulnérabilité des poissons d'eau douce de la France métropolitaine. Des résultats de ce projet complétés par une synthèse de nombreuses références bibliographiques ont permis de dresser un état des lieux très complet (Baptist et al 2014). De nombreux éléments sont repris dans ce rapport et complétés par des références plus récentes de manière à fournir des indications sur l'évolution passée et future des peuplements de poissons des cours d'eau français. Aucune étude portant sur les peuplements de poissons du bassin de la Sèvre Nantaise n'a été identifiée. Ainsi, on discutera de la transposition des études à plus large échelle sur ce bassin versant, tout en spécifiant les limites de cet exercice.

Les poissons, en tant qu'organismes ectothermes, dépendent beaucoup du facteur thermique tout au long de leur cycle de vie (Souchon & Tissot, 2012). Les espèces se distribuent selon le gradient longitudinal dans les cours d'eau, dont la température est un des éléments essentiels. La croissance et le métabolisme des individus ainsi que la phase de reproduction dépendent directement de la température. L'importance du facteur thermique pour les poissons les rend sensibles au changement climatique, avec des réponses qui vont varier selon les préférences écologiques des espèces. Selon la gamme de variation préférée on distingue des espèces thermophiles (préférence pour les eaux chaudes) et des espèces cryophiles (préférence pour les eaux froides).

2.9.1 Tendances actuelles

Certains effets sont déjà observés même s'il semble difficile de démêler les effets propres du changement climatique des autres pressions anthropiques à l'œuvre au sein de ce qui constitue le changement global.

2.9.1.1 Phénologie des organismes

En raison du réchauffement, on peut s'attendre à un déplacement saisonnier des périodes de reproduction. Pour beaucoup d'espèces, les températures minimales requises étant atteintes plus tôt au printemps, la reproduction serait donc plus précoce. Ce type de décalage peut aboutir à des modifications des relations trophiques au sein de l'écosystème aquatique.

Chez les espèces amphihalines, une étude récente a montré une évolution significative des dates de migration printanière de cinq espèces dans les cours d'eau français de la façade atlantique au cours des trente dernières années (Legrand et al 2021). Les dates de migration sont plus précoces (la moyenne est de 2,3 jours d'avance par décennie). Pour l'anguille, qui est le seul migrateur recensé

dans le bassin de la Sèvre Nantaise, la date de migration des civelles ne semble pas avoir changé alors que celle du stade adulte est plus précoce (1,9 jours d'avance par décennie).

2.9.1.2 Changement d'aire de distribution des espèces

Les espèces se distribuent selon les conditions environnementales qui correspondent à leurs préférences écologiques. Face à des modifications de ces conditions, les espèces ont le choix entre s'adapter pour persister tant que ces modifications sont réduites, ou se déplacer pour gagner des zones d'habitats favorables. Des changements d'aire de distribution sont déjà observés, indiquant un déplacement vers des latitudes ou des altitudes plus élevées en réponse au réchauffement. Ainsi, les espèces caractéristiques des zones amont des cours d'eau (truite et espèces d'accompagnement) voient une contraction de leurs aires de répartition dans le cours d'eau au profit des espèces de l'aval, thermophiles, qui seraient favorisées.

2.9.1.3 Réponses aux fluctuations à court terme des conditions climatiques

A court terme, des fluctuations des variables climatiques se superposent à la tendance globale d'évolution du climat. Les effets de ces fluctuations entre 1992 et 2011 sur la distribution des poissons en France ont été étudiés (Comte & Grenouillet, 2015). Les espèces considérées répondent rapidement aux fluctuations à court terme du climat en modifiant leur aire de distribution, ce qui signifie que les changements d'aire de distribution peuvent être plus rapides que prévus. Elles montrent une faible capacité à persister face à des courtes périodes de conditions climatiques défavorables ainsi qu'une capacité limitée à se déplacer vers l'amont pour atteindre de nouveaux habitats favorables. Ainsi, les caractéristiques intrinsèques des espèces jouent un rôle dans la manière de changer d'aire de distribution en réponse à la variation du climat.

2.9.1.4 Effets d'interaction avec la qualité de l'eau

Le changement climatique peut entraîner des effets plus globaux indirectement via la qualité de l'eau. Il existe une interaction délétère entre l'augmentation de la température et l'exposition à des contaminants liés à la réduction de la tolérance thermique des individus et à une toxicité accrue de contaminants à des températures plus élevées. Les processus de bioaccumulation pourraient également être modifiés par le changement climatique. Les études concernant ce sujet sont moins généralisables car elles considèrent souvent des espèces particulières et des composants spécifiques.

2.9.2 Évolutions futures

Des évaluations des évolutions futures des peuplements de poissons existent. Elles reposent sur des modèles de distribution des espèces auxquels sont fournies en données d'entrée les variables bioclimatiques simulées pour les périodes futures. Un niveau d'incertitude est donc inhérent à cette démarche même si elle permet de dessiner des tendances d'évolution à l'échelle nationale.

Les espèces d'eau froide et sténothermes (la truite, le chabot, la lamproie de Planer) seraient systématiquement impactées négativement et à l'inverse d'autres espèces seraient favorisées (le chevesne, le barbeau fluviatile).

La tendance serait donc à l'extension globale des aires de répartition vers les zones amont en réponse au réchauffement. En conséquence, les habitats des espèces des têtes de bassin versant seraient limités à des refuges en altitude, ce qui semble problématique pour les bassins versants de faible altitude. Cela suppose que les espèces puissent se déplacer pour coloniser les habitats devenus favorables soit vers l'amont des cours d'eau, soit dans des bassins voisins. De plus, ces variations de distribution sont fonction de la capacité de dispersion des espèces.

A l'échelle des communautés, ces changements se traduisent par l'augmentation de la richesse spécifique des zones intermédiaires et amont des cours d'eau, qui s'accompagne d'une homogénéisation sur l'axe longitudinal.

Des études plus récentes permettent d'affiner ces tendances globales, notamment en intégrant dans les modèles d'autres variables que les variables bioclimatiques pour prendre en compte d'autres pressions anthropiques ou tenir compte des caractéristiques écologiques des espèces.

Par exemple, une étude-test a été réalisée sur le bassin du Rhône en couplant un modèle de distribution d'espèces à un modèle d'habitat pour trois espèces de poissons, la truite, le chabot et le barbeau, en associant pour décrire les changements physiques, un modèle hydrologique distribué et un modèle hydraulique (Morel et al 2023). Le test est réalisé selon deux des scénarios climatiques actuellement disponibles (RCP4.5 et RCP8.5). Cette modélisation d'ensemble indique tout d'abord des variations régionales dans la réponse aux changements de température. Conformément aux tendances déjà connues, les aires de distribution de la truite et du chabot ont tendance à se réduire drastiquement, voire disparaître dans les deux scénarios, alors que le barbeau devrait étendre sa distribution vers l'amont. Cependant, les effets du changement climatique sont plus nuancés pour la truite et le barbeau. L'aire de distribution du barbeau devrait s'étendre mais en raison de la réduction des débits, les habitats y seraient moins favorables. L'aire de distribution de la truite se réduit mais elle peut trouver des refuges thermiques dans les Alpes et les habitats resteraient favorables dans les cours d'eau moyens à grands. Même si cette étude test comporte beaucoup d'incertitudes, elle montre que les effets du changement climatique ne se résument pas qu'à un changement d'aire de distribution pour les espèces de poissons en réponse à l'augmentation de température.

Une synthèse récente à l'échelle mondiale a également montré qu'il était important d'adopter une approche intégrée pour évaluer correctement les effets du changement climatique en tenant compte à la fois des facteurs extrinsèques (les conditions environnementales) et intrinsèques (la capacité adaptative des espèces) qui génèrent des changements de communautés (Comte et al 2021).

Cette synthèse confirme la « thermophilisation » et la « limnophilisation » des communautés de poissons en réponse au réchauffement climatique, c'est-à-dire le développement des espèces qui préfèrent les eaux chaudes et calmes. Par ailleurs, il existe une interaction avec l'occupation des sols car la thermophilisation est plus élevée dans les peuplements qui occupent les milieux les plus modifiés par les activités humaines. De plus, certaines communautés connaissent des taux de changements plus élevés que d'autres. Ces communautés plus vulnérables sont les communautés qui comportent des espèces subissant des régimes de température et de débit proches de leurs limites de préférences écologiques (communautés sensibles) et les communautés les plus pauvres en espèces (communautés peu résilientes).

2.9.3 Impacts du changement climatique sur les peuplements de poissons du bassin de la Sèvre Nantaise

A notre connaissance, il n'existe pas de travaux spécifiques pour analyser les effets du changement climatique sur les milieux aquatiques à cette échelle régionale. Cependant, des éléments plus généraux peuvent être mobilisés pour évaluer la sensibilité des cours d'eau du bassin de la Sèvre Nantaise et de ses peuplements au changement climatique. Il faut toutefois garder à l'esprit que des résultats établis à large échelle ne peuvent pas s'appliquer directement à une échelle plus locale sans incertitude.

2.9.3.1 Conditions thermiques dans les cours d'eau du bassin de la Sèvre Nantaise

A l'échelle nationale, le projet TIGRE¹ concernant la thermie en rivière a permis d'analyser la variabilité spatiale des régimes thermiques des cours d'eau. Il est basé sur la mobilisation de données existantes de mesures de température de l'eau (2009-2017) sur près de 3000 stations de mesure en France afin de pouvoir modéliser les régimes thermiques de l'ensemble du réseau hydrographique. Notamment, des métriques sont modélisées pour caractériser les périodes chaudes, comme la moyenne interannuelle des températures moyennes des 30 jours consécutifs les plus chauds de chaque année (MT30jmax). La spatialisation de cette métrique à l'échelle de la France indique que l'ensemble du bassin de la Sèvre Nantaise est parmi les bassins les plus chauds avec une température qui dépasse 20-22°C durant 30 jours consécutifs lors des périodes les plus chaudes de l'année (Figure 97)

1 <https://thermie-rivieres.inrae.fr/>

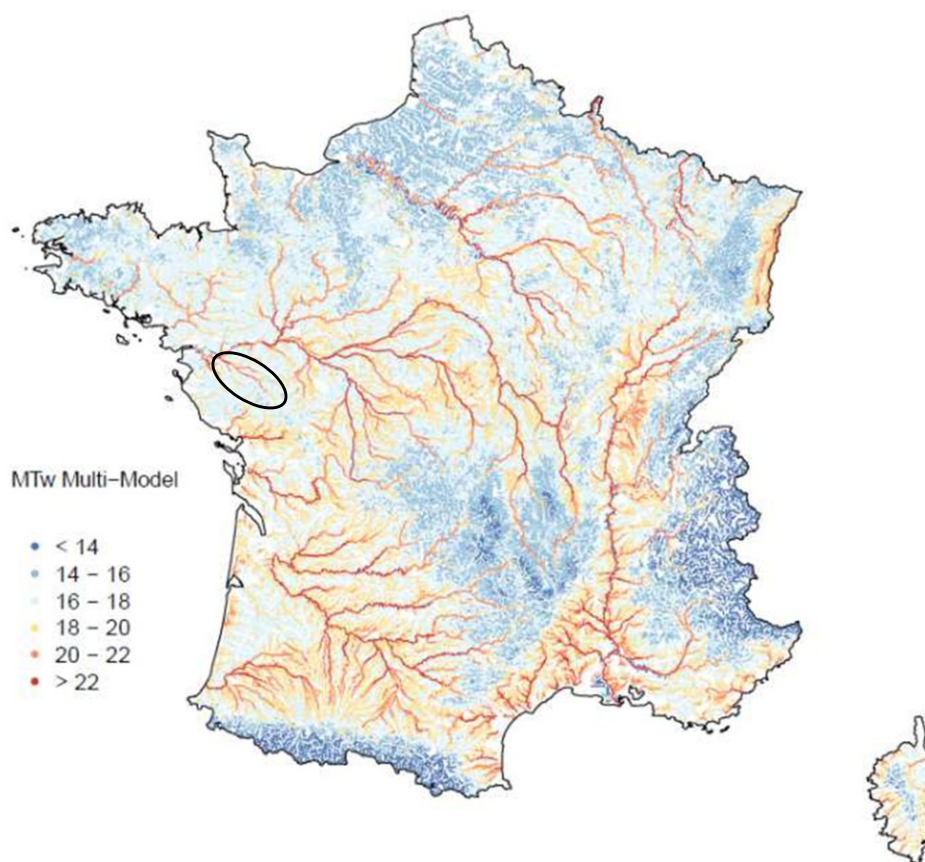










Figure 97 : Extrapolation spatiale de la moyenne interannuelle des températures moyennes des 30 jours consécutifs les plus chauds de l'année MT30jMax sur l'ensemble du réseau hydrographique (extrapolation multimodèles) (source : Projet TIGRE, 2020).

La tolérance des peuplements de poissons à ces températures est ensuite analysée à l'échelle de stations pour lesquelles des données de température étaient disponibles. Les exigences thermiques de 24 espèces de poissons ont été résumées sur la base de la littérature et comparées à la métrique thermique MT30jmax. Dans le bassin de la Sèvre Nantaise, la station de la Sèvre Nantaise à Tiffauges est caractérisée (Tableau 103). La comparaison indique que l'optimum thermique de la truite fario est systématiquement dépassé de plus de 1°C entre 2009 et 2018 lors des périodes chaudes. Plus ponctuellement (en 2013 et 2018) l'optimum thermique d'autres espèces peut également être dépassé comme pour le chevesne, le barbeau ou le brochet avec un écart moindre (<1°C). Ces données indiquent donc que les conditions thermiques peuvent être régulièrement et dès maintenant défavorables pour la truite.

| | Opt. min. | 4 | 4 | 4 | 4 | 10 | 14 | 7 | 15 | 16 | 10 | 12 | 10 | 12 | 10 | 16 | 12 | 20 | 15 | 10 | 16 | 10 | 15 | 12 | 12 |
|-------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Opt. max. | 26 | 19 | 28 | 20 | 18 | 24 | 30 | 24 | 25 | 24 | 24 | 25 | 30 | 24 | 27 | 25 | 30 | 30 | 27 | 25 | 26 | 25 | 30 | 28 |
| | Mortal. | 27 | 25 | 29 | 23 | 27 | 30 | 36 | | | 32 | 27 | 32 | 37 | 31 | 33 | 31 | 35 | 35 | 35 | | 35 | 31 | 35 | 32 |
| Année | T30Jmax | CHA | TRF | LOF | OBR | BLN | CHE | GOU | HOT | TOX | BAF | SPI | VAN | BOU | BRO | PER | GAR | ABL | CCO | SAN | BRB | BRE | GRE | PES | SIL |
| 2009 | 22.4 | | + | | + | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2010 | 23.8 | | + | | | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2011 | 21.9 | | + | | + | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2012 | 22.8 | | + | | + | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2013 | 24.6 | | + | | | + | | + | | + | | + | + | | | + | | | | | | | | | |
| 2014 | 22.5 | | + | | + | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2015 | 23.6 | | + | | | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2016 | 23 | | + | | | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2017 | 23.5 | | + | | | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2018 | 24.5 | | + | | | + | | + | | + | | + | + | | | + | | | | | | | | | |

Tableau 103 : Tolérance thermique des espèces de poissons au stade adulte (MT30jmax) sur la Sèvre Nantaise à Tiffauges (Période 2009-2018) (source : Projet TIGRE ; <https://thermie-rivieres.inrae.fr/>)

| | | Legende | |
|---------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| CHA : Chabot | BOU : Bouvière |  | T30Jmax dans l'optimum biologique |
| TRF : Truite fario | BRO : Brochet |  | T30Jmax < optimum biologique (écart inférieur à 1°C) |
| LOF : Loche franche | PER : Perche |  | T30Jmax > optimum biologique (écart inférieur à 1°C) |
| OBR : Ombre commun | GAR : Gardon |  | T30Jmax << optimum biologique (écart supérieur à 1°C) |
| BLN : Blageon | ABL : Ablette |  | T30Jmax >> optimum biologique (écart supérieur à 1°C) |
| CHE : Chevaine | CCO : Carpe |  | T30Jmax >> optimum biologique (seuil de mortalité non documenté) |
| GOU : Goujon | SAN : Sandre |  | T30Jmax > seuil de mortalité |
| HOT : Hotu | BRB : Brème bordelière |  | Seuils de tolérance non documentés |
| TOX : Toxostome | BRE : Brème commune | | |
| BAF : Barbeau | GRE : Grémille | | |
| SPI : Spirin | PES : Perche soleil | | |
| VAN : Vandoise | SIL : Silure | | |

*D'après Frisk et al. (2012), Tissot & Souchon (2010), Mallet et al. (1999), Casselman et Lewis (1996), Elliott & Elliott (1995), Elliott et al. (1994), Persat (1988), Elliott (1981)

2.9.3.2 Sensibilité du bassin au changement climatique (Beaufort et al., 2020)

Une modélisation du régime thermique sur l'ensemble du bassin de la Loire a été réalisée. La sensibilité thermique des cours d'eau est utilisée pour quantifier leurs sensibilités au changement climatique futur. Elle est estimée à partir de l'analyse de la relation entre la température de l'eau et la température de l'air. Les résultats de cette étude indiquent que dans le bassin de la Loire, les cours d'eau les plus sensibles sont les grands cours d'eau (distance à la source >120 km), avec peu ou pas de relations aux eaux souterraines, et faiblement ombragés. L'effet de l'ombrage est de toute façon négligeable sur les grands cours d'eau, mais en revanche il est d'autant plus important sur des cours d'eau de taille plus réduite en l'absence de relations avec la nappe.

2.9.3.3 Vulnérabilité des espèces du bassin (Explore 2070, MEDDE/Biotope 2012)

Dans le cadre du projet Explore 2070, la vulnérabilité de 38 espèces de poissons à l'impact du changement climatique en France métropolitaine a été évaluée en croisant l'évolution de la répartition des habitats favorables et de la capacité de dispersion des espèces.

Parmi les espèces dont la vulnérabilité a été jugée comme élevée à l'échelle nationale figurent la truite, la lamproie de Planer et le chabot. Ces espèces d'eau froide et sténothermes seraient particulièrement touchées. Le brochet est également parmi les espèces les plus vulnérables mais la fiabilité des projections est plus incertaine notamment car ses exigences écologiques pour la reproduction sont sans doute mal prises en compte dans la modélisation. La vandoise est également considérée comme très sensible du fait de sa capacité de dispersion limitée qui l'empêcherait de coloniser de nouveaux habitats favorables.

A l'opposé, d'autres espèces comme le chevesne, le barbeau fluviatile ou même l'anguille sont peu vulnérables face au changement climatique et profiteraient de nouvelles zones d'habitats favorables qu'elles pourraient coloniser du fait de leur capacité de dispersion.

Plus globalement, une diminution de la richesse spécifique entre la situation actuelle et la situation future projetée est attendue dans les cours d'eau de la région Pays de la Loire.

Ces éléments sont à considérer cependant avec précaution car les projections sont issues de l'usage de scénarios climatiques qui ont depuis été révisés (cf état des lieux sur les projections hydroclimatiques réalisé dans la section 3.2.3 du rapport de Phase 2, Santos et al., 2023). Par ailleurs, des incertitudes existent du fait 1/ de l'absence de la prise en compte d'autres facteurs dans la modélisation comme les pressions anthropiques hors changement climatique (ex : obstacle à la dispersion) ou la modification des interactions biotiques (i.e. interactions entre communautés d'êtres vivants), et 2/ de la difficulté d'extrapoler en dehors du domaine de variation des données utilisées pour les modèles.

2.9.4 Conclusion

Pour résumer, les effets du changement climatique sur les peuplements de poissons induisent des changements d'aire de distribution des espèces et des remaniements des communautés. Ces effets ont été démontrés à des échelles spatiales différentes.

Les interactions avec d'autres facteurs anthropiques ont cependant été peu pris en compte, alors qu'actuellement les effets de facteurs tels que l'usage des sols, la pollution, la fragmentation des milieux, ou les espèces invasives sont toujours les plus importants en tant que menace pour la biodiversité par rapport aux effets contemporains du changement climatique (Oberdorff 2022).

Il est possible d'agir pour limiter la vulnérabilité des poissons au changement climatique. Un ensemble de mesures d'adaptation est proposé (Explore 2070, 2012 ; Baptist et al 2014 ; Oberdorff 2022) :

- Maintien et restauration des continuités écologiques : la circulation des espèces est nécessaire pour s'adapter aux nouvelles conditions et rechercher des habitats thermiquement plus favorables ;
- Maîtrise des prélèvements et respect des régimes hydrologiques : la diminution de la disponibilité en eau et l'altération des régimes hydrologiques réduisent la taille et l'hétérogénéité des habitats, entraînant une augmentation de l'extinction des espèces ;
- Maintien et restauration de la qualité de l'eau ;
- Maîtrise du réchauffement anthropique des eaux : rôle de la ripisylve dans l'atténuation de la température et impact de la restauration de l'hydromorphologie.

À retenir :

Le réchauffement climatique entraîne le développement des espèces qui préfèrent les eaux chaudes et calmes au détriment des autres dans les peuplements de poissons. Ainsi, les espèces des zones amont des cours d'eau voient leur aire de distribution se réduire, voire disparaître à terme. Globalement, les espèces d'eau froide seraient particulièrement affectées. Dans le bassin de la Loire, les cours d'eau les plus sensibles au changement climatique sont les grands cours d'eau (distance à la source >120 km), avec peu ou pas de relations aux eaux souterraines, et faiblement ombragés. Plus précisément, dans les cours d'eau de la région Pays de la Loire, une diminution de la richesse spécifique des peuplements de poissons est attendue entre la situation actuelle et la situation future projetée. La truite fario semble particulièrement vulnérable dans le bassin de la Sèvre Nantaise car en période chaude, la température dépasse régulièrement l'optimum thermique de cette espèce.

Il est possible d'agir pour limiter la vulnérabilité des poissons au changement climatique en mettant en œuvre des mesures de gestion relatives à la quantité et qualité de l'eau et à l'hydromorphologie.

3 Volet « Climat »

Dans ce chapitre, nous présentons les projections climatiques sélectionnées et nous examinons les évolutions climatiques possibles sur le bassin de la Sèvre Nantaise. Les projections sélectionnées serviront de base à la modélisation intégrée (hydrologie + usages) décrite dans la Section 5.

3.1 La chaîne de modélisation de l'impact du changement climatique

La communauté scientifique, associant notamment géographes, sociologues et économistes, a établi des trajectoires socio-économiques futures. Ces trajectoires sont contrastées et reposent sur une volonté ou non de réduire l'impact des activités humaines sur notre environnement. Ces trajectoires ont ensuite été traduites en scénarios de concentrations en gaz à effet de serre (IPCC, 2021). Ces concentrations viennent contraindre des modèles à circulation générale, appelés GCMs (ce sont des modèles climatiques fonctionnant à l'échelle du globe) afin de proposer des projections climatiques, c'est-à-dire des séries temporelles d'évolution de variables climatiques telles que la précipitation ou la température de l'air dans le futur. Des concentrations de gaz à effet de serre plus élevées mèneront ainsi par exemple à des températures plus élevées. Ces projections étant initialement disponibles à des échelles grossières (sur des mailles de l'ordre de 100 km) et comportant généralement des biais importants, des modèles climatiques régionaux (RCMs) et des méthodes de débiasage (i.e. de correction) ou de descente en échelle (i.e. d'affinement spatial des données) sont classiquement utilisées. Ces méthodes permettent de proposer des projections climatiques à des échelles suffisamment fines (mailles de l'ordre de quelques kilomètres) et précises. Ainsi seulement, nous disposons de données climatiques pouvant alimenter les modèles hydrologiques, c'est-à-dire des modèles qui simulent la disponibilité de la ressource en eau. Concrètement, ces modèles transforment des séries temporelles de températures et de précipitation en séries temporelles de débits. Enfin, des modèles d'usages permettant de déterminer la satisfaction de la demande en eau en croisant demande et ressource sont appliqués (IPCC, 2014). Cette chaîne classique de modélisation de l'impact du changement climatique sera utilisée dans cette étude (Figure 98).

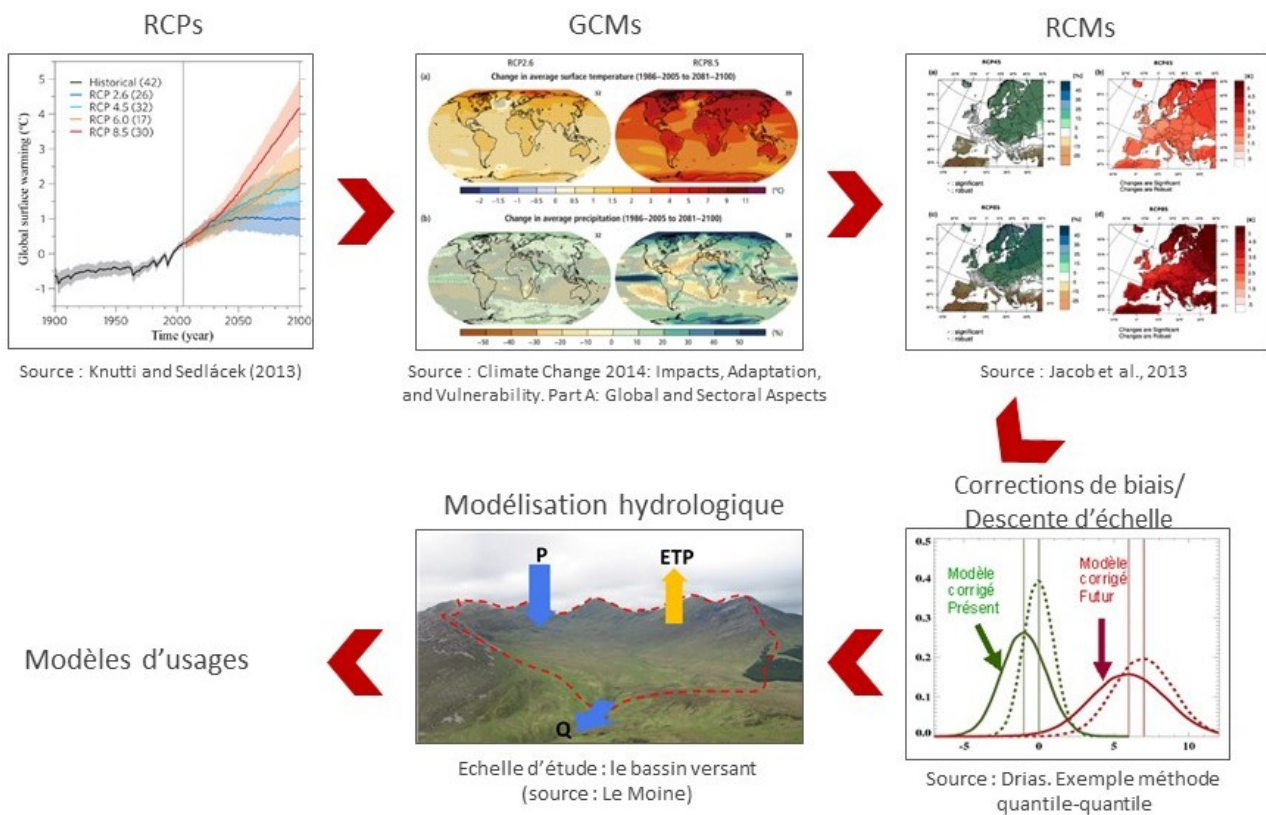


Figure 98: Chaîne de modélisation de l'impact du changement climatique sur les débits avec prise en compte des usages. Tiré de Lemaitre-Basset (2020).

3.2 Précisions sur les différents exercices de modélisation climatique

Si l'étude HMUC a pour objectif d'établir des projections hydrologiques et d'évolution des usages, il est nécessaire pour cela de disposer de projections climatiques afin de dérouler l'ensemble de la chaîne de modélisation (cf rapport de Phase 2, Santos et al., 2023). Or, ces projections sont très lourdes à produire et nécessitent des compétences et moyens informatiques importants. Par conséquent, il est de coutume de se reposer sur des projections climatiques existantes, produites par les centres de modélisation climatique mondiaux.

Cette communauté scientifique effectue des développements continuels sur les modèles et méthodes employés et s'est organisée autour d'exercice d'intercomparaison de modélisation climatique appelés Coupled Model Intercomparison Project (CMIP). Ces exercices cadrés comparent à des périodes régulières les modèles dans un cadre commun. Par ailleurs, il est important de noter que les rapports du GIEC se basent à chaque fois sur un exercice CMIP différent, afin de prendre en compte l'état de connaissance le plus récent (Tableau 104). La déclinaison en projections hydrologiques de

ces projections climatiques est un processus long, ainsi il est logique que ces efforts aboutissent avec quelques années de décalage, comme par exemple Explore 2070 et Explore2. Ainsi, le projet Explore2, qui est en cours et a fourni des projections climatiques (<https://www.drias-climat.fr/>) et de premières projections hydrologiques depuis peu (<https://www.drias-eau.fr/>), utilisent CMIP5 et non pas CMIP6. En effet, CMIP6 ne propose à l'heure actuelle que peu de projections climatiques régionalisées.

Il a ainsi été décidé dans le projet HMUC sur la Sèvre Nantaise d'utiliser une sélection du large jeu de projections climatiques produites dans le projet Explore2. Cependant, afin de bénéficier tout de même des dernières connaissances en la matière, et car un biais froid a été identifié dans l'ensemble Explore2, on s'attachera à sélectionner des projections d'Explore2 cohérentes avec les projections globales (i.e. non régionalisées) CMIP6. Le Tableau 105 résume ces différents éléments de compréhension.

Tableau 104: Caractéristiques des exercices de modélisation climatique. Afin de faire correspondre les numéros des CMIP et de rapports du GIEC, il n'existe pas de CMIP4.

| Exercice climatique | Rapport du GIEC correspondant | Projet français lié | Données disponibles |
|---------------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CMIP3 | AR4 | Explore 2070 (2010-2012) | <ul style="list-style-type: none"> • 7 modèles climatiques • 1 scénario (A1B) |
| CMIP5 | AR5 (il y a 10 ans) | Explore2 (2021-2024) | <ul style="list-style-type: none"> • 19 couples de GCM/RCM, 2 méthodes de descente d'échelle • 3 scénarios, RCPs 2.6, 4.5, 8.5 |
| CMIP6 | AR6 (plusieurs rapports depuis 2 ans) | - | <ul style="list-style-type: none"> • Différents GCM, peu de RCM • SSP |

Tableau 105: Avantages et inconvénients des différents jeux de projections climatiques existants

| | CMIP5 / Explore2 | CMIP6 |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Avantages | <ul style="list-style-type: none"> • Nombreuses projections régionalisées et débiaisées disponibles • Cohérence avec Explore2 et autres HMUC ou études similaires • Données déjà disponibles à INRAE • Bugs déjà identifiés | <ul style="list-style-type: none"> • Données les plus récentes • Pas de biais a priori |
| Inconvénients | <ul style="list-style-type: none"> • Pas les données les plus récentes • Biais froid et humide | <ul style="list-style-type: none"> • Données non régionalisées et non débiaisées • Non cohérence avec Explore2 • Potentiels bugs encore à identifier • Peu d'expérience de ces données |

3.3 Sélection de projections climatiques parmi les projections Explore2

Le projet Explore2 a réalisé une large sélection de projections climatiques disponibles sur la zone européenne (projections Euro-Cordex). Ces projections ont fait l'objet de la mise en place de deux descentes d'échelle mais aussi de nombreuses analyses (Robin et al., 2023). L'ensemble de ces projections disponibles est consigné dans le Tableau 106.

Tableau 106: Liste des couples GCM/RCM sélectionnés par le projet Explore2 (adapté de Robin et al., 2023). La colonne Dénomination représente la combinaison lettre (GCM) / chiffre (RCM) utilisée dans les graphes qui suivent.

| GCM | RCM | RCP 2.6 | RCP 4.5 | RCP 8.5 | Dénomination |
|-----------------------|---------------------|---------|---------|---------|--------------|
| CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 | CNRM-ALADIN63 | Oui | Oui | Oui | A1 |
| | MOHC-HadREM3-GA7-05 | Non | Non | Oui | A3 |
| | KNMI-RACMO22E | Oui | Oui | Oui | A5 |
| ICHEC-EC-EARTH | MOHC-HadREM3-GA7-05 | Oui | Non | Oui | B3 |
| | KNMI-RACMO22E | Oui | Oui | Oui | B5 |
| | SMHI-RCA4 | Oui | Oui | Oui | B6 |
| MOHC-HadGEM2-ES | CNRM-ALADIN63 | Non | Non | Oui | C1 |
| | CLMcom-CCLM4-8-17 | Non | Oui | Oui | C2 |
| | MOHC-HadREM3-GA7-05 | Oui | Non | Oui | C3 |
| | ICTP-RegCM4-6 | Oui | Non | Oui | C7 |
| IPSL-IPSL-CM5A-MR | DMI-HIRHAM5 | Non | Non | Oui | D4 |
| | SMHI-RCA4 | Non | Oui | Oui | D6 |
| | IPSL-WRF381P | Non | Oui | Oui | D10 |
| MPI-M-MPI-ESM-LR | CLMcom-CCLM4-8-17 | Oui | Oui | Oui | E2 |
| | ICTP-RegCM4-6 | Oui | Non | Oui | E7 |
| | MPI-CSC-REMO2009 | Oui | Oui | Oui | E8 |
| NCC-NorESM1-M | DMI-HIRHAM5 | Non | Oui | Oui | F4 |
| | GERICS-REMO2015 | Oui | Oui | Oui | F9 |
| | IPSL-WRF381P | Non | Non | Oui | F10 |

Il n'est pas réaliste d'utiliser toutes ces projections dans le projet HMUC, qui sont au nombre de 82 si l'on compte tous les RCP et les deux méthodes de descente d'échelle. Une sélection a été effectuée en COTECH suivant la méthodologie suivante :

- choix de ne garder que la méthode de descente d'échelle ADAMONT, qui était la seule disponible au moment de la sélection ;
- choix de ne garder que des projections climatiques cohérentes avec les projections CMIP6 (non régionalisées), qui représentent les dernières connaissances en la matière ;
- sélection de 5 projections contrastées pour l'horizon lointain et le RCP 8.5, afin de raisonner sur des scénarios hydrologiquement informatifs.

Pour ce faire, les évolutions de précipitations et de températures, entre la période historique 1976-2005 et la période future 2071-2100, ont été tracées, à l'échelle annuelle et aux échelles saisonnières. Il est à noter que cette même démarche est mise en œuvre en parallèle dans le projet Explore2, afin d'accompagner les utilisateurs sur le portail Drias-Eau. La Figure 99 et la Figure 100 présentent, respectivement, les évolutions annuelles et saisonnières des précipitations et températures annuelles. Les évolutions non conformes avec CMIP6 sont figurées par une zone rouge, et les projections sélectionnées sont entourées. On remarque que, les zones non conformes avec CMIP6 mises à part, cette sélection est contrastée et n'exclue aucune zone d'évolution possible. Un résumé des caractéristiques principales de ces cinq projections sélectionnées figure dans le Tableau 107.

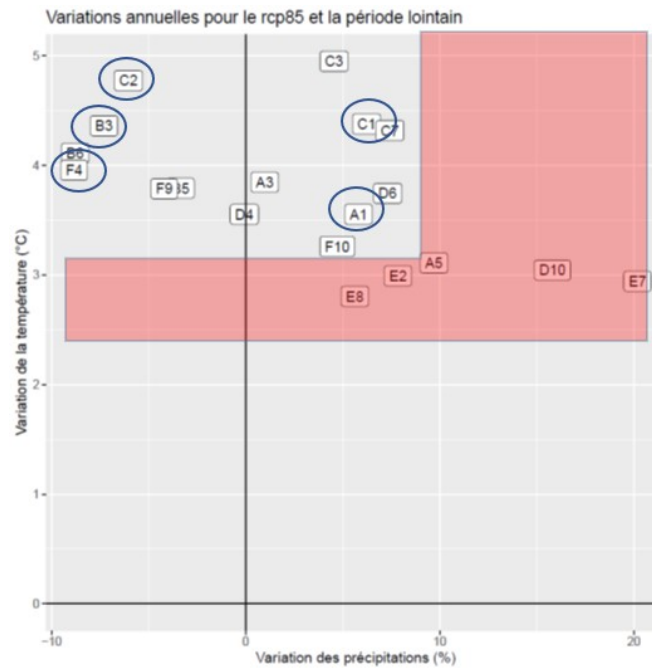


Figure 99: Évolutions des précipitations (en %) et températures (en °C) annuelles pour les 19 projections climatiques disponibles, pour le RCP 8.5, entre 1976-2005 et 2071-2100. En rouge, la zone non conforme avec CMIP6 ; entourées, les projections sélectionnées.

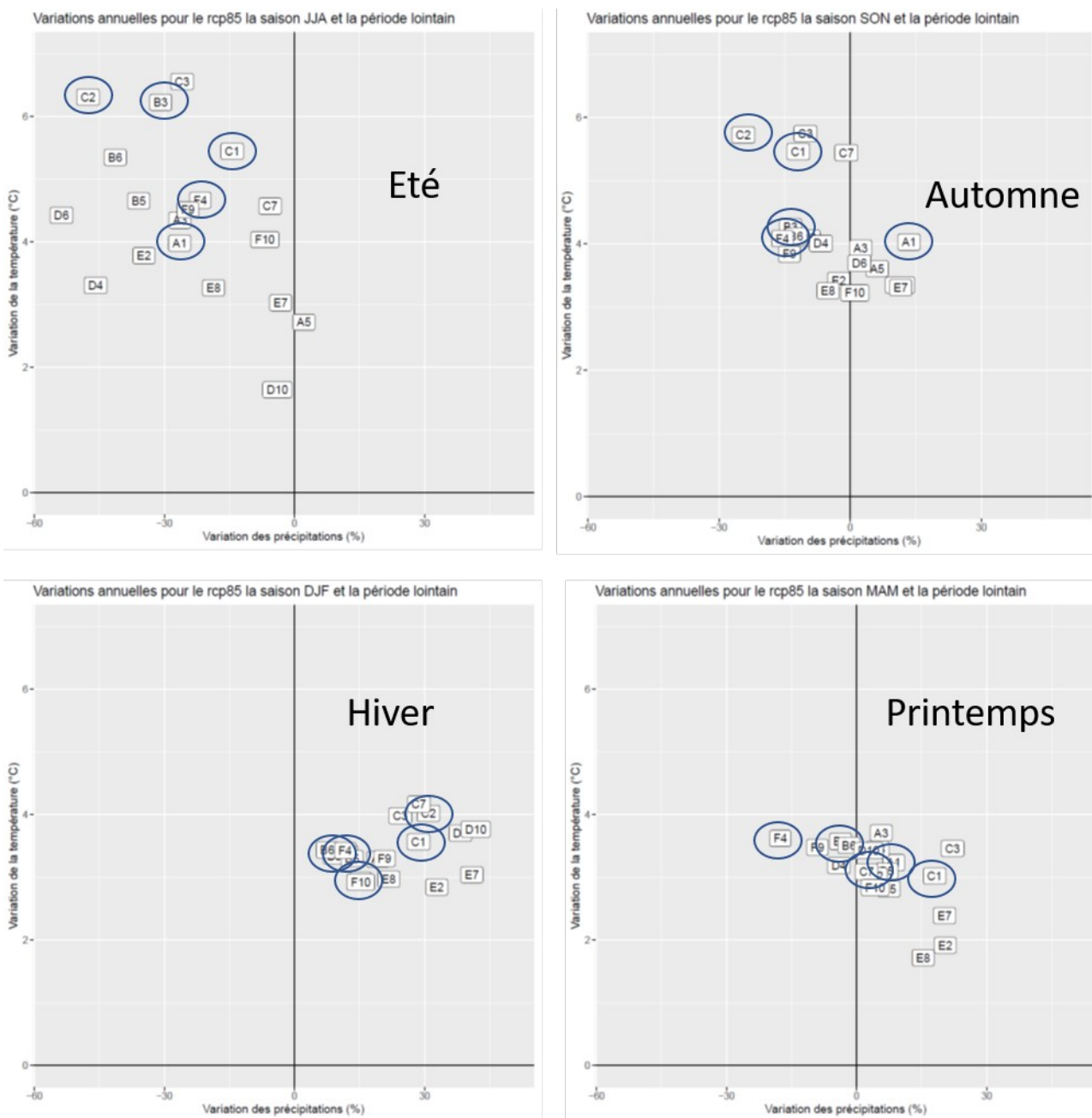


Figure 100: Idem figure précédente, mais pour les quatre saisons. Entourées, les projections sélectionnées.

Tableau 107: Caractéristiques principales des projections sélectionnées.

| Projection | Caractéristiques |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C2 | Scénario du « pire » Sec et chaud à l'année Très sec et très chaud l'été et l'automne Intermédiaire au printemps Chaud et plus pluvieux l'hiver |
| B3 | Sec et chaud à l'année Moins sec l'été Intermédiaire l'automne Augmentation de la précipitation plus faible l'hiver (moins de recharge) Intermédiaire au printemps |
| F4 | Moyennement chaud à l'année, mais sec Intermédiaire l'été et l'automne Augmentation de la précipitation plus faible l'hiver (moins de recharge) Baisse de la précipitation au printemps (moins de recharge) |
| A1 | Scénario humide et moins chaud à l'année Été intermédiaire Autres saisons plutôt humides |
| C1 | Scénario chaud mais humide à l'année Été chaud et peu sec Automne chaud et parmi les plus secs Hiver humide Printemps humide |

Les évolutions climatiques envisagées sur la Sèvre Nantaise pour la fin du siècle sont donc les suivantes :

- Augmentation des températures annuelles de l'ordre de +3.5 à 5 °C ;
- Evolution incertaine des précipitations annuelles (de -10 à +10 %) ;
- Augmentation des températures plus fortes l'été (+4 à +6.5 °C) que l'hiver (+3 à +4 °C) ;
- Diminution des précipitation l'été (-15 à -50 %), l'automne sauf une projection (-10 à -30 %, sauf une projection à +15 %), augmentation l'hiver (+5 à +30 %) et évolution incertaine le printemps (-20 à +20 %).

À retenir :

De nombreuses projections climatiques récentes sont disponibles. Le choix a été fait d'utiliser des projections climatiques produites dans le projet Explore2, qui ont l'avantage d'être nombreuses, régionalisées, et expertisées, alors que des projections plus récentes (CMIP6) n'ont pas été choisies car elles sont peu nombreuses, pas régionalisées et moins expertisées. Cependant, afin de disposer de la meilleure vision possible du climat futur, on s'est attaché à :

- Sélectionner des projections cohérentes avec les dernières connaissances (CMIP6) ;
- Sélectionner un ensemble de cinq projections climatiques contrastées.

Ces projections indiquent un réchauffement important du climat sur la Sèvre Nantaise, avec des précipitations en baisse l'été, et probablement l'automne, en augmentation l'hiver et incertaines le printemps.

4 Volet « Usages »

Dans ce chapitre, nous détaillons la démarche de prospective mise en œuvre afin de décrire des évolutions possibles des usages de l'eau sur le bassin versant de la Sèvre Nantaise, ainsi que les scénarios d'évolution des usages ainsi obtenus. Cette section reprend les éléments du rapport intermédiaire spécifique. Dans un second temps, nous décrivons les modèles d'usage mis en œuvre dans la modélisation intégrée.

4.1 Analyses prospective : État de l'art sur la Sèvre Nantaise et scénarios mis en œuvre

4.1.1 Objectif de ce travail de prospective

La Phase 3 de ce projet a nécessité d'interroger les usages futurs de l'eau au regard de la ressource en eau disponible et des contraintes environnementales. Pour cela, une approche par scénarios a été utilisée. Concernant le climat, des projections climatiques classiques ont été utilisées, sur la base de la production du projet Explore2 (voir Section 3). Les projections climatiques montrent un réchauffement important, ainsi qu'une grande incertitude sur les précipitations. Ces changements climatiques mènent à une potentielle raréfaction de la ressource l'été, ainsi qu'à une incertitude importante l'hiver.

Concernant les usages de l'eau, prévoir leur évolution est utopique ; on a procédé par conséquent à une **scénarisation des usages futurs**. Celle-ci a été effectuée via une analyse des documents disponibles décrivant les évolutions possibles des scénarios, présentée dans cette section, et via des ateliers avec les acteurs du bassin versant qui ont permis de modifier et de valider ces scénarios.

L'analyse des documents disponibles a permis, dans un premier temps, de compiler un certain nombre d'informations pertinentes pour, dans un second temps, établir des propositions de scénarios prospectifs des usages de l'eau sur la Sèvre Nantaise qui ont servi de base aux discussions des ateliers.

L'ambition de ce travail de prospective était d'élaborer des hypothèses d'évolution des prélèvements en eau aux horizons 2030, 2050 et 2070, afin d'envisager par la suite des stratégies d'adaptation.

4.1.2 Méthodologie employée

Afin d'imaginer les futurs possibles des usages de l'eau sur la Sèvre Nantaise, une méthode **prospective** en deux temps a été employée.

D'après Graveline (2015), « l'objectif de la prospective exploratoire est d'explorer l'ensemble des futurs possibles afin de caractériser l'incertitude à laquelle le territoire et certains secteurs seront confrontés. **Elle se distingue notamment de la prospective stratégique qui consiste à se projeter dans le futur dans un scénario souhaitable et à travailler sur les trajectoires qui y conduiraient.**

La prospective exploratoire (par la suite on n'utilisera plus que le terme prospective) peut être définie comme une approche pluridisciplinaire dont le rôle est d'aider les décideurs à explorer les incertitudes associées aux évolutions futures et d'anticiper les conséquences de différents choix. La prospective permet d'envisager des scénarios très divers et contrastés sur l'évolution de l'ensemble des facteurs de changements à identifier comme importants. In fine cela doit permettre d'identifier différents niveaux de pression sur les ressources en eau. L'approche la plus fréquente consiste à **bâtir plusieurs scénarii pour explorer les futurs possibles.** (...)

La prospective se distingue donc clairement de la prévision, elle ne cherche pas à prédire mais plutôt à envisager un ensemble de futurs possibles. »

La méthode d'élaboration des hypothèses suit un cheminement en entonnoir avec plusieurs étapes :

- La première étape, réalisée lors de la phase 1 du projet HMUC, a consisté à dresser l'**état des lieux** et à observer les tendances du passé récent (2008 - 2020) sur les prélèvements sur le bassin de la Sèvre Nantaise.
- La deuxième étape a consisté à identifier les variables exerçant (ou susceptibles d'exercer) une influence importante sur l'évolution des prélèvements et pouvant être prises en compte dans la modélisation : quelle a été son évolution passée ? quelle pourrait être son évolution à venir ?

Il s'agit, à ce stade, de **se représenter aussi fidèlement que possible quelle a été l'évolution passée**, comment elle s'explique (quels sont les facteurs qui ont joué un rôle moteur ou frein), pour construire ensuite une scénarisation raisonnée et s'interroger sur les inflexions qu'elle pourrait subir, à quel horizon et sous l'effet de quels facteurs (ou acteurs). Cette deuxième étape fait partie du travail de la phase 2 du projet.

- La troisième étape, sujet de cette section, a consisté à **formuler des hypothèses d'évolutions possibles** des demandes en eau.

Le jeudi 30 mars 2023 ont ainsi eu lieu des **ateliers prospectifs** techniques sur les thématiques suivantes : « assainissement », « eau potable, industries-développement économique » et « viticulture/maraîchage + polyculture élevage ». Ces ateliers techniques étaient destinés aux agent.es des structures et organismes invités. Sur la base des scénarios qui sont proposés dans ce document, les scénarios tendanciel et alternatif, en particulier, ont été discutés lors des ateliers afin de déterminer leur bien-fondé et proposer des améliorations et affinements éventuels. Le présent document intègre les propositions formulées lors de ces ateliers, présentées et amendées lors du comité technique de l'étude du 21 avril 2023.

Enfin, un dernier atelier, aurait dû avoir lieu le 12 mai 2023 et devait associer les membres du comité de pilotage de l'étude (Commission Locale de l'Eau). Cet atelier aurait dû permettre de discuter les scénarios, principalement le scénario alternatif, sortant des ateliers du 30 mars et de valider ou améliorer ceux-ci. Faute d'un nombre suffisant de membres inscrits à ce dernier atelier, celui-ci n'a pas été maintenu. Néanmoins, les propositions issues du comité techniques ont été adressées pour observations aux membres du COPIL.

Il existe de nombreuses possibilités de scénarisation de l'évolution des usages. Pour exemple, nous pouvons citer :

- Les scénarios **tendanciels**, qui s'appuient sur les évolutions historiques observées (ex : même consommation d'eau potable (AEP) par habitant, évolution de la population au rythme observé historiquement) ;
- Les scénarios **constants**, qui s'appuient sur les observations actuelles sans évolution (ex : même consommation AEP par habitant, population constante) ;
- Les scénarios **technologiques** (ex : amélioration des rendements) ou **écologiques** (ex : baisse des consommations) ;
- Les scénarios de **crise** (ex : surexploitation de la ressource).

Le comité technique a retenu trois scénarios de l'évolution des usages. Ce nombre de scénarios est recommandé pour les projets HMUC² afin de déterminer des futurs plausibles et suffisamment contrastés :

- Un scénario **constant**, qui s'appuie sur les observations actuelles sans évolution ;
- Un scénario **tendanciel** qui s'appuie sur les évolutions historiques observées ;
- Un scénario **alternatif**. Ce scénario intègre les éléments d'adaptation envisagés par les acteurs techniques du territoire de la Sèvre Nantaise pour faire face aux changements.

Les scénarios prospectifs concernent les horizons 2030, 2050 et 2070.

² https://www.gesteau.fr/sites/default/files/gesteau/content_files/document/Guide%20HMUC_VF4.pdf

4.1.3 Besoins de la modélisation employée

Les différents éléments ci-dessous sont repris du rapport de Phase 2 (Santos et al., 2023).

4.1.3.1 Principes de la modélisation hydrologique

La modélisation hydrologique est un outil permettant de simuler le flux d'eau dans la rivière (le débit) à un endroit donné sur une période donnée. Pour cela, l'approche la plus usuelle et qui sera adoptée dans ce travail est de considérer le bassin versant topographique comme unité de calcul principale (on parle alors de modèle global). Le bassin versant topographique est l'unité spatiale définie, pour un point donné de la rivière (qu'on appellera exutoire), par la zone sur laquelle toute goutte d'eau tombant dessus circulera jusqu'à l'exutoire. Un bassin topographique est donc généralement défini par des lignes de crête. Bien entendu, des écoulements souterrains, ne respectant pas le bassin topographique, existent généralement. Ceux-ci ont été jugés faibles sur le bassin de la Sèvre Nantaise suite aux analyses menées lors de la Phase 1 de l'étude (Santos et al., 2022). Dans la modélisation globale définie ci-dessus, on agrège sur le bassin versant les données météorologiques ou climatiques. Cependant, la présence d'hétérogénéités spatiales, ainsi que la nécessité d'inclure de manière spatialisée des prélèvements et rejets liés aux usages de l'eau, justifient d'aller au-delà de cette approche par bassin versant. Ainsi, nous adopterons une approche par sous-bassin versant (aussi appelée semi-distribuée). Celle-ci consiste à discrétiser le bassin versant en différents sous-bassins versants de l'amont vers l'aval. Sur chacun de ces sous-bassins versants, un modèle hydrologique global est appliqué. La surface de ces sous-bassins versants dépend des données disponibles, de l'objectif de modélisation et de la taille de la zone à modéliser.

L'équipe HYDRO d'INRAE, qui réalise cette étude, développe depuis les années 1980 des modèles hydrologiques pluie-débit, les modèles GR (pour 'Génie Rural', nom hérité de l'établissement CEMAGREF, qui s'est ensuite appelé Irstea puis désormais INRAE). Les modèles GR ont été développés dans un objectif de représentation performante, robuste et parcimonieuse de la relation pluie-débit à l'échelle du bassin versant. La performance et la robustesse de ces modèles sont assurées grâce à l'estimation des performances sur des échantillons très larges de bassins versants français mais aussi étrangers, et grâce à la mise en place de procédures poussées de transférabilité temporelle de ces modèles. Dans le cadre de ce projet, ils seront utilisés en mode semi-distribué.

Les modèles GR ont été mis en œuvre par l'équipe HYDRO lors de diverses études régionales françaises. Lors du projet Explore 2070, qui fait encore office à l'heure actuelle de référence à l'échelle du territoire de la France métropolitaine, le modèle GR4J a été mis en place sur plus de 1000 bassins versants français. Par ailleurs, l'équipe HYDRO a piloté plusieurs projets régionaux, dont MOSARH 21 sur la Moselle, la Sarre et les affluents français du Rhin (Thirel et al., 2019) et CHIMERE 21 sur les rivières Meuse et Chiers (Thirel et al., 2021). Dans ces projets, l'équipe HYDRO a coordonné des équipes de modélisation hydrologique, établi des protocoles de calage des modèles et réalisé les diverses analyses, et appliqué un modèle GR de manière semi-distribuée.

Dans d'autres projets, comme R²D² sur la Durance (Sauquet et al., 2016), Rheinblick sur le Rhin, Climaware sur la Seine (Dorchies et al., 2014), l'équipe HYDRO a participé via la mise en œuvre de modèles hydrologiques (dont GR), à la réalisation des analyses statistiques et la mise en place de protocoles de modélisation. Enfin, l'équipe HYDRO est associée à l'initiative Explore2, via notamment la mise en place d'un modèle GR semi-distribué.

4.1.3.2 Prise en compte des usages

Quatre grands usages, considérés comme principaux facteurs d'influence de la ressource en eau sur le bassin de la Sèvre Nantaise, ont été listés pour les scénarios prospectifs : **l'approvisionnement en eau potable et l'assainissement, l'abreuvement pour l'élevage, l'irrigation et l'industrie**. Dans la modélisation employée pour représenter l'évolution future, des modèles d'usages sont employés (voir la description de ces modèles dans la Section 4.2). En effet, par définition les chroniques de mesures, observations, déclarations de prélèvements et de rejets n'existent pas sur la période future. Pour autant, des projections peuvent être disponibles. Par ailleurs, afin de prendre en compte des scénarisations d'usages, il est nécessaire de disposer d'une modélisation permettant de les représenter. Un couplage est alors réalisé entre la modélisation hydrologique et la modélisation des usages. Si les usages influencent les débits, en retour, la ressource disponible contraint les possibilités de prélèvements et rejets (via des restrictions ou des débits minimaux à respecter). On dispose donc ainsi d'une vraie rétroaction entre le modèle hydrologique et les modèles d'usages, via une gestion (e.g. les restrictions, le respect des débits d'objectifs d'étiage) : on parle alors de **modèle intégré**. Il est à noter que les principaux barrages (Bultière, Ribou et Verdon) seront eux aussi représentés dans la modélisation. Le barrage du Longeron n'a pas bénéficié d'un tel traitement du fait de son moindre impact sur l'hydrologie.

Ces modèles d'usages représentent, à l'échelle journalière, l'eau demandée pour chaque usage. Par ailleurs, ces modèles d'usages représentent les effets des prélèvements et rejets là où ils ont réellement lieu dans le bassin versant de la Sèvre Nantaise. Grâce à la connaissance accumulée en Phase 1 de ce projet (Santos et al., 2022), les modèles d'usages vont être confrontés aux usages connus du bassin versant de la Sèvre Nantaise, en termes de volume et de saisonnalité.

Les modèles d'usages, pour représenter les volumes prélevés, rejetés, et leur saisonnalité, nécessitent d'avoir à disposition des **facteurs d'évolution, que l'on appellera variables**. Ce sont ces variables, qui lorsqu'elles évoluent selon certaines dynamiques, permettent de traduire en données chiffrées les scénarios établis, et lorsqu'elles sont renseignées aux modèles d'usages, permettent de faire évoluer ceux-ci. Ces différentes variables sont introduites dans le Tableau 108.

Par exemple, l'alimentation en eau potable (AEP) évolue en fonction de la population, de la consommation par habitant, du rendement des réseaux. De même, des transferts inter-bassins peuvent modifier les prélèvements et rejets. Enfin, l'assainissement sur le bassin, source de rejet, dépend du taux d'assainissement collectif / non collectif, et pourra évoluer en fonction des projets

de nouvelles stations d'épuration (STEPs). L'eau nécessaire pour l'abreuvement des élevages dépend principalement des différents cheptels (nombre de têtes des bovins, volailles, ovins, etc.), de la consommation par tête, et du taux de consommation en AEP des élevages. L'irrigation des cultures, quant à elle, dépend de l'évolution des surfaces cultivées, du pourcentage de surfaces irriguées, de l'évolution des pratiques, de la substitution potentielle de cultures par d'autres (assolements), de la présence et de la gestion de retenues. Par ailleurs, l'utilisation de l'aspersion antigel pour les vignes ou l'arboriculture peut être un facteur à considérer. Enfin, le secteur de l'industrie peut dépendre de l'évolution des filières et de leur dynamique, et de l'évolution de l'efficacité de la consommation en eau des procédés employés.

Tableau 108: Principaux usages influençant la ressource en eau du bassin de la Sèvre Nantaise et variables associées

| USAGES | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AEP / assainissement | Élevage | Cultures | Industrie |
| <ul style="list-style-type: none"> Population Consommation par habitant Rendements de réseaux Taux d'assainissement collectif / non collectif Transferts interbassins Projets de STEP | <ul style="list-style-type: none"> Cheptels Consommation par tête Taux de consommation en AEP | <ul style="list-style-type: none"> Surface Agricole Utile Pourcentage de surfaces irriguées Pratiques Substitution de cultures (assolements) Retenues Antigel vignes | <ul style="list-style-type: none"> Dynamique d'industrialisation / désindustrialisation Efficacité de la consommation |

La liste des variables citées ci-dessus ne se veut pas exhaustive. Il est évident que d'autres variables peuvent faire évoluer les usages. Des variables qui auraient été oubliées peuvent être suggérées lors des ateliers. Cependant, on s'attachera toujours à déterminer si ces variables peuvent être prises en compte dans la modélisation avant de les considérer. Il est important de se rappeler que l'échelle du bassin versant, et de ses unités de gestion (entités proches de sous-bassins versants et sur lesquelles seront définies les objectifs de gestion quantitative de la ressource en eau), reste l'échelle d'intérêt. Aussi, il ne serait d'aucune utilité de mobiliser les efforts sur la prise en compte de variables ne jouant qu'à des échelles réduites ou sur des volumes restreints.

Par ailleurs, certains facteurs qui pourraient sembler de premier abord importants à considérer dans ce travail, tels que par exemple l'augmentation des besoins en eau d'un type de culture donné en raison de températures plus importantes, ne fera pas l'objet de scénarios. En effet, ce type de facteur sera pris en compte directement par la modélisation agronomique, de type degrés-jours, qui sera implémentée, sur la base de la littérature scientifique existante.

Dans cette section, nous allons analyser la littérature existante pour l'évolution des usages sur le bassin de la Sèvre Nantaise, en nous attachant à identifier, pour les variables citées dans le Tableau 108, des évolutions (ou stagnations) pour chacun des trois scénarios envisagés.

4.1.4 Usages, variables et pistes d'adaptation

Dans ce chapitre, l'ensemble des tendances passées présentées et des scénarios proposés reposent sur de nombreux documents, qui sont cités entre crochets et listés à la fin de chaque sous-section. Les évolutions des différents usages seront évoquées à échelle plus large (européenne ou française), avant d'être évoquées à l'échelle du bassin de la Sèvre Nantaise, et des éléments de scénarisation spécifiques seront évoqués lorsque des documents sont disponibles. Lorsque aucune donnée chiffrée n'est disponible pour certaines variables, des chiffres ont été proposés dans l'objectif de décrire les trajectoires envisagées. L'hétérogénéité de la documentation est grande, aussi il n'a pas été possible d'uniformiser la présentation de l'ensemble des secteurs des usages de l'eau.

4.1.4.1 Alimentation en eau potable (AEP) et assainissement

Les principales variables de l'AEP et de l'assainissement prises en compte dans la modélisation sont : 1) la population sur le territoire, 2) la consommation unitaire, 3) les rendements du réseau de distribution, 4) la part d'assainissement non collectif (ANC) et d'assainissement collectif (AC), 5) les transferts inter-bassins.

Population

Les différentes analyses indiquent que, d'ici 2070, la population augmenterait moins vite ou continuerait de diminuer dans toutes les régions de France métropolitaine, avec une perspective de pic démographique partagé par toutes les régions métropolitaines (en 2044 pour une moyenne nationale) [1]. Les populations des régions du Sud et de l'Ouest, où la croissance démographique est actuellement la plus forte, seraient les seules à croître sur la période 2018-2070 [1]. La contribution positive de leur solde migratoire interne ou international compenserait le déficit naturel, i. e. la différence entre les naissances et les décès, qui est constaté sur l'ensemble du territoire français [1]. Ainsi, les Pays de la Loire serait une des régions les moins impactées par la baisse de population [1]. Cependant, l'excédent migratoire en Nouvelle-Aquitaine, résultant d'arrivées plus nombreuses que les départs sur le territoire, ne compenserait plus le déficit naturel à partir de 2055 (pic démographique) [2].

La Figure 101 synthétise l'évolution annuelle de la population de la Sèvre Nantaise de 1975 à 2070. La population est calculée à partir des données INSEE communales [3], départementales et régionales [4] et des données de l'Observatoire de la Sèvre Nantaise sur les pourcentages de ces territoires occupés par la Sèvre Nantaise [5] pour la période passée (1975-2023). Les données communales sont les plus précises mais ne sont disponibles que sur une période restreinte. Par conséquent, les données départementales et régionales sont utilisées pour disposer d'une tendance à plus long terme. Nous avons calculé, le pourcentage d'occupation du bassin de la Sèvre Nantaise pour chaque département ou région, utilisé pour les projections, à partir des pourcentages de chaque

commune, moyennés sur les années d’observations (2008, 2013, 2017, 2018 et 2019). On observe que ces différentes sources de données sont cohérentes entre elles. Pour la période 2018-2070, le scénario d’évolution annuelle de la population de la Sèvre Nantaise est calculé sur la base du scénario central de l’INSEE (© Insee - Source : Insee, Omphale 2022) des quatre départements de la Sèvre Nantaise [6][7].

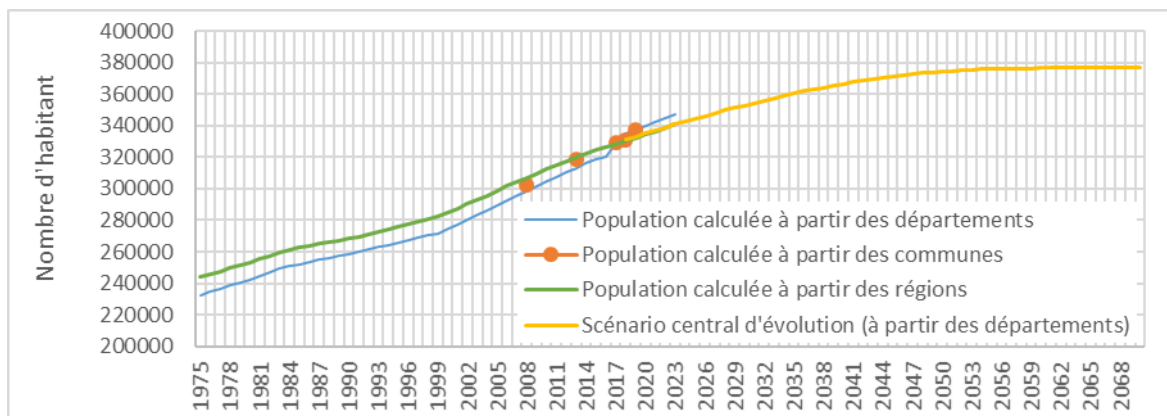


Figure 101: Population de la Sèvre Nantaise de 1975 à 2023 calculée à partir des données INSEE et de l'Observatoire Sèvre Nantaise des communes (points rouge), des départements (ligne bleue) ou des régions (ligne verte) et scénario central de l'INSEE d'évolution de la population de 2018 à 2070 à partir des données des départements.

La Figure 102 montre l’évolution de la population entre 1975 et 2070 en pourcentage (taux d’évolution de l’année n+1 par rapport à l’année n). Si les Pays de Loire se classent au 3^e rang des régions métropolitaines pour leur rythme de croissance, ils n’échappent pas au ralentissement de la croissance démographique observé au niveau national (Figure 2) [8].

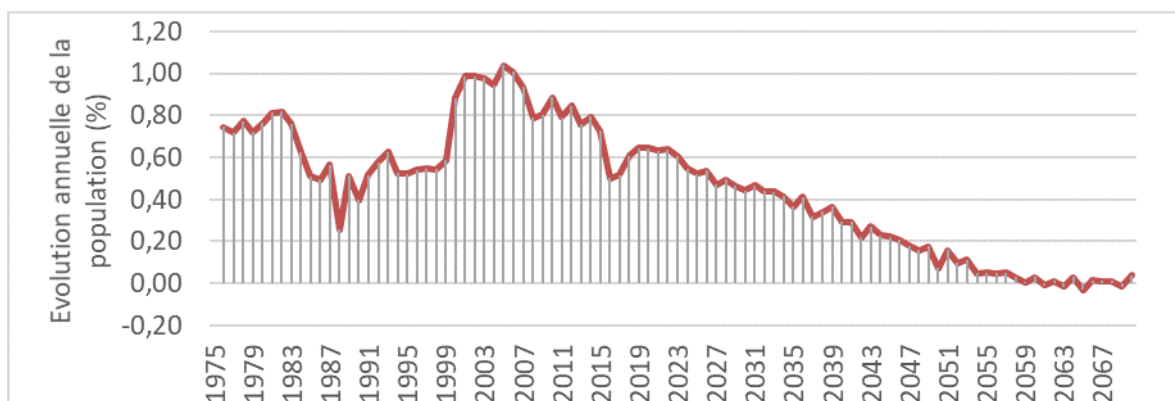


Figure 102: Evolution annuelle (%) de la population de la Sèvre Nantaise de 1975 à 2070 calculée à partir des données INSEE des régions et du scénario central de l'INSEE d'évolution de la population de 2018 à 2070 à partir des données des départements.

Sur un même territoire, quelle que soit l'échelle considérée (communauté de communes, département ou région), on peut noter de grandes différences. Par exemple, le département des Deux-Sèvres présente des dynamiques migratoires opposées, minimales dans le nord du département (zone de Bressuire seule concernée par la Sèvre Nantaise) et conséquentes dans le sud du département [9]. De même, dans la région des Pays de Loire, la croissance de population est historiquement plus marquée autour de la métropole nantaise. L'accentuation de l'attractivité des territoires les plus dynamiques et la diminution de l'attractivité des moins dynamiques conduirait à accroître la concentration de la population à l'ouest de la région [9]. Le Schéma de cohérence territoriale (SCoT) de la Communauté d'Agglomération de Mauges Communauté montre bien ce phénomène [10]. Les évolutions de population peuvent être très différentes entre les différents pôles et les communes non-pôles du territoire et les dynamiques peuvent changer d'une période à l'autre (Figure 103) [10]. Le caractère inégalement réparti de ces flux induit des réponses différenciées selon les parties du territoire [10]. Le territoire tend vers le renforcement des pôles urbains (i.e., capitalisation sur des « mobilités organisatrices » du territoire) [10]. Le constat est le même pour le Pays du vignoble nantais où la part dans l'accroissement de population entre 2013 et 2018 est de 53 % pour les pôles principaux contre 14 % pour les autres pôles [11]. Le Tableau 109 et la Figure 104 illustrent cette diversité d'évolution de la population au sein du territoire de la Sèvre Nantaise.

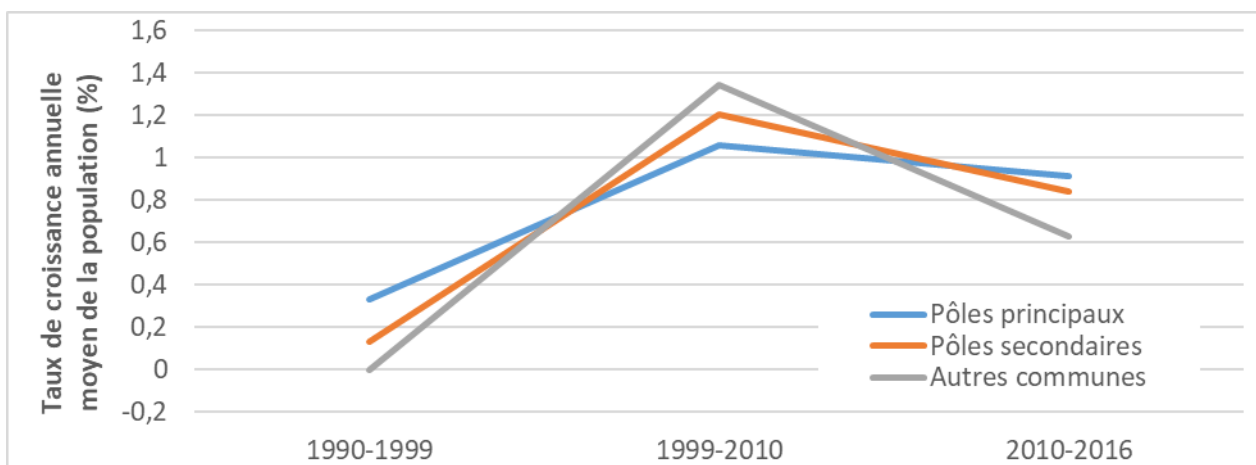


Figure 103: Taux de croissance annuelle moyen de la population (%) entre les différents pôles de la Communauté d'Agglomération de Mauges Communauté entre 1990 et 2016 (source : [10])

Tableau 109: Evolution de la population (%/an) entre 2019 et 2023 pour les communes de la Sèvre Nantaise suivant leur département d'appartenance. Evolution moyenne et minimum et maximum de croissance observée sur les communes

| Population de la Sèvre Nantaise | | | |
|---------------------------------|---------|---------|---------|
| Département | Moyenne | Minimum | Maximum |
| 79 | 0,07 | -0,08 | 0,36 |
| 49 | 0,16 | -0,03 | 0,51 |
| 44 | 0,27 | 0,01 | 0,74 |
| 85 | 0,30 | -0,24 | 1,77 |

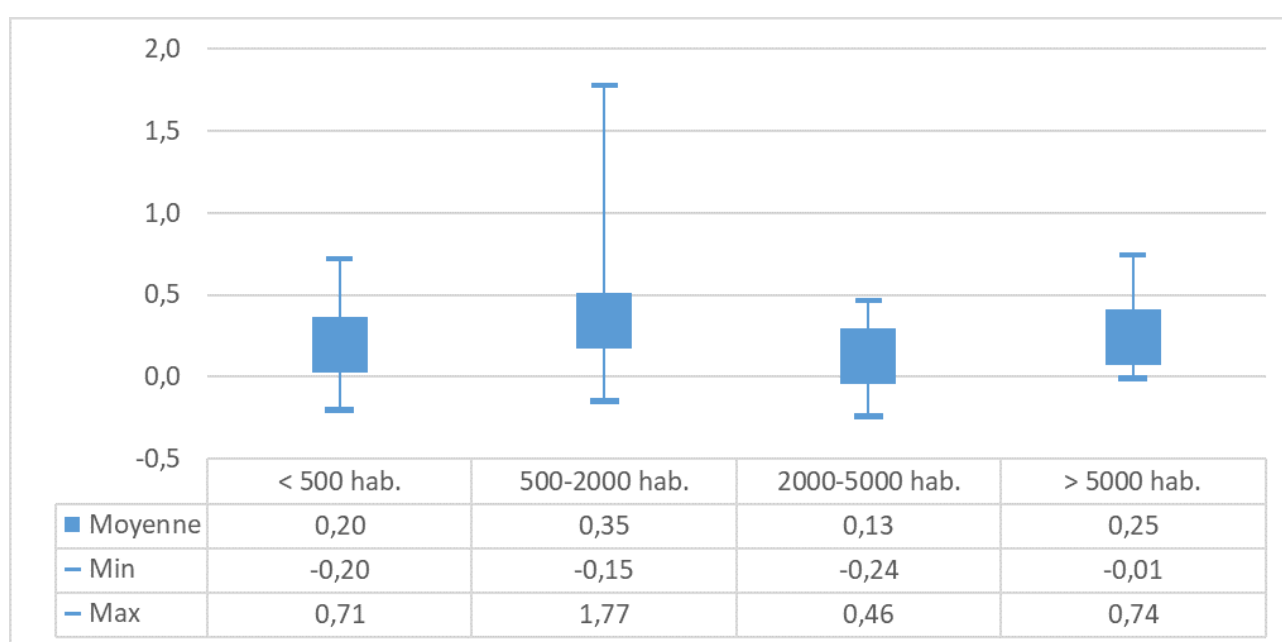


Figure 104: Evolution de la population (%/an) entre 2019 et 2023 pour les communes de la Sèvre Nantaise en fonction du nombre d'habitants des communes. Moyenne, minimum et maximum de croissance observée sur les communes

Fort de ce constat, les SCoT de la Sèvre Nantaise visent à renforcer les pôles principaux, source d'attractivité du territoire [11-17]. Ainsi, le développement de certains types d'équipements, notamment ceux de niveaux intermédiaires (e.g., supermarchés, collège, etc.) et supérieurs (e.g., lycée, hypermarché, hôpital, cinéma, etc.), est susceptible de changer les dynamiques de population [10]. Le renforcement de l'attractivité des communes aux travers des équipements, services, infrastructures matérielles et immatérielles, et de la qualité des logements permet de maintenir et d'attirer les entreprises et salariés [10]. En Pays du vignoble nantais, plusieurs équipements structurants sont ainsi en projets : le futur siège de la CSMA à Clisson, une piscine à Aigrefeuille-sur-Maine, une extension du lycée de Gorges ou le nouvel hôpital intercommunal déménagé en février 2019, ainsi que des équipements intermédiaires comme la construction d'une école publique à Saint-Hilaire de Clisson (6 puis 10 classes) [12]. Le SCoT de l'agglomération du Choletais vise,

quant à lui, à renforcer la vocation résidentielle du Choletais en appui de son attractivité économique, avec la production d'environ 597 logements/an entre 2019 et 2034, ce qui représenterait une croissance démographique de 0,39 %/an sur la période, taux dans la moyenne de la Sèvre Nantaise (Figure 102) [13]. Dans le cadre de son "Projet de Territoire 2018-2025", l'agglomération du Choletais a également défini plusieurs projets comme la construction d'un stade de football et d'une salle de sports et loisirs à Cholet et d'une salle polyvalente à Toutlemonde [13]. Le PADD de l'agglomération du Bocage Bressuirais vise à renforcer les pôles principaux (Bressuire) et secondaires (Mauléon) avec des équipements intermédiaires, mais également des équipements de proximité pour ce territoire majoritairement rural [14]. Il tend de plus à renforcer la construction de logement et à diminuer la vacance des logements existants en s'appuyant sur l'opportunité que représente le passage en Communauté d'agglomération pour renforcer l'attractivité territoriale [15]. Ainsi, le PADD a retenu un scénario volontariste qui vise une augmentation de population de 0,8 %/an, supérieur à la tendance actuelle (soit 0,6 %/an en 2021, cf. Figure 102) [15]. Le pays du Bocage Vendéen n'échappe pas à cette volonté de développer l'attractivité économique et résidentielle, notamment autour de ses deux pôles principaux que sont le Pays de Montaigu (Boufféré, La Guyonnière, Montaigu, Saint-Georges de Montaigu et Saint-Hilaire-du-Loulay) et le Pays des Herbiers (Beaurepaire et les Herbiers) [16]. Il prévoit une augmentation de 1,8 %/an de logements sur son territoire, pour une évolution de la population de 1,34 %/an entre 2016-2031, contre 1,43 %/an entre 1999-2011 [16]. Enfin, la Métropole Nantaise, pôle économique, mise aussi sur son attractivité par son patrimoine naturel aux portes de l'urbanisation [17].

Au-delà des objectifs des SCoTs actuels, les SRADDET, notamment du Pays de la Loire, visent à résorber la fracture territoriale observée entre pôle primaire et zone rurale [18]. On peut donc envisager pour les horizons futurs (2050 pour le SRADDET), une évolution de population plus homogène entre pôles primaires, secondaires et zones rurales. Toutefois, les participants à l'atelier du 30 mars 2023 ont souligné le caractère particulier du secteur de Montaigu qui présente une évolution de population supérieure à la moyenne. Ils se sont également mis d'accord sur une évolution de population pour le scénario alternatif identique à celle du scénario tendanciel avec une polarisation de plus 0,2 % pour les pôles primaires et de moins 0,2 % pour les zones rurales, par rapport à la tendance globale sur le bassin.

Sources

1. INSEE Première • n° 1930 • Novembre 2022. D'ici 2070, un tiers des régions perdraient des habitants.
2. INSEE. Insee Flash Nouvelle-Aquitaine • n°81 • Novembre 2022. En 2070, un tiers des Néo-Aquitains seraient âgés de 65 ans ou plus. (<https://www.insee.fr/fr/statistiques/6664226>)
3. INSEE. Septembre 2022. Statistiques et études Dossier complet - Résultats pour toutes les communes, départements, régions, intercommunalités, ...
4. INSEE. 24/01/2023. Estimation de la population au 1^{er} janvier 2023 Séries par région, département, sexe et âge de 1975 à 2023 (<https://www.insee.fr/fr/statistiques/1893198>)
5. Observatoire de la Sèvre Nantaise. 2021. (<https://www.sevre-nantaise.com/observatoire/structures-administratives#commune>)
6. INSEE. Résultats. 24/11/2022. Projections de population 2018-2070 pour les départements et les régions Omphale - Projections de population (<https://www.insee.fr/fr/statistiques/6652134?sommaire=6652140>)
7. INSEE. Septembre 2018. Projections de population 2013-2070 pour la France : méthode et principaux résultats. Série des Documents de Travail de la Direction des Statistiques Démographiques et Sociales, Unités des Études Démographiques et Sociales N° F1606.
8. INSEE Analyses. 29 Décembre 2020. Pays de la Loire : Une dynamique démographique soutenue, portée par la Loire-Atlantique. N°84. (<https://www.insee.fr/fr/statistiques/5005318>)
9. INSEE. e.décim@l. 14/10/2011. N°014. Population active en Poitou-Charentes à l'horizon 2030 : une croissance contrastée selon les départements (<https://www.insee.fr/fr/statistiques/1559985>).
10. INSEE Analyses. 26 Juin 2018. Pays de la Loire : Projections de population : une croissance concentrée à l'ouest et un fort vieillissement. N°61. (<https://www.insee.fr/fr/statistiques/3569851>; https://www.insee.fr/fr/statistiques/fichier/3569851/pa_ina_61_donnees_complementaires.xls)
11. Mauges communauté. Bilan du SCoT Mauges Communauté réalisé entre 2018-2019.
12. Vignoble Nantais. Bilan du SCoT du Pays du Vignoble nantais : Bilan 2015-2021.
13. SCoT de l'agglomération du Choletais 2019. Documentation d'orientation et d'objectif
14. Agglomération du Bocage Bressuirais. Mars 2017. SCoT 2017-2031 : PADD
15. Agglomération du Bocage Bressuirais. Mars 2017. SCoT 2017-2031 : Etat initial de l'environnement.
16. SCoT du pays du Bocage Vendéen. Pièce n°3 : Document d'Orientation et d'Objectifs
17. SCoT Nantes Saint Nazaire. Rapport de présentation 2. Etat initial de l'environnement
18. SRADDET_Pays de Loire. Février 2022. https://www.paysdelaloire.fr/sites/default/files/2022-04/synthese-communicante_vdef-post-approbation_bd.pdf

Population

Scénario constant

En 2023, le bassin de la Sèvre Nantaise présente une population de 348 371 habitants. Cette population est considérée constante jusqu'en 2070.

Scénario tendanciel

Le bassin de la Sèvre Nantaise est un des rares territoires métropolitains à voir sa population augmenter jusqu'en 2059, grâce aux flux migratoires relatifs à son attractivité. Au-delà de 2059, l'excédent migratoire ne compense plus le déficit naturel qui s'accroît. Sur le bassin, la population augmente en moyenne entre 0 et 0,5 %/an entre 2023 et 2059 selon une tendance linéaire, stagne entre 2059 et 2070, suivant le scénario central de l'INSEE. Il existe toujours des disparités d'évolution au sein des communautés de communes, départements et régions de la Sèvre Nantaise. L'accentuation de l'attractivité des territoires les plus dynamiques et la diminution de l'attractivité des moins dynamiques s'accroît. Pour les pôles principaux, nous appliquerons un taux de croissance d'environ 0.1 % plus important que le taux moyen, un taux proche du taux moyen pour les pôles secondaires, et un taux inférieur de 0.1 % par rapport au taux moyen pour les autres communes. Un taux particulier, de 0,2 % de plus par rapport à la moyenne, est appliqué au secteur de Montaigu.

Scénario alternatif

Des actions volontaristes sont mises en place pour augmenter l'attractivité des territoires et maintenir l'évolution positive ou à minima neutre de la population. Au-delà des politiques nationales (nataliste par exemple ou de relocalisation des industries), les communautés de communes accentuent le développement sur les pôles principaux et secondaires (développement des transports, du logements, développement des équipements intermédiaires pour les pôles principaux et secondaires, développement du numérique sur l'ensemble du territoire, etc.). Les communes plus rurales préservent leurs valeurs patrimoniales et cadre de vie avec la protection des bocages par exemple et développent les équipements de proximité en centre-bourg. On appliquera des taux identiques à ceux du scénario tendanciel, avec une surcote de 0,2 % pour les zones primaires par rapport à la moyenne et une décote de 0,2 % pour les zones rurales.

Evolution de la consommation unitaire d'AEP

On appelle consommation unitaire d'AEP le volume d'eau prélevé dans le réseau AEP par habitant par jour. Depuis plus de 10 ans, à l'échelle nationale, les données statistiques mettent en évidence un découplage croissant entre la croissance démographique et la demande en eau potable [1]. Cela ne s'observe pas pour les Services des eaux reliés à la Sèvre Nantaise entre 2016 et 2019 (Figure 105). Il faut noter ici que les Services des eaux reliés à la Sèvre Nantaise ne desservent pas que les habitants de la Sèvre Nantaise ; les figures présentées ici ne sont donc pas comparables aux chiffres présentés dans l'état des lieux de l'étude d'HMUC, elles sont utilisées pour illustrer certaines corrélations. L'augmentation entre 2015 et 2016 correspond aux passages entre les SIAEP du Vignoble et de Grand Lieu à Atlantic'eau qui regroupe quasiment tout le département de la Loire-Atlantique. De même, les territoires de l'agglomération du Choletais et de Mauges Communauté ont fusionné ce qui explique les importantes augmentations de population observées sur la Figure 105. La consommation semble en effet directement liée à la population. Les baisses de consommation observées à l'échelle nationale proviennent en grande partie des activités économiques, commerciales et industrielles, alors que la consommation des plus petits consommateurs a tendance à augmenter [1]. Cette diversité de consommation s'observe pour les Services des eaux reliés à la Sèvre Nantaise entre consommation domestique et non domestique (c'est-à-dire les établissements acquittent la redevance de pollution non domestique directement à l'agence de l'eau, du fait de l'importance de la pollution qu'ils rejettent), Figure 106) [2,3]. On note que l'augmentation observée de la consommation non domestique entre 2019 et 2020 serait due à la CA Mauges Communauté, Nantes Métropole et au Syndicat d'Eau du Val de Thouet qui a renseigné cet indicateur SISPEA pour la première fois en 2020.

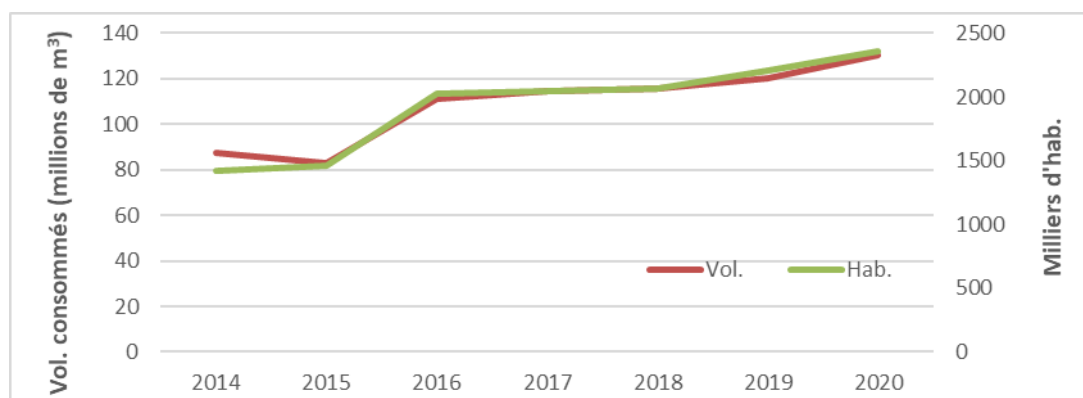


Figure 105: Volumes d'AEP comptabilisés (millions de m³) (data BD SISPEA pour l'ensemble des services reliés à la Sèvre Nantaise) par rapport au nombre d'habitants desservis entre 2014 et 2020 [3]

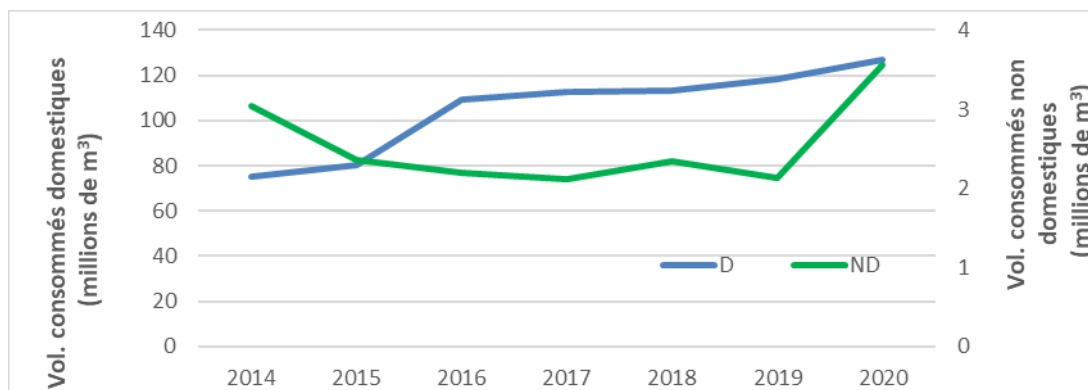


Figure 106: Volumes d'AEP comptabilisés domestiques (en bleu, échelle à gauche) (millions de m³) et non domestiques (en vert, échelle à droite) (millions de m³) (data BD SISPEA pour l'ensemble des services reliés à la Sèvre Nantaise) entre 2014 et 2020 [3]

Ainsi, la consommation en AEP peut être, de manière globale sur l'ensemble du territoire de la Sèvre Nantaise, liée à l'évolution de la population, la consommation non domestique ayant peu d'impact sur les volumes consommés (i.e., la consommation non domestique représente 3 % du volume consommé, contre 97 % pour la consommation domestique). On note d'ailleurs que les volumes consommés par rapport au nombre d'habitants desservis restent stables depuis 2016 (i.e., 55 m³/hab./an ou 152 l/hab./j en moyenne entre 2016 et 2020, Figure 107), proche de la moyenne nationale de 150 l/hab./j [4].

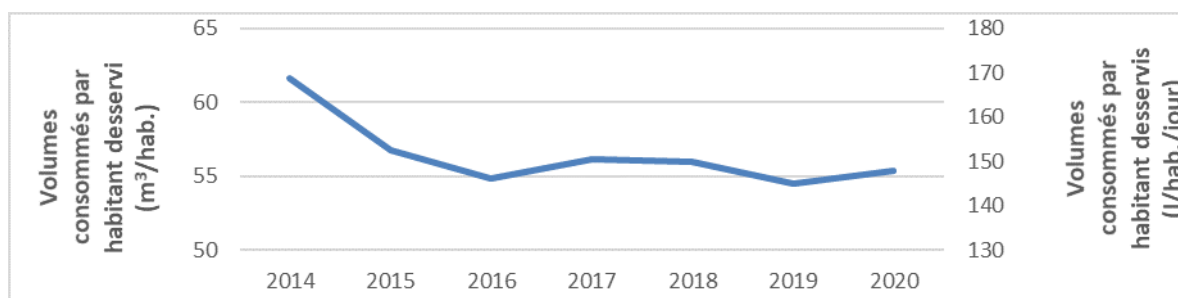


Figure 107: Volumes consommés par habitant (i.e. ratio entre les volumes d'AEP consommés comptabilisés et le nombre d'habitants desservis) (data BD SISPEA pour l'ensemble des services reliés à la Sèvre Nantaise) entre 2014 et 2020 (en m³/hab./an, axe de gauche ou en l/hab./j, axe de droite) [3]

Il faut désormais se demander si cette tendance à la stabilité est conjoncturelle ou susceptible de se prolonger, et si la consommation a déjà atteint un niveau incompressible.

De nombreuses études ont montré que la consommation domestique est fortement corrélée aux caractéristiques de l'urbanisme et en particulier à la densité de l'habitat [4][5][7][8][9][10]. La

consommation par habitant est beaucoup plus élevée dans les zones dominées par les lotissements de maisons individuelles avec jardin qu'en immeuble et tend à augmenter avec la taille des parcelles. Il existe une relation linéaire entre le volume d'eau utilisé à l'extérieur et la taille de la parcelle : la consommation annuelle augmentant de 100 litres pour chaque m² supplémentaire [5]. La consommation domestique peut également varier en fonction du revenu (un ménage modeste a une consommation moyenne d'eau inférieure à celle d'un ménage ayant un niveau de revenu plus élevé), de l'âge (si la consommation est moindre pour les personnes âgées restées chez elles, environ 105 l/hab./j, elle atteindrait 240 à 310 l/hab./j en résidence spécialisée) ou encore du mode de vie (les Français utiliseraient en moyenne 230 l/hab./j en vacances) [4]. Sur la Sèvre Nantaise, les revenus tendraient à augmenter (la part des ménages fiscaux imposés est passée de 48 à 55 % en moyenne sur l'ensemble des communes du territoire entre 2018 et 2019, [11]). Sur la Sèvre Nantaise, on observe une augmentation du nombre d'abonnés dû à l'évolution des compositions des foyers qui sont passés de 2,5 à 2,1 hab / abonné (informations issues des Ateliers du 30 Mars 2023). Les conditions climatiques peuvent également faire varier la consommation. Plus le climat est chaud, plus la consommation est élevée en raison de la présence de piscines, de jardins plus grands, etc. Pour donner un exemple concret, on estime que la consommation moyenne en eau d'une personne vivant en région Nord-Pas-de-Calais est de 109 litres par jour, contre 228 litres par jour pour une personne en Provence-Alpes-Côte d'Azur [4]. Enfin, le prix de l'eau peut aussi être un facteur d'évolution de la consommation en eau potable [1].

Les consommations des ménages (consommation par abonné) devraient continuer de décroître de 12,5 % en habitat vertical à 21 % en habitat individuel d'ici 2030 [4]. Pour exemple, le SCoT du Bocage Vendéen recommande, dans ce sens, la continuation des efforts en matière de maîtrise des consommations, notamment avec la sensibilisation des usagers aux dispositions et aux pratiques permettant des économies d'eau [14]. Ainsi, la consommation pourrait atteindre, d'ici 2030, 119 à 131 l/hab./j sur la Sèvre Nantaise (Figure 108). Cette tendance décroissante se confirme de manière plus relative à l'horizon 2070 ; -0,8 % par an en moyenne sur la période 2006-2070, avec un ralentissement progressif de la décroissance à partir de 2020 (Figure 8), selon les scénarios nationaux [12]. Il est à noter que les prospectives locales (SCoT) ne dépassent pas l'horizon 2035, ce qui rend nécessaire de se baser sur des scénarios à plus large échelle pour l'étude HMUC.

La consommation domestique, observée sur la Sèvre Nantaise entre 2014 et 2020, décroît de 1,7 % par an en moyenne (Figure 107). Si l'on y applique les projections à l'horizon 2070 du projet Explore 2070, qui indique une décroissance à -0,8 %/an, la consommation sur la Sèvre Nantaise devrait atteindre 102 l/hab./j en 2070 (Figure 108). On considère que le minimum nécessaire à un individu pour ses besoins en boisson, repas et toilette est de 100 l/hab./j. Les projections nationales Explore 2070 tiennent compte des niveaux de consommation par habitant, de la structure des ménages, et du type d'habitat [12].

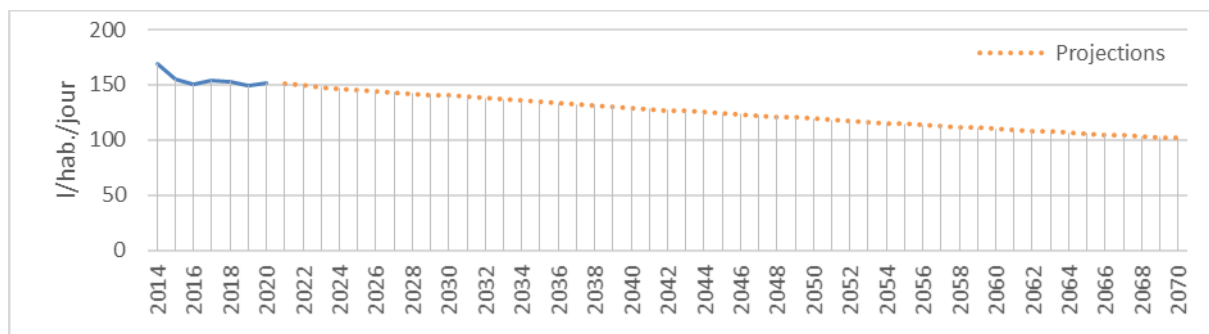


Figure 108: Evolution des volumes d'AEP consommés comptabilisés par habitant desservi et par jour entre 2014 et 2070. Les données observées (2014-2020) sont tirées de la BD SISPEA pour l'ensemble des Services reliés à la Sèvre Nantaise et les projections calculées avec un taux de décroissance de 0,8 %/an (projections Explore 2070 [12])

En Deux-Sèvres, le SCoT de l'agglomération du Bocage Bressuirais, seule concernée par la Sèvre Nantaise sur ce département, a estimé que la consommation moyenne par habitant en 2007 était de l'ordre de 157 l/hab./j, soit 57.2 m³/hab./an ; ce qui correspond aux valeurs moyennes françaises des départements ruraux [14]. La baisse de la production d'eau constatée entre 2000 et 2007 sur l'agglomération résulterait des efforts des collectivités pour réduire leurs pertes d'eau sur leurs réseaux mais aussi d'un changement d'attitude des usagers depuis les périodes de sécheresse [14]. Le département du Maine-et-Loire a estimé pour une période post-2007, entre 2011-2016, une consommation moyenne de 131 l/hab./j, soit 47 m³/hab./an [16]. La Vendée, qui poursuit depuis longtemps un programme général d'économie d'eau et de lutte contre le gaspillage, a déjà atteint un ratio minimum de consommation unitaire de 90 l/hab./j, même si ce dernier peut être variable d'une année à l'autre [18]. Ces chiffres illustrent bien une baisse de la consommation, mais aussi une disparité entre les territoires.

Le Département de Loire-Atlantique a estimé, en 2005, que la capacité annuelle exploitable en 2020 du département excéderait d'environ 30 % les besoins en eau et les exports envisagés en hypothèse haute (i.e., 113 662 000 m³/an, en référence à l'année 2003) ; cet excédent se situe entre 40 % et 45 % dans l'hypothèse où des économies d'eau étaient réalisées [16]. Le bilan du jour de pointe en hypothèse haute s'avère par contre plus tendu avec en particulier des secteurs dont la situation pourrait être déficitaire (notamment au Sud du département où les besoins en eau dépassent les capacités de production) [16]. Le bilan ressources-besoins par secteur met en jeu les importantes infrastructures qui permettent de partager les grandes ressources du département (au Sud de la Loire-Atlantique, les feeders du Sud Estuaire, du Sud-Est et du Sud-Ouest approvisionnent les secteurs de consommations depuis l'usine de traitement d'eau potable de Basse-Goulaine, appuyée par la liaison avec l'usine de Nantes Métropole) [16]. Le système de feeder vers la Vendée ne pourra satisfaire les besoins exprimés par ce département ; en particulier, le transfert vers le Nord-Est de la Vendée via Clisson qui semble limité à 14 000 m³/j pour une demande en pointe future de 16 000 à 20 000 m³/j [16]. Ainsi, les évolutions prévues en 2005 à l'horizon 2020, pour

l’approvisionnement d’une partie de la Sèvre Nantaise étaient de renforcer la capacité de refoulement du site de Basse-Goulaine à 90 000 m³/j dont un tiers peut provenir du transfert depuis l’usine de La Roche de Nantes Métropole et renforcer les capacités de transfert des feeders (par ordre de priorité) entre Clisson et la Bruffière en Vendée et entre Basse-Goulaine et les Sorinières (sphère des Pégers), de Basse-Goulaine vers la Haye-Fouassière et Clisson [16]. Le SDD de Maine-et-Loire a estimé les besoins en eau potable du département à 214 220 m³/j en 2020 et 227 044 m³/j en 2025 [15]. La consommation ne devrait pas dépasser les capacités de production d’AEP à court terme (horizon 2025) et le département reste indépendant pour son approvisionnement en AEP [15]. Pour améliorer la sécurisation de l’AEP, il est prévu une étude sur les capacités de production du captage de la Rucette à Cholet (Agglomération de Choletais) et un projet d’interconnexion avec le SMAEP Eaux de Loire via une interconnexion entre les communes de St Florent le Vieil (SMAEP Eaux de Loire) et Bouzillé (Mauges Communauté) [15]. Le département des Deux-Sèvres a estimé ses besoins en eau à 28 573 000 m³/an en 2017 et entre 32 379 000 et 34 921 000 m³/an en 2040 à travers une hypothèse réaliste et haute [17]. Vendée Eau a également réalisé des estimations de consommation pour l’horizon 2025 [18]. Le syndicat des eaux a effectué des modifications structurelles notamment en 2020 sur les capacités d’importation depuis la Loire-Atlantique avec un doublement de la liaison existante (de 10 000 m³/j à 20 000 m³/j) qui sécurise totalement l’usine de production de la Bultière [18]. La recherche en eau souterraine, le transfert d’eau traitée depuis le Sud-Est du département vers le secteur côtier et la rehausse du barrage d’Apremont (Nord-Ouest) sont également envisagés [18]. Une réflexion est également menée sur l’utilisation d’anciennes carrières (carrière de Joletière et des Clouzeaux, Sablière de St Christophe du Ligneron) comme réserve d’eau brute, le dessalement d’eau de mer ou la REUT [18]. Ces solutions sont envisageables à plus long terme (horizon 2025-2035), et doivent faire face à de fortes contraintes techniques, et budgétaires, mais également à une absence de cadre réglementaire laissant à ce jour des incertitudes sur l’aboutissement de ces projets [18].

Tableau 110: Résumé des estimations de consommation d’AEP (Milliers m³/an) réalisées par les différents Schéma départementaux ou syndicat des eaux

| Département | 2005 | 2007 | 2015 | 2017 | 2019 | 2020 | 2025 | 2040 |
|-------------------------|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| Loire atlantique | 90000 (capacité de 150 000) | | | | | 115 000 | | |
| Maine et Loire | | | | | 78 190 | | 82 871 | |
| Deux Sèvres | | 29 930 | | 28 573 | | | | 32 379 |
| Vendée | | | 41 700 | | 43 420 | | 46 032 | |

Face aux tendances peu nettes de la consommation d'eau unitaire calculée (baisse forte, puis stagnation ces 10 dernières années, avec une légère augmentation ces deux dernières années), les ateliers du 30 mars 2023 ont permis d'établir un consensus pour les scénarios tendanciel et alternatif. Il a été proposé que la consommation serait stable pour le scénario tendanciel (soit 152 l/hab./j en moyenne, + 50 l/hab./j en zone rurale et - 50 l/hab./j en zone urbaine). Pour le scénario alternatif, la consommation unitaire sera également stable jusqu'en 2040, puis diminuera de -1,0 %/an entre 2040 et 2050 (soit une consommation de 150 l/hab./j en 2040 qui passe à 135 l/hab./j en 2050), signe d'efforts marqués pour réduire la consommation, mais qui nécessitent du temps pour être mis en place. Ensuite, la consommation unitaire se stabilisera de nouveau jusqu'à la fin du siècle.

Sources

1. OFB. La prévision à moyen et long terme de la demande en eau potable : bilan des méthodes et pratiques actuelles - n°30 | Comprendre pour agir | janvier 2019 (https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/documentation/CPA2019_Prevision-eau-potable_chapA.pdf)
2. Eau France. Septembre 2019. Observatoire des services publics d'eau et d'assainissement : Panorama des services et de leur performance en 2016. pp. 86 (<http://www.services.eaufrance.fr/panorama/rapports>)
3. BD SISPEA (<https://data.eaufrance.fr/jdd/7d6a3010-cf19-42c3-8a38-9823074185ce>)
4. Ministère de l'économie et des finances. 2019. Perspectives : L'eau du futur-enjeux et perspectives pour les entreprises du secteur. pp 240 (https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/etudes-et-statistiques/etudes/2019-06-25-EauDuFutur-rapport.pdf)
5. Montginoul, M., Rinaudo, J. D., & Desprats, J. F. (2017). La consommation en eau urbaine dans les villes françaises: tendances actuelles sur deux métropoles méditerranéennes. *Techniques Sciences Méthodes*, 3, 12-24.
6. Domene, E., & Saurí, D. (2006). Urbanisation and water consumption: Influencing factors in the metropolitan region of Barcelona. *Urban Studies*, 43(9), 1605-1623.
7. Clarke, G. P., Kashti, A., McDonald, A., & Williamson, P. (1997). Estimating small area demand for water: a new methodology. *Water and Environment Journal*, 11(3), 186-192.
8. Hanak, E., & Davis, M. (2006). California economic policy: lawns and water demand in California. San Francisco, CA, USA: Public Policy Institute of California.
9. Wentz, E. A., & Gober, P. (2007). Determinants of small-area water consumption for the city of Phoenix, Arizona. *Water Resources Management*, 21, 1849-1863.
10. Patterson, J., & Wentz, E. A. (2008). Forecasting Single-Family Residential Water Consumption for Phoenix and Paradise Valley, AZ (No. 1005). GeoDa Center for Geospatial Analysis and Computation.
11. Observatoire des territoires. (https://www.observatoire-des-territoires.gouv.fr/portraits-et-comparaisons-de-territoires?z1_nivgeos=com2021&z1=Loire+atlantique&pos=&z2_nivgeos=#zoneRecherche)
12. Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. 2013. Explore 2070. Rapport d'étude. (https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/RE_Explore2070_Prospective_Etude.pdf)
13. Agglomération du Bocage Bressuirais. Mars 2017. SCoT 2017-2031 : Etat initial de l'environnement.
14. SCoT du pays du Bocage Vendéen. Pièce n°3 : Document d'Orientation et d'Objectifs

15. SDDAEP.2019. Maine et Loire.
16. SAFEGE. 2005. Schéma Départemental de Sécurisation de l'Alimentation en Eau Potable de la Loire-Atlantique Phase 2 : Perspectives 2020 et propositions d'aménagements et de gestion.
17. SDDAEP et élaboration des plans de secours spécialisés pour le groupement de commandes. 2021. Deux-Sèvres
18. Vendée Eau. 2021. Plan de sécurisation de l'alimentation en eau potable

Consommation unitaire pour l'AEP

Scénario constant

Le volume d'AEP comptabilisé en 2020 par l'ensemble des services des eaux concernées par la Sèvre Nantaise est de 130 437 607 m³ soit 357 363 m³/j. Cela représente une consommation moyenne de 152 l/hab./j. Cette consommation unitaire moyenne sera conservée dans le futur, moyennant une modulation selon les zones (+50 l/hab./j en zone rurale, -50 l/hab./j en zone urbaine, environ).

Scénario tendanciel

La consommation unitaire est stable (152 l/hab./j en moyenne, différenciée selon les zones selon le même schéma que pour le scénario constant).

Scénario alternatif

Un plan de sécurisation de l'AEP est mis en place sur l'ensemble de la Sèvre Nantaise. Ce plan peut prendre différents aspects en fonction des territoires concernés, notamment des actions de sensibilisation auprès des usagers pour l'économie d'eau, et nécessitera un temps de mise en place. Ainsi, on considérera une consommation constante jusqu'en 2040, puis une diminution de -1,0 %/an entre 2040 et 2050. Entre 2050 et 2070 la consommation se stabilise à nouveau. Cette tendance est appliquée à des consommations unitaires différenciées selon les zones selon le même schéma que pour les scénarios constant et tendanciel.

Rendement des réseaux de distribution

Le rendement des réseaux de distribution d'AEP consiste en la part de l'eau prélevée qui est réellement distribuée, et revient donc à considérer les fuites sur le réseau. Le rendement moyen des réseaux de distribution d'eau potable en France a été évalué à 80,1 % en 2020 [1]. Sur la Sèvre Nantaise, pour l'ensemble des services des eaux reliés au territoire (BD SISPEA [2]), le rendement moyen était de 86,5 % en 2020. Au niveau national, sur un échantillon de 2 129 services, le rendement a progressé de 1,6 % entre 2009 et 2012 [1]. Sur la Sèvre Nantaise, on note une progression de 0,013 % par an entre 2014 et 2020 (BD SISPEA [2]). Maintenir un rendement stable nécessite, de manière soutenue, la recherche des fuites et le renouvellement des conduites, ce qui a un coût conséquent. En France, 50 % du réseau a été installé avant 1972 et sa durée de vie, entre 50 et 100 ans, demande un investissement continu, directement lié au prix de l'eau [1][3]. Cet effort de maintenance et de renouvellement continu rend l'atteinte d'un taux de rendement de 100 % irréaliste.

Le territoire de la Sèvre Nantaise, avec une progression moyenne à 0,013 % par an, devrait atteindre un taux de rendement de 87 % en 2070 (Figure 109). Suite aux Assises de l'eau de 2019, le renouvellement des réseaux en zone rurale est devenu prioritaire, notamment avec la relance des investissements [4]. La stratégie d'optimisation du patrimoine permet aujourd'hui de dépasser les 90 % de rendement sur un réseau dépourvu de gros consommateurs [4]. Les projections, en fonction des objectifs et investissements du territoire, peuvent donc évoluer dans ce sens. Par exemple, depuis plus de 15 ans, Vendée Eau mène une politique volontariste sur la gestion patrimoniale des réseaux de distribution, sous la forme d'une enveloppe annuelle de 15 millions d'euros d'investissement [5]. Le renouvellement des réseaux et les travaux de sectorisation permettent aujourd'hui d'obtenir l'un des meilleurs rendements de réseaux à l'échelle nationale et l'indice linéaire de perte (ILP) a diminué de moitié en 10 ans (de 2 à moins de 1 m³/km/j) [5]. Après une baisse quasi-continue entre 2003 et 2014, et malgré des efforts permanents, on observe tout de même une légère remontée avec une valeur 2019 à 1,05 m³/km/j [5]. Toutefois, il faut noter que le coût de l'amélioration des rendements des réseaux d'AEP peut être plus élevé pour certains territoires que pour d'autres. Les départements ruraux sont par exemple caractérisés par des infrastructures de distribution plus lourdes (longueur de réseau par habitant) et par des équipements de traitement importants du fait d'une qualité d'eau brute dégradée [6].

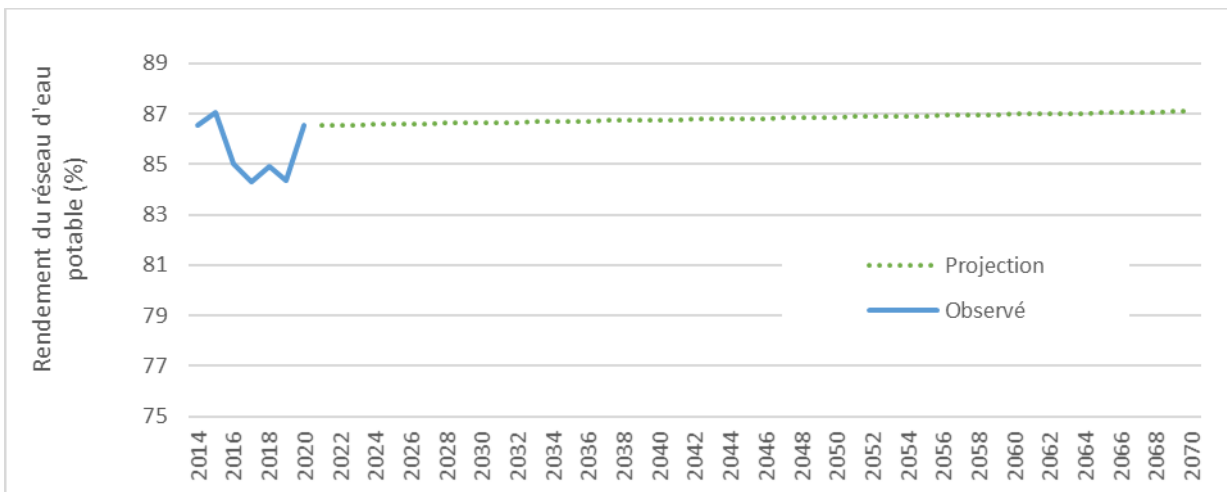


Figure 109: Evolution du rendement du réseau de distribution d'AEP entre 2014 et 2070. Les données observées sont tirées de la BD SISPEA pour l'ensemble des services reliés à la Sèvre Nantaise et les projections calculées avec un taux de croissance de 0,013 %/an sur la base de la tendance observée

Les rendements des réseaux d'assainissement collectif sont très peu connus à l'heure actuelle. Avec le taux de renouvellement des réseaux (obligatoire uniquement pour les grands services), ce ne sont pas des indicateurs exigés aujourd'hui [4]. Le taux de renouvellement des réseaux d'assainissement collectif a toutefois été estimé au niveau national à 0,42 % [7]. Depuis le 1^{er} janvier 2008, tous les usagers raccordés au réseau d'assainissement collectif doivent s'acquitter d'une redevance pour modernisation des réseaux de collecte [6]. Par exemple, en fonction de la taille des communes, cette redevance fixée par l'Agence de l'Eau Loire Bretagne est de 0.108 € HT/m³ ou 0.18 € HT/m³ [6]. En raison du manque d'information sur les rendements des réseaux d'assainissement, ceux-ci ne sont pas pris en compte dans la modélisation.

Sources

1. Eau France. Février 2023. Repère > Rendement des réseaux d'eau potable. (<https://www.eaufrance.fr/repere-rendement-des-reseaux-deau-potable>)
2. BD SISPEA (<https://www.services.eaufrance.fr/panorama/rapports%20a0>)
3. Service de l'Observation et des Statistiques, Ministère de l'Écologie – 2010 ; IFEN, présentation de B. Tardivo du MEDDE au GRAIE, p.6 ; Observatoire des services publics d'eau et d'assainissement 2012.
4. <https://www.monreseau'eau.fr/actualites/40-chiffres-reseaux-eau-potable-france-2021/>
5. Vendée Eau. 2021. Plan de sécurisation de l'alimentation en eau potable
6. Agglomération du Bocage Bressuirais. Mars 2017. SCoT 2017-2031 : Etat initial de l'environnement.
7. Eau France. Septembre 2019. Observatoire des services publics d'eau et d'assainissement : Panorama des services et de leur performance en 2016. pp. 86 (<http://www.services.eaufrance.fr/panorama/rapports>)

Rendement du réseau de distribution d'AEP

Scénario constant

Le rendement du réseau de distribution d'AEP est de 86,5 % en moyenne sur le bassin à l'heure actuelle. Ce taux sera conservé pour ce scénario.

Scénario tendanciel

Afin de rendre compte des investissements réalisés et prévus pour entretenir le réseau, le rendement des réseaux de distribution d'AEP sera porté à 87 % d'ici 2070, soit une amélioration de +0,013 %/an.

Scénario alternatif

Un plan de sécurisation de l'AEP est mis en place sur l'ensemble de la Sèvre Nantaise. Ce plan peut prendre différents aspects en fonction des territoires concernés, notamment un investissement annualisé pour améliorer le rendement du réseau de distribution. Ainsi, l'amélioration du rendement du réseau sera portée à 90 % d'ici 2070, soit +0.08 %/an.

Taux d'assainissement collectif

En France, l'assainissement non collectif (ANC) joue un rôle primordial dans l'extension des agglomérations [1]. Le nombre d'installations est d'ailleurs très important, puisqu'il concerne plus d'une personne sur cinq [1]. L'assainissement non collectif représenterait les deux-tiers des constructions des logements individuels et un tiers du total de toutes les constructions neuves [2]. L'ANC est amené à rester durablement dans le paysage de l'assainissement en France, notamment avec l'apparition à plus long terme de nouvelles solutions d'assainissement « décentralisé », intermédiaires entre l'individuel et le collectif [3]. Aujourd'hui, avec la densification urbaine, certains collecteurs d'égouts pourraient atteindre des limites de capacité, ce qui invite à se tourner vers des nouvelles solutions, qui croisent décentralisation avec une gestion différenciée des eaux usées (eaux grises, eaux de vannes et eaux de pluie, voire séparation des urines et des matières fécales) [3]. L'ANC concernerait les logements individuels en périurbain et les communes rurales peu denses (en moyenne 265 hab. et 22 hab./km²) [4].

Sur les communes de la Sèvre Nantaise, on note que l'assainissement collectif peut entraîner des difficultés de gestion. Par exemple, sur Mauges Communauté, le SCoT constate que les rejets d'effluents domestiques sont marqués par le dysfonctionnement de près de 40 % des stations d'épuration en 2017 amenant à un programme d'investissement dans les communes [6]. Dans ce sens, l'agglomération du Choletais privilégie pour ses développements une urbanisation des secteurs correctement desservis par les réseaux d'eaux usées [7]. Il a également défini un

programme de réhabilitation et de reconstruction de station d'épuration (STEP) : réhabilitation des STEP des Cerqueux et du Voide, ainsi que la reconstruction des STEP de Maulévrier et de Somloire-La Plaine (station unique) d'ici 2023 ; reconstruction des STEP des Cerqueux, de La Fosse-de-Tigné, de Saint-Paul-du-Bois et du Voide d'ici 2028 [7].

Sur le territoire de la Sèvre Nantaise, les solutions décentralisées ne sont pas envisagées ; leur fonctionnalité n'étant pas optimale (informations issues des ateliers du 30 mars 2023). On note surtout une volonté de gestion intégrée des eaux pluviales (GIEP) et des eaux parasites. Le SCoT de Mauges Communauté, qui présente un réseau de gestion des eaux pluviales peu déconnecté, lance des initiatives engagées d'intégration des eaux pluviales chez l'habitant [6], tout comme l'agglomération du Choletais qui pose le cadre du développement urbain dans ce sens (i.e., gérer les eaux de pluie au plus près de leur source (par exemple : infiltration dans les jardins, chaussées drainantes, etc.)) [7].

Sur le territoire de la Sèvre Nantaise, la tendance est donc à la diminution du volume des eaux traitées en STEP avec un rapport ANC/AC constant, ce qui n'entraîne pas de nouveau projet de construction de STEP (informations issues des Ateliers du 30 mars 2023).

Le SCoT de Mauges Communauté incite aussi à des actions menées en faveur de pratiques agricoles plus adéquates avec les milieux, et d'activités industrielles maîtrisant leurs rejets sur leurs unités de production [6].

Sources

1. Rollin, J. (2013). Normes environnementales et diversité périurbaine. Les enjeux de la professionnalisation de l'assainissement non collectif. Architecture, aménagement de l'espace. Université Lumière-Lyon II, Thèse en Géographie.
2. Castel J.-C., 2010, "Ville dense, ville diffuse : les deux faces de l'urbanisation", Études foncières, n°147, p. 14-20.
3. TSM. Actualité de l'environnement. Assainissement non collectif (ANC) : quel avenir ? numéro 7/8 - 2019 - 114e année.
4. Aznar, O., Bretière, G., Jeanneaux, P., & Massardier, L. (2005). Stratégies de traitement collectif des eaux usées et des boues d'épuration: état des lieux et tendances pour les communes du département du Puy-de-Dôme. Ingénieries eau-agriculture-territoires, (42), p-23.
5. (https://www.assainissement.developpement-durable.gouv.fr/PortailAC/liste_inc_new2#)
6. Mauges communauté. Bilan du SCoT Mauges Communauté réalisé entre 2018-2019.
7. SCoT de l'agglomération du Choletais 2019. Documentation d'orientation et d'objectif

Taux d'assainissement collectif

Scénario constant

Le taux d'assainissement collectif actuel est conservé. On rappelle que dans cette étude aucun rejet d'assainissement non collectif n'est considéré dans les modèles. Par ailleurs, ce taux est variable spatialement.

Scénario tendanciel

La Sèvre Nantaise maintient la prépondérance de l'ANC en périurbain et rural peu dense (en moyenne 265 hab. par commune et 22 hab./km²). Ainsi, on conserve le taux de répartition entre les équipements d'assainissement collectif et non collectif actuel. Les volumes rejetés par l'assainissement collectif pourront toutefois évoluer en conséquence de l'évolution de population. Un certain nombre de stations d'épuration, dont la réhabilitation ou la reconstruction sont déjà actées, verront leur capacité accrue sur leur rayon d'activité.

Scénario alternatif

La Sèvre Nantaise maintient son taux d'équipement d'assainissement collectif et non collectif. Il n'y a pas de nouveau projet de construction de STEP. En effet, l'accent sur le territoire est mis sur la Gestion intégrée des Eaux de Pluie (GIEP) et les eaux parasites, ce qui permet de diminuer les quantités d'eau traitée.

Transferts inter-bassins

De manière locale, des transferts d'eau venant de l'extérieur du bassin versant de la Sèvre Nantaise viennent approvisionner le territoire en eau potable. Au-delà des éléments identifiés dans la sous-section **Evolution de la consommation unitaire d'AEP**, peu d'informations ont pu être rassemblées pour scénariser cette variable. Les transferts inter-bassins actuels sont donc conservés dans le scénario tendanciel, sauf pour Vendée Eau qui passera à un potentiel de 20 000 m³/j d'eau importée à terme.

Transferts inter-bassins

Scénario constant

Les taux de transferts inter-bassins actuels sont conservés.

Scénario tendanciel

Les taux de transferts inter-bassins actuels sont conservés sauf pour Vendée Eau qui passera à un potentiel de 20 000 m³/j à terme depuis le captage de Basse-Goulaine.

Scénario alternatif

Les secteurs alimentés par des volumes externes au bassin versant de la Sèvre Nantaise restent inchangés, les capacités d'AEP étant suffisantes pour pallier les évolutions de population. Un transfert maximal (importation à partir du captage de Basse-Goulaine) de 20 000 m³/j est pris en compte pour Vendée Eau.

4.1.4.2 Agriculture

Élevages

L'élevage sur le territoire national recouvre une très grande hétérogénéité avec des tailles de cheptel, des types de fonctionnement, des combinaisons d'activité et de facteurs de production (terre, capital, travail) très variables selon les régions et leurs potentialités agronomiques [1]. Le paysage de l'élevage français évolue rapidement ces dernières années. Il subit en particulier la concurrence d'autres productions agricoles, notamment les céréales, et la progression d'autres utilisations des sols liées à l'urbanisation et aux infrastructures routières. Par ailleurs, la baisse de la consommation de viande et de lait est observée en France depuis plusieurs années. Depuis le recensement de 1979, on enregistre ainsi en France un recul global d'un million d'« unités gros bovin » (unité commune de mesure des vaches, brebis et chèvres) tous les dix ans ainsi qu'une diminution de la part de la surface agricole qui leur est consacrée [1].

Globalement, les préoccupations environnementales et de santé publique conduisent à une légère baisse de la consommation en Europe d'ici 2032 (-1,5 kg par habitant), avec une réduction plus importante de la viande bovine et une substitution de la viande porcine par la volaille [2]. La consommation mondiale de viande devrait néanmoins continuer de croître [2], mais baissera à l'échelle nationale. Une grande partie de la demande sera satisfaite par la production nationale, mais la viande de volaille et la viande bovine proviendront de l'augmentation des importations [2]. L'UE n'en bénéficiera que dans une mesure limitée, principalement pour la viande de volaille [2]. Les sous-sections suivantes détaillent les tendances et projections par filière des différents cheptels (nombre de têtes), de la consommation par tête, et du taux de consommation en AEP des élevages.

Cheptels bovins

En 2021, les quatre départements concernés par la Sèvre Nantaise représentent respectivement 9,1 % et 9,4 % du cheptel national en vache laitière et vache allaitante (i.e., 303 445 et 363 009 vaches, respectivement) [3]. Si l'on analyse l'évolution nationale (Figure 110), on constate un repli marqué entre 1970 (l'année de référence) et 2021 [3] des cheptels de vaches laitières et allaitantes. En 1984, le système (interrompu en 2015) des quotas laitiers liés à la terre et non commercialisables en France a ralenti l'évolution vers une spécialisation et une intensification des systèmes de production laitiers [4]. Si le marché national assurera toujours dans le futur une part significative des ventes, la croissance de la filière laitière française est à chercher sur le marché mondial des produits laitiers, en croissance constante et, selon toute vraisemblance, durablement, avec l'élévation du niveau de vie dans les puissances émergentes [5]. Toutefois, ces filières internationales sont à relativiser, les pays émergents devenant à terme autosuffisants [2]. En 2022, la décapitalisation du cheptel laitier comme en allaitant s'est accélérée [6]. Avec un repli (en nombre de têtes) du cheptel allaitant de l'ordre de 3 %/an (2 %/an pour le cheptel laitier) à l'échelle nationale, le rythme de décapitalisation dépasse les prospectives effectuées par l'Idèle [6] qui tablaient sur une diminution du nombre de têtes avoisinant les 2 %/an (1 %/an pour le cheptel laitier) (Figure 111) [6]. Les scénarios tendanciels décrivent également une baisse des effectifs laitiers autour de 4 %/an à l'échelle nationale [7].

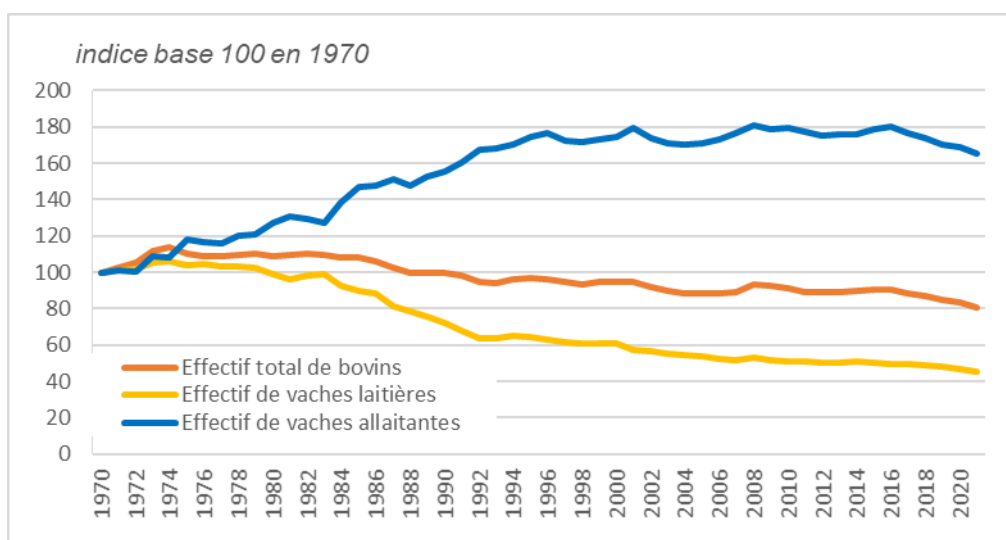


Figure 110: Evolution nationale du cheptel bovin entre 1970 et 2021. Les données observées sont tirées de la BD Agreste

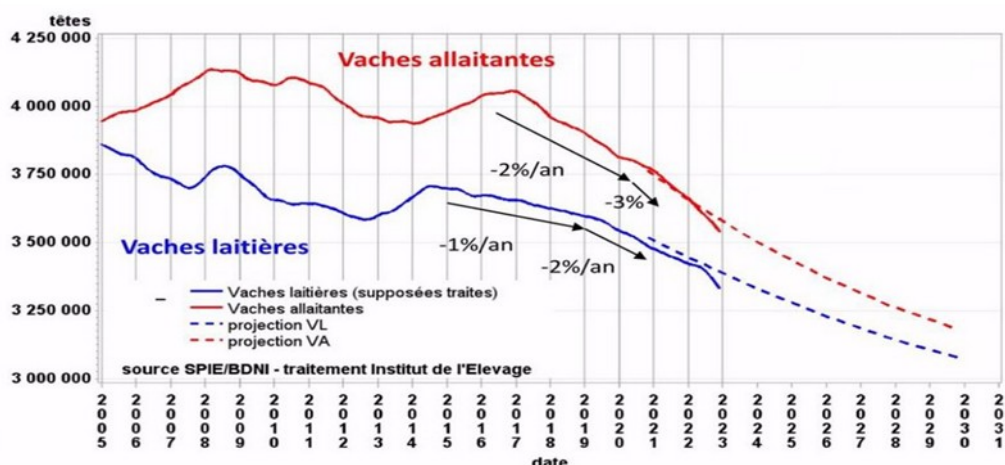


Figure 111: Evolution du cheptel bovin (vache laitière et vache allaitante) entre 2005 et 2031. Prospectives réalisées par l'Institut de l'élevage (©Idele).

Suite au déclin du cheptel bovin de l'UE, la production de viande bovine devrait chuter d'ici 2032 [2]. La consommation européenne ne diminuant pas, les importations de viande augmentent [2]. En France, la tendance actuelle est à la baisse des cheptels, même si elle est moins prononcée qu'en Europe [8]. Selon les scénarios proposés par le ministère de l'Agriculture à l'échelle nationale, la réduction du cheptel français s'échelonne de -1 à -17 % d'ici 2030, pour atteindre une baisse du cheptel bovin laitier de 25 % et de 33 % du cheptel bovin autre que laitier à l'horizon 2050 par rapport à l'année 2015 [9][10]. Le scénario de l'Ademe à l'échelle nationale, quant à lui, envisage une baisse de l'effectif de bovins davantage liée à la diminution de la consommation de viande et de lait. Ainsi, elle ne serait que de 10 % à horizon 2030, et du double à horizon 2050 [11]. Le scénario Afterres 2050 est le plus pessimiste (Tableau 111). Il prévoit une réduction drastique du cheptel bovin : 68 % d'animaux en moins par rapport à l'effectif actuel [11]. Ses auteurs évoquent aussi un basculement des races spécialisées vers des races mixtes lait/viande [11]. L'élevage d'animaux dédiés à la production de viande deviendra anecdotique [11]. En parallèle, la diminution du cheptel libérera des prairies qui auront alors une vocation énergétique et leur récolte alimentera des méthaniseurs pour la production d'énergie [11].

| | Agriculture – Energie 2030 | | | | Vision 2030-2050 | | AFTERRES 2050 |
|----------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| | Territorialisation | Agriculture duale | Agriculture santé | Agriculture écologique | Vision 2030 | Vision 2050 | |
| Cheptel bovin | -1% | -17% | -9% | -4% | -11% | -22% | -68% |
| Production de lait | +6% | -5% | +25% | +4% | Variables non explicitées | | -50% |
| Production de viande | -12% | -6% | -3% | -12% | Variables non explicitées | | -50% |
| Alimentation animale | Importations /4 | Importations +4% | Stabilité des importations | Très forte baisse des importations | | Autonomie protéique de 75% | Très forte Baisse des importations |

Tableau 111: Les différents scénarios prospectifs du cheptel bovin (viande et laitier) à l'échelle nationale.
Source : [11]

La Figure 112 présente les estimations des effectifs bovins de 1970 à 2070 pour les départements de la Sèvre Nantaise. Nous avons appliqué ici les projections nationales réalisées par l'Idel [6] sur le cheptel estimé pour les départements de la Sèvre Nantaise.

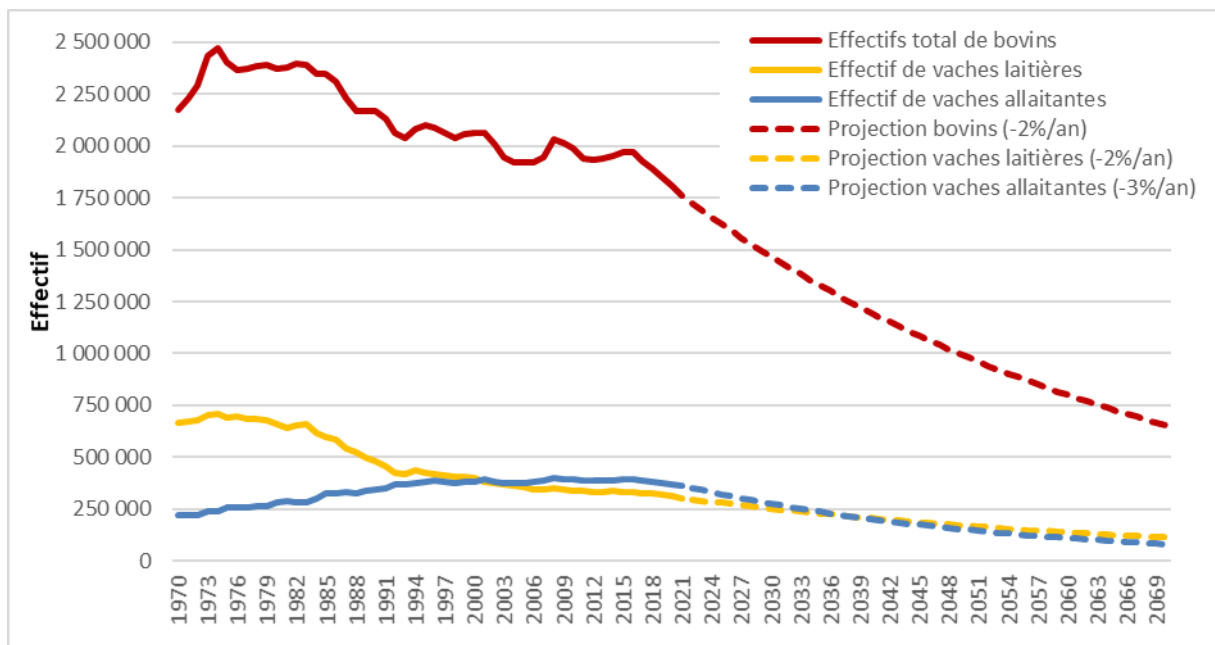


Figure 112: Evolution du cheptel bovin entre 1970 et 2070 pour les départements de la Sèvre Nantaise (source : BD Agreste et prospectives réalisées par l'Institut de l'élevage Idel).

La région des Pays de la Loire, si elle peut compter sur des groupes laitiers de dimension européenne et internationale (Lactalis, Bel, Savencia, Sodiaal, Eurial) et ses PME (Laiteries St Père, Vaubernier, Montaigu, Novandie...), suit aujourd'hui les évolutions nationales de la production laitière (plafonnement des volumes laitiers produits, en lien avec une demande ralentie et une concurrence accrue sur les marchés) [12]. Il en va de même pour la filière bovine, alors que la région du Pays de Loire est la première région productrice de viande bovine produite en 2020 [13]. Toutefois, les tendances actuelles peuvent être plus contrastées. La région des Pays de la Loire a pu ainsi, par exemple, maintenir sa production de veaux de boucherie au contraire des tendances nationales [13]. La région a notamment bénéficié de transferts à partir des régions voisines, et du marché nationale et européen (la France est le premier consommateur européen de veaux) [13]. Le scénario tendanciel actuel montre que les atouts de la production régionale de veaux peuvent lui permettre de se maintenir demain, dans un contexte d'adaptation progressive des élevages aux attentes de la société et des consommateurs [13].

De manière générale, plusieurs scénarios peuvent se dessiner, différenciés principalement par la reprise de la croissance économique après la crise Covid-19, l'évolution des attentes sociétales et la capacité d'adaptation des élevages au changement climatique [12]. Le scénario tendanciel actuel, poursuite des tendances des dernières années en matière de renouvellement des actifs, et la moindre progression des dimensions laitières, rendront difficile le maintien du potentiel laitier régional demain (Figure 113) [12]. Il en va de même pour la filière bovine dans son ensemble [13]. On remarquera que ces scénarios présentent des évolutions très homogènes entre les différentes régions, exceptée la Vendée.

Evolution 2030/20 des exploitations et des chefs d'exploitation dans le scénario tendanciel

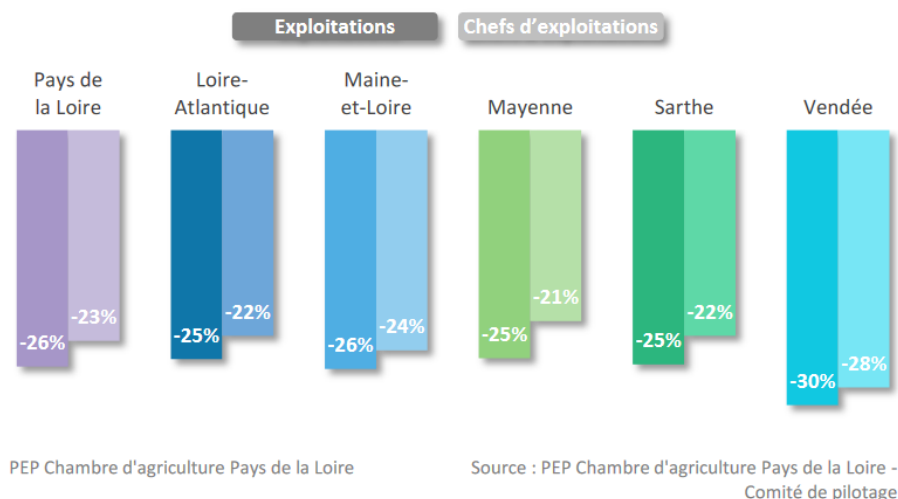


Figure 113: Evolution entre 2020 et 2030 des exploitations et des chefs d'exploitation dans le scénario tendanciel pour les départements de la région des Pays de la Loire [12].

La chambre d'agriculture des Pays de la Loire a proposé quatre scénarios distincts [12, 13, 14] pour les filières vache laitière, viande bovine et veaux :

- Scénario tendanciel : Dans un contexte de croissance économique ralentie, avec des attentes sociétales qui se maintiennent au niveau actuel, l'élevage s'adapte progressivement aux enjeux climatiques définis à l'horizon 2030 (dont meilleure gestion de l'eau), mais ces adaptations sont insuffisantes à plus long terme. Le rendement par vache évolue peu.
- Scénario de co-construction éleveurs citoyens (ce scénario est appelé scénario volontariste pour la filière viande bovine, mais suit les mêmes principes) : Dans un contexte de croissance économique retrouvée, des solutions sont co-construites entre éleveurs et citoyens pour relever les défis climatiques et sociétaux. Les élevages bénéficient d'un accompagnement soutenu pour atteindre la neutralité carbone en 2050. Les consommateurs deviennent plus exigeants et plus riches et les investissements sont importants.
- Scénario de rupture sociétale (non présent pour la filière viande bovine) : Dans un contexte de croissance ralentie, la pression sociétale se renforce, l'élevage est fortement remis en cause et subit des contraintes accrues : restriction d'eau, réglementations plus

exigeantes, conditionnalité renforcée, taxe carbone, étiquetage environnemental. De nombreuses restructurations ont lieu, et l'agroécologie devient la norme.

- Scénario de rupture économique (appelé simplement scénario de crise pour la filière viande bovine) : Dans un contexte d'économie stagnante, avec des phases de récession, les préoccupations environnementales passent au deuxième plan chez les consommateurs, qui recherchent d'abord des produits à moindre coût. Par suite des restrictions budgétaires, les élevages manquent de soutien financier pour s'adapter, et les investissements sont limités.

Les quatre scénarios proposent une évolution des nombres de têtes [12, 13, 14], présentés dans le Tableau 112. Ces taux exprimés entre deux périodes distantes de 10 à 12 ans peuvent servir à définir des taux d'évolution annuelle grâce à la formule suivante :

$$\text{Taux annuel} = (100 + \text{Taux entre périodes})^{(1/\text{nombre d'années entre les périodes})} - 1$$

Le Tableau 113 indique les taux annuels qui sont ainsi obtenus. Ces taux, provenant de travaux plus affinés que les scénarios nationaux, ne semblent néanmoins pas incohérents avec ces scénarios nationaux.

Tableau 112: Evolution du nombre de têtes de bovins à l'horizon 2030 en pourcentage par rapport à 2020 (2018 pour la filière viande bovine)

| Scénario | Tendanciel | Co-construction | Rupture sociétale | Rupture économique |
|--------------------|------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| Vaches laitières | -6.2 % | -5.6 % | -13.6 % | -11 % |
| Vaches allaitantes | -22 % | -16 % | - | -28 % |
| Veaux | -7 % | -7 % | -26 % | -19 % |

Tableau 113: Evolution annuelle du nombre de têtes de bovins déduite du tableau précédent

| Scénario | Tendanciel | Co-construction | Rupture sociétale | Rupture économique |
|--------------------|------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| Vaches laitières | -0.6 % | -0.6 % | -1.5 % | -1.2 % |
| Vaches allaitantes | -2.0 % | -1.4 % | - | -2.7 % |
| Veaux | -0.7 % | -0.7 % | -3.0 % | -2.1 % |

Cheptels Bovins

Scénario constant

Les cheptels actuels présents sur la Sèvre Nantaise sont conservés.

Scénario tendanciel

Dans un contexte de croissance économique ralentie, avec des attentes sociétales qui se maintiennent au niveau actuel, l'élevage s'adapte progressivement aux enjeux climatiques (dont une meilleure gestion de l'eau). Les taux du scénario tendanciel du Tableau 112 seront utilisés jusqu'à l'horizon 2070. Ces taux seront appliqués de manière uniforme sur le territoire.

Scénario alternatif

Dans un contexte de croissance économique retrouvée, des solutions sont co-construites entre éleveurs et citoyens pour relever les défis climatiques et sociétaux. Les élevages bénéficient d'un accompagnement soutenu pour atteindre la neutralité carbone en 2050. Les consommateurs deviennent plus exigeants et plus riches et les investissements sont importants. Les taux du scénario co-construction du Tableau 113 seront utilisés jusqu'à l'horizon 2070. Ces taux seront appliqués de manière uniforme sur le territoire.

Cheptels porcins

La consommation de viande de porc dans l'UE devrait diminuer de 0,4 % par an (soit -1,3 kg par habitant) d'ici 2032, en raison de préoccupations sanitaires, environnementales et sociales [2]. Les baisses nationales de cheptels projetées par le ministère de l'Agriculture dans le cadre de la Stratégie nationale bas carbone (SNBC) (2018) iraient vers une réduction du nombre de truies de 14 % entre 2015 et 2030 et de 30 % à l'horizon 2050 [10]. Les scénarios nationaux Afterres 2050 de l'ADEME sont plus pessimistes (Tableau 114) [8]. On note également que pour les départements de la Sèvre Nantaise, le cheptel porcin a diminué entre 2010 et 2021 de 2,4 % (Données Agreste). Cette tendance observée se rapproche des prévisions européennes plus que des prévisions Afterres ou ministérielles. La Figure 114 présente les estimations d'évolution provenant des scénarios Afterres des effectifs porcins pour les départements de la Sèvre Nantaise. Ces effectifs intègre les effectifs du département de la Mayenne, qui permet à la région des Pays de la Loire d'être la deuxième région de production porcine [15]. Le cheptel porcin de la Figure 114 est donc bien au-dessus du cheptel du bassin de la Sèvre Nantaise. Le cheptel porcin du Pays de Loire suit les évolutions nationales avec une baisse continue depuis 2000 [15]. La filière porcine enregistre une baisse tendancielle qui correspond à une diminution de la consommation française, partagée entre une demande de produit de qualité et une consommation plus massique orientée par les prix bas [15]. Ces baisses ont pu être compensées par les exportations chinoises, composante importante du marché porcin, qui fluctuent en fonction des apparitions de la fièvre porcine africaine [15]. Toutefois, la Chine deviendra bientôt autonome voire exportatrice avec la restructuration de son

modèle d'élevage intensif et bio-sécurisé [15]. Maintenir une production porcine régionale dynamique, ancrée sur le territoire, rentable économiquement et acceptée par la société, implique pour la filière de renouveler les éleveurs et salariés en exploitation (départs à la retraite importants, attraction faible pour le métier), de mettre en œuvre des plans d'accompagnement financier et technique pour soutenir l'adaptation aux changements climatiques (gestion des températures et de l'eau) et aux attentes sociétales (bien-être animal, qualité, exigences environnementales), ou une contractualisation pour sécuriser le revenu des éleveur [15]. La gestion quantitative de l'eau est également une préoccupation majeure pour l'abreuvement des animaux. Des zones à forte tension quantitative (zones «7B3») sont définies dans le SDAGE [15]. Les prélèvements d'eau dans le milieu y sont plafonnés en basses eaux. Au-delà d'un certain niveau d'eau prélevé, l'agriculteur doit passer sur le réseau d'eau potable. Dans la révision du SDAGE 2022-27, davantage de zones seraient classées «7B3 ». Dans ces zones, les élevages subiraient les plafonnements de prélèvements d'eau en période de basses eaux dès le régime de déclaration installation classée (appliqué aujourd'hui à partir du régime de l'autorisation) [15].

Tableau 114: Evolution du nombre de têtes de porcs à l'horizon 2030 en pourcentage total et annuel par rapport à 2020

| Scénario | Tendanciel | Co-construction | Rupture sociétale | Rupture économique |
|-----------------------------------|------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| Evolution entre les deux périodes | -4.0 % | -5.2 % | -35.8 % | -6.9 % |
| Evolution annuelle | -0.4 % | -0.5 % | -4.3 % | -0.7 % |

De manière similaire à la filière bovins, la chambre d'agriculture des Pays de la Loire a proposé les quatre mêmes scénarios distincts pour la filière porcs. Ces scénarios mènent aux évolutions consignées dans le Tableau 114. Les scénarios tendanciel, et de co-construction seront retenus.

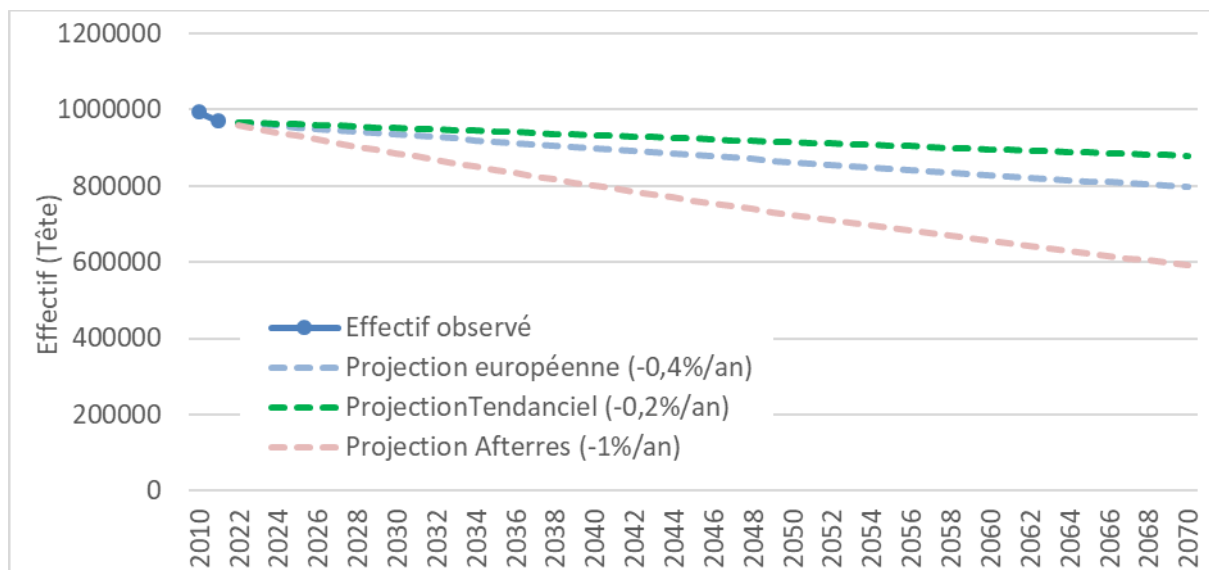


Figure 114: Evolution du cheptel porcin pour les départements de la Sèvre Nantaise observée entre 2010 et 2022 (source : BD Agreste) et projections nationales Afterres de 2022 à 2070

Cheptels Porcins

Scénario constant

Les cheptels actuels présents sur la Sèvre Nantaise sont conservés.

Scénario tendanciel

Les taux annuels du scénario tendanciel du Tableau 114 seront utilisés jusqu'à l'horizon 2070. Ces taux seront appliqués de manière uniforme sur le territoire.

Scénario alternatif

Les taux annuels du scénario co-construction du Tableau 114 seront utilisés jusqu'à l'horizon 2070. Ces taux seront appliqués de manière uniforme sur le territoire.

Cheptels volailles

La production et la consommation de volaille de l'UE devraient continuer de croître de 0,2 % par an, une croissance plus lente qu'au cours de la dernière décennie en raison de restrictions et de préoccupations environnementales, ainsi que de changements dans la consommation (moins de viande) [2]. Les exportations se redresseront également de 0,8 % par an, grâce à une demande croissante en Afrique subsaharienne, aux Philippines et au Royaume-Uni. Les scénarios Afterres 2050 prévoient à l'échelle nationale une baisse de 11 et 22 % du cheptel volaille en chair aux horizons 2030 et 2050 par rapport à l'année 2010 et de 19 et 38 % pour les poules pondeuses (Tableau 115) [8]. Au niveau national, les Pays de la Loire se classent en volume comme la deuxième région productrice de poulets et de dindes, et la première région productrice de canards à rôtir et de pintades [16]. La région est aussi la première pour la production de volaille Label Rouge et agriculture biologique. En effet, les Pays de la Loire représentent 38 % de la production de volaille de chair française en Label Rouge et agriculture biologique [16]. Stimulée par une consommation qui continue de croître et un ratio importation/consommation stable, le cheptel aviaire devrait continuer de croître sur un scénario proche du scénario européen (autour de 0,2 %/an pour la Sèvre Nantaise, Figure 115) [16]. Les scénarios plus pessimistes sont surtout dépendants d'une demande des consommateurs recherchant le prix le plus faible et se tournant vers les volailles d'exportation, alors que la pression sociétale et la réglementation ne permettent plus la production de volaille standard [16].

Tableau 115: Evolution des cheptels porcins et volailles d'après les scénarios Afterres 2050 [8]

| Cheptel | Observé | Scénario Afterres | | Scénario Afterres | |
|--------------------|---------------------|-------------------|--------|----------------------------------|------|
| | (Milliers de têtes) | | | Evolution par rapport à 2010 (%) | |
| | 2010 | 2030 | 2050 | 2030 | 2050 |
| Porc | 8503 | 6802 | 5102 | -20 | -40 |
| Volailles de chair | 141206 | 125673 | 110141 | -11 | -22 |
| Poules pondeuses | 50299 | 40742 | 31185 | -19 | -38 |

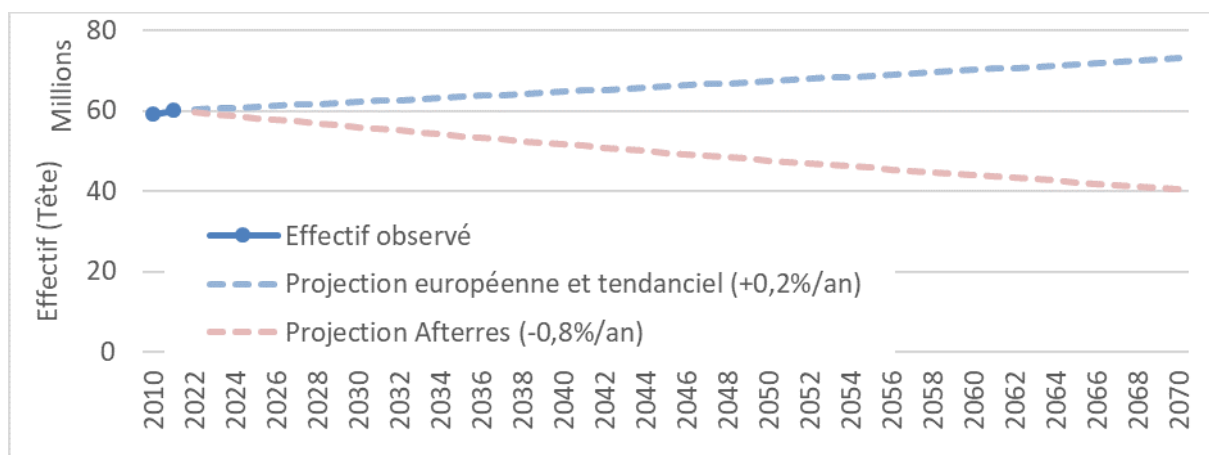


Figure 115: Scénarios d'évolution du cheptel volaille pour les départements de la Sèvre Nantaise (source : BD Agreste et projections)

De manière similaire aux autres filières, la chambre d'agriculture des Pays de la Loire a proposé les quatre mêmes scénarios distincts que pour la filière porcins. Ces scénarios mènent aux évolutions consignées dans le Tableau 116. Sur le territoire de la Sèvre Nantaise, notamment en Pays de la Loire, la filière aviaire a été fortement touchée par la grippe aviaire à plusieurs reprises (réflexion issue des Ateliers du 30 mars 2023). Ainsi le cheptel aurait perdu 1/3 de ses têtes de volailles en 2022 [25]. Après échanges lors des ateliers du 30 mars 2023, et en raison d'un abandon progressif de la volaille par certains éleveurs suite à la grippe aviaire, il a été proposé de retenir des tendances à la diminution de ces cheptels.

Tableau 116: Evolution du nombre de têtes de volaille (tec) à l'horizon 2030 en pourcentage total et annuel par rapport à 2019

| Scénario | Tendanciel | Co-construction | Rupture sociétale | Rupture économique |
|-----------------------------------|------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| Evolution entre les deux périodes | +15.8 % | +16.5 % | -15.0 % | -28.6 % |
| Evolution annuelle | +1.3 % | +1.4 % | -1.5 % | -3.0 % |

Cheptels Volailles

Scénario constant

Les cheptels actuels présents sur la Sèvre Nantaise sont conservés (i.e., -33 % en 2022 par rapport à 2021).

Scénario tendanciel

Un taux de -2 % par an sera utilisé. Ce taux sera appliqué de manière uniforme sur le territoire.

Scénario alternatif

Un taux de -1,4 % par an sera utilisé. Ce taux sera appliqué de manière uniforme sur le territoire.

Consommation en eau de l'élevage par tête

Au niveau national, les exploitations agricoles représentent 15,8 % du total des prélèvements d'eau, 92,5 % étant liés aux besoins d'irrigation et le reste à l'abreuvement des animaux (6 %) et aux autres usages tels que le nettoyage (1,5 %) (Carteau et al., 2010) [18]. D'après Boudon et al. (2013) [19], l'eau d'abreuvement représente moins de 10 % de l'eau prélevée par l'agriculture dans le monde et en France, mais c'est un besoin incompressible des élevages. Les quantités journalières d'eau bue par une vache laitière sont très variables, de quelques litres (11 litres) avec une herbe verte en situation tempérée à plus de 120 litres avec une ration sèche.

Les porcs consomment de l'eau en plus de la soupe, même en hiver. Ces prélèvements d'eau sont très différents selon les élevages. Les valeurs moyennes masquent également des différences de prélèvement dans le temps et entre les saisons (Figure 116) [21]. Un porc consommerait de 4 à 8 l/jour (soupe + eau d'abreuvement) (Figure 116 A.) [21]. La consommation en eau pipette (en dehors de la soupe) peut varier en fonction de la saison et la température entre [0,9 – 2] l/jour/porc en hiver et [1 - 4]l/jour/porc en été (Figure 116 B.) [21]. Les truies allaitantes peuvent consommer jusqu'à 20 l/jour [22].

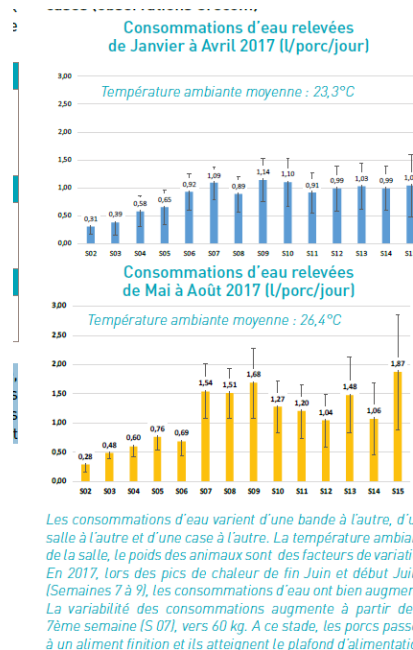
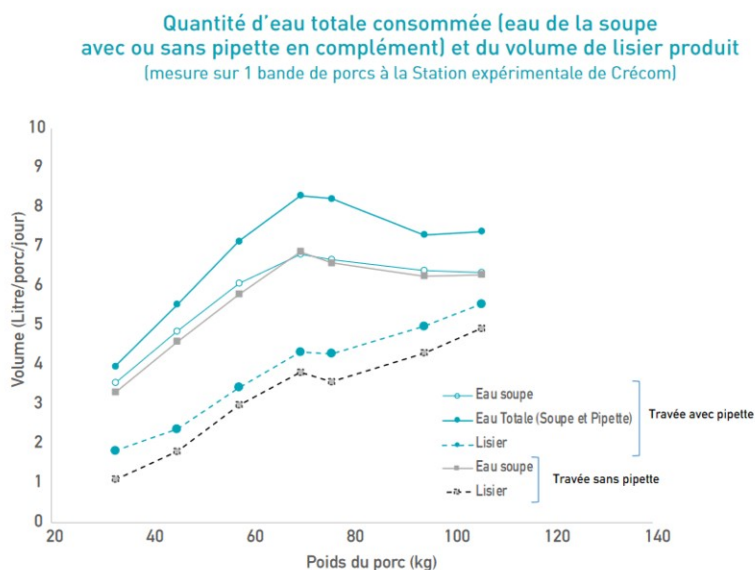


Figure 116: Consommation en eau des cheptels porcins en fonction du poids (A) et en fonction de la température (B) [21].

Le cheptel de volaille en chair consomme entre 0,115 l/jour et 0,430 l/jour en fonction de son âge et de la température [23]. L'eau potable du réseau AEP n'est obligatoire que pour la volaille reproductrice, mais pas pour l'élevage de volaille en chair [24]. Une déconnexion entre le réseau public et le réseau privé est obligatoire afin d'assurer la protection du réseau de distribution public [24].

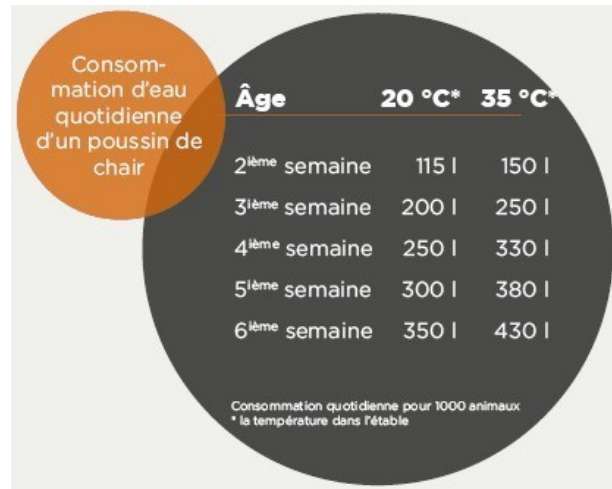


Figure 117: Consommation en eau pour 1000 poussins de chair en fonction de l'âge et de la température en été [23].

A ce stade, il n'est pas possible de considérer des scénarios différenciés pour déterminer une évolution de la consommation en eau par tête de bétail. Par conséquent, les valeurs estimées lors de la période passée et présentées en phase 2 de l'étude (Santos et al., 2023) seront conservées. Elles sont présentées dans le Tableau 117. Des suggestions issues des ateliers pourraient être intégrées si des éléments concrets sont mis à notre connaissance ; notamment, un pourcentage d'augmentation en fonction de la température annuelle pourrait être envisagé.

Tableau 117: Estimation des besoins en eau pour l'élevage (source : SDGRE 49)

| Type de bétail | Précision | Consommation journalière (m ³ /j) |
|----------------|----------------------------------|----------------------------------------------|
| Bovins | Vache laitière | 0,1 |
| | Vache allaitante | 0,05 |
| | Veau | 0,025 |
| | Génisse lait et viande < 1 an | 0,025 |
| | Génisse lait et viande 1 à 2 ans | 0,035 |
| | Génisse lait et viande > 2 ans | 0,05 |
| | Mâle < 1 an | 0,025 |
| | Mâle 1 à 2 ans | 0,035 |
| | Mâle > 2ans | 0,05 |
| Porcins | Porcs engraissement | 0,007 |
| | Truies | 0,022 |
| Ovins | | 0,007 |
| Caprins | | 0,007 |
| Volailles | | 0,0002 |
| Équidés | | 0,04 |
| Lapin | | 0,0005 |

Consommation en eau par tête de bétail

Scénario constant

La consommation en eau par tête de bétail appliquée pour le scénario constant est présentée par le Tableau 117.

Scénario tendanciel

Le scénario tendanciel conserve les consommations par tête de bétail présenté par le Tableau 117.

Scénario alternatif

Le scénario alternatif conserve les consommations par tête de bétail présenté par le Tableau 117, sauf lors des épisodes de températures moyennes journalières supérieures à 30 °C. La consommation est alors augmentée de 33 % (cela correspond à une augmentation recommandée d'apport hydrique humaine lors des fortes chaleurs ; de 1,5 l/jour à 2 l/jour).

Part de l'AEP pour la consommation en eau de l'élevage

En hiver, les animaux sont à l'étable et peuvent être abreuvés par le réseau AEP. Ces prélèvements peuvent être connus grâce aux prélèvements AEP via une comparaison du volume prélevé pour l'AEP et des besoins du cheptel. Cette comparaison peut évaluer la sollicitation de l'élevage sur le réseau AEP. S'il est insuffisant, les éleveurs devront alimenter les troupeaux grâce à des pompages directs dans le milieu. Les valeurs estimées lors de la période passée et présentées en phase 2 de l'étude sont rappelées dans le Tableau 118 (Santos et al., 2023). On peut anticiper une augmentation de la part de l'AEP pour la consommation de l'élevage pour s'adapter à la croissance des contraintes de qualité et des contraintes sanitaires.

Tableau 118: Pourcentage de prélèvement dans le réseau AEP par type de bétail

| Type de bétail | Bovins | | Volailles | Porcins | Ovins | Caprins | Équidés | Lapins |
|-----------------------------|--------------------|------|-----------|---------|-------|---------|---------|--------|
| | Allaitant et veaux | Lait | | | | | | |
| % de prélèvement dans l'AEP | 15 | 30 | 60 | 60 | 15 | 60 | 15 | 60 |

Part d'AEP dans la consommation en eau du bétail

Scénario constant

La part d'AEP actuelle dans la consommation en eau du bétail est conservée

Scénario tendanciel

Faute d'éléments concrets pour scénariser cette variable, aucun scénario d'évolution de la part d'AEP pour la consommation en eau du bétail n'est envisagé.

Scénario alternatif

Les valeurs indiquées dans le Tableau 118 sont augmentées de 5 % à l'horizon 2030, 10 % à l'horizon 2050 et 20 % en 2070.

Sources

1. <https://www.la-viande.fr/environnement-ethique/atlas-elevage-herbivore/elevages-francais-ancres-dans-territoires/elevage-herbivore-france-repartition-evolution>
2. https://agriculture.ec.europa.eu/data-and-analysis/markets/outlook/medium-term_en
3. https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/GraFra2022Chap12.6/GraFra2022_bovins-productions-laitieres.pdf
4. P. FAVERDIN, C. LEROUX. 2013. Avant-propos La vache et le lait. INRA Productions Animales, numéro 2.
5. PEYRAUD J.-L., DUHEM K. 2013. Les élevages laitiers et le lait demain : exercice d'analyse prospective. INRA Prod. Anim., 26 (2), 221-23
6. <https://www.web-agri.fr/vaches-allaitantes-pmtva/article/223768/la-decapitalisation-bovine-progresse-plus-vite-que-prevu>
7. FranceAgriMer. Prospective filière lait de vache. LES ETUDES de FranceAgriMer 2017
8. Association Solagro. ADEME. Christian Couturier, Madeleine Charru, Sylvain Doublet et Philippe Pointereau. Version 2016. Scénario Afterres 2050. pp.96. (https://afterres2050.solagro.org/wp-content/uploads/2015/11/solagro_afterres2050_version2016.pdf)
9. Centre d'études et de prospective (CEP) du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire. 2010. Prospective Agriculture Énergie 2030 - L'agriculture face aux défis énergétiques. Synthèse, pp12.
10. Stratégie Bas Carbone Nationale (SBCN). Ministère de la transition écologique. Mars 2020. La transition écologique et solidaire vers la neutralité carbone. Pp192. (https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2020-03-25_MTES_SNBC2.pdf)
11. <https://www.mon-cultivar-elevage.com/content/2030-2050-une-baisse-inevitable-du-cheptel-bovin>
12. Chambre d'Agriculture du Pays de Loire. 2021. Production de lait de vache en Pays de la Loire : Prospective à l'horizon 2030 (https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Pays_de_la_Loire/2021/2021_production_lait_de_vache_PdL_prospective_horizon_2030.pdf)
13. Chambre d'Agriculture du Pays de Loire. 2021. Production de viande bovine en Pays de la Loire: Prospective à l'horizon 2030 (https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Pays_de_la_Loire/2021/2021_production_veaux_de_boucherie_PdL_prospective_horizon_2030.pdf)

14. Chambre d'Agriculture du Pays de Loire. 2021. Production de veaux de boucherie en Pays de la Loire : Prospective à l'horizon 2030 (https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Pays_de_la_Loire/2021/2021_production_veaux_de_boucherie_PdL_prospective_horizon_2030.pdf)
15. Chambre d'Agriculture du Pays de Loire. 2021. Production de viande porcine en Pays de la Loire: Prospective à l'horizon 2030 (https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Pays_de_la_Loire/2021/2021_production_viande_porcine_PdL_prospective_horizon_2030.pdf)
16. Chambre d'Agriculture du Pays de Loire. 2021. Production de volaille de chair en Pays de la Loire: Prospective à l'horizon 2030 (https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Pays_de_la_Loire/2021/2021_production_veaux_de_boucherie_PdL_prospective_horizon_2030.pdf)
17. <https://www.paysantarnais.com/climat-la-trajectoire-de-reduction-du-cheptel-retenue-par-le-ministere-de-lagriculture>
18. Carreau B., et al. 2010. APCA, ACTA, Chambres d'Agriculture, Instituts Techniques Agricoles, 20 p
19. Boudon A., et al. 2013. Les besoins en eau d'abreuvement des bovins laitiers : déterminismes physiologiques et quantification. INRA Productions Animales, 2013, 26 (3), pp.249-262. (hal-01210449)
20. GAC A., BECHU T. 2014. L'empreinte eau consommative du lait et de la viande bovine et ovine : premiers repères sur des systèmes français. Renc. Rech. Ruminants, 2014, 21 (http://journées3r.fr/IMG/pdf/Texte_2_Environnement_A-Gac.pdf)
21. <https://mrepaca.fr/wp-content/uploads/2019/10/Fiche-abreuvement-porc-2.pdf>
22. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/07-024.pdf>
23. <https://www.indufarm.com/fr/blog/4-conseils-pour-une-meilleure-consommation-d-eau-potable-chez-les-poulets-de-chair>
24. Chambre régionale d'agriculture des Pays de la Loire (<https://www.itavi.asso.fr/publications/eau-de-boisson-en-elevage-avicole-plaquette-n-1>)
25. France AGRIMER. 2022. Les marchés des produits laitiers, carnés et avicoles Bilan 2022 Perspectives 2023 (<https://www.franceagrimer.fr/fam/content/download/70627/document/BIL-VIA-LAI-Bilan2022-Perspectives2023.pdf?version=4>)

Cultures

Surface Agricole Utile

La surface agricole utile (SAU) totale diminue d'environ 1 million d'hectares en France dans tous les scénarios, sous la pression de l'artificialisation d'ici 2050 [1]. L'ensemble des scénarios d'Agri2050, par exemple, confirme aussi la baisse prévue de la SAU française [7]. La part d'artificialisation du territoire passerait en 2070 de 10 à 20 % selon l'urbanisation, concentrée ou étalée (périurbaine), alors qu'elle était de 9,4 % en 2010 [6]. La déprise agricole se retrouve dans les scénarios d'Afterres 2050 et d'Explore 2070 [1][6]. Si les nouveaux dispositifs qui permettent aujourd'hui de ralentir l'étalement urbain peuvent limiter la déprise, le territoire devra tout de même absorber une croissance démographique constante dont le pic est prévu en 2055. La production énergétique ou l'aménagement du territoire peuvent aussi participer à cette décrue. La Figure 18

résume les évolutions prospectives de la SAU et des volumes d'eau consommés par l'agriculture au niveau national [1][6].

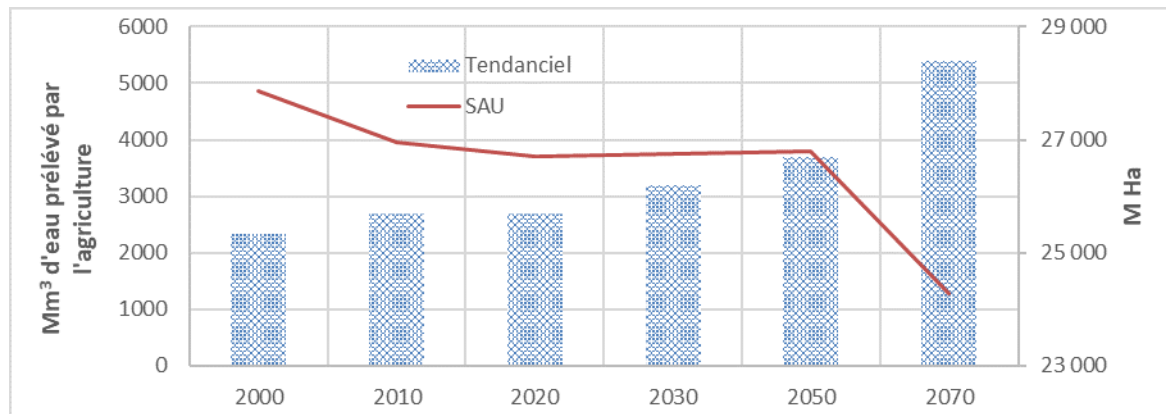


Figure 118: Eau prélevée par l'agriculture (Mm³/an) et SAU au niveau national de 2000 à 2070 [1][6]

Si la SAU semble diminuer fortement depuis les années 2000, on observe toutefois un ralentissement de l'artificialisation notamment sur certaines communes de la Sèvre Nantaise. En 2020, les Pays de la Loire comptent, 2,2 millions d'hectares de surface agricole utile (SAU) [10]. En Maine-et-Loire et Vendée, les terres agricoles représentent une part proche de la moyenne régionale (i.e., 64 et 70 %, respectivement, contre 52 % pour la moyenne nationale) [10]. Depuis 2000, les surfaces agricoles ont diminué de près de 100 000 ha dans la région, essentiellement au profit de l'urbanisation et des infrastructures de transport [10]. Toutefois, on peut constater que l'ensemble des SCoT de la Sèvre Nantaise a mis en place des mesures pour limiter la consommation de la SAU. Pour certains SCoT, les seuils d'artificialisation définis n'ont pas été atteints en 2020. Sur les 725 ha alloués par le SCoT du Pays du vignoble nantais, seuls 55 ha ont été consommés entre 2015 et 2019, contre 163 ha entre 2012 et 2016 [11]. Sur la communauté d'agglomération de Mauges Communauté, la consommation foncière était de 25 ha/an de 2013 à 2016, contre 3000 ha entre 2000 et 2010 (soit 300 ha/an en moyenne) [12]. Pour limiter l'étalement urbain et l'artificialisation de nouvelles terres, des démarches ont été mises en place telles que la démarche BIMBY en Pays du Vignoble nantais, qui offre la possibilité aux propriétaires de vendre une partie de leur terrain pour la construction d'un nouveau logement [11]. Ces tendances à la limitation de la consommation d'espace par l'optimisation du foncier disponible et à la préservation des terres agricoles se retrouve également dans le SCoT de l'agglomération du Choletais [13]. Ainsi, l'agglomération du Choletais observe entre 2002 et 2016, une artificialisation de plus de 1 150 ha de terres agricoles, mais avec une diminution de la consommation foncière annuelle de l'ordre de 54 % entre les périodes 2002-2008 et 2008-2016 [13]. L'Agglomération du Choletais a également mis en place des outils spécifiques de protection des terres agricoles, comme par exemple les Zones Agricoles Protégées (ZAP), ou les Périmètres de protection des Espaces Agricoles et Naturels (PEAN) pour limiter l'étalement urbain et le mitage du territoire [13]. Le SCoT du Bocage Vendéen

privilégie également les développements au sein de l'enveloppe urbaine, préalablement définie au regard des activités agricoles, pour répondre aux besoins en foncier [14]. Il prévoit une extension urbaine limitée à 872 ha entre 2016-2031 [14]. Enfin, le Bocage Bressuirais est un bon exemple des tendances agricoles sur le territoire de la Sèvre Nantaise en dehors de la vigne. Il est le territoire régional le plus rural et de la Sèvre Nantaise (il compte 104 000 ha de SAU pour une surface totale de 132 700 ha), principalement de polyculture-élevage [15]. Il enregistre des évolutions de surfaces en culture, qui rejoignent celles d'Afterres (Figure 120) [1] [15].

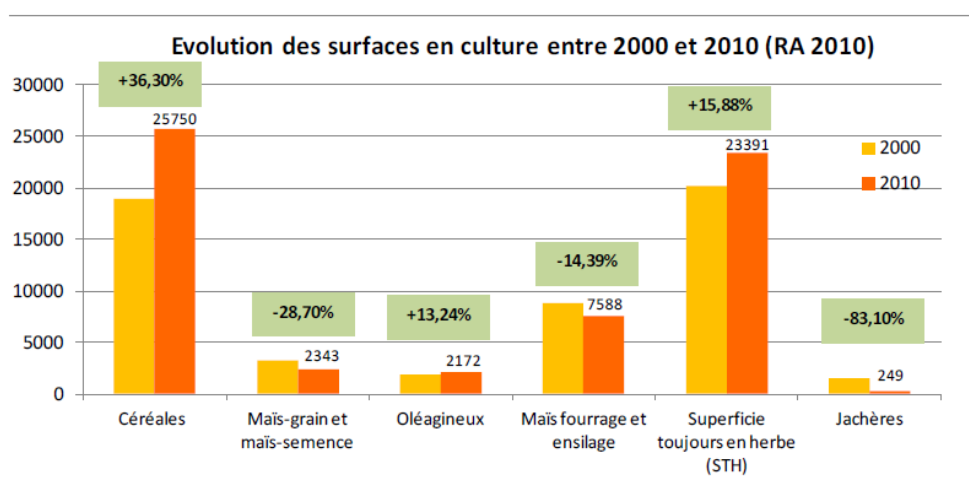


Figure 119: Evolution des surfaces en culture (ha) entre 2000 et 2010 (RA 2010) du Bocage Bressuirais [15]

L'un des risques identifiés par le SCoT du Bocage Bressuirais est la transformation de ces exploitations d'élevage en exploitation céréalière avec une perte de maillage bocager [16]. C'est ce que constate la communauté d'agglomération de Mauges Communauté dont la trame bocagère tend à disparaître dans les espaces de plateaux (secteur entre Beaupréau et Chemillé), du fait d'un développement des grandes cultures et des mutations des activités d'élevage [12]. Le SCoT du Bocage Bressuirais souligne la nécessité de protection du bocage, réservoir de biodiversité, dont le maillage représente un corridor important du territoire [16]. La préservation du bocage est aussi un objectif du SCoT du Bocage Vendéen [14].

Surface Agricole Utile

Scénario constant

La SAU actuelle est conservée.

Scénario tendanciel

La SAU diminue légèrement au profit de l'artificialisation (-0,2 %/an).

Scénario alternatif

Une politique volontariste de préservation de la SAU est mise en place, ce qui permet de préserver les terres agricoles et d'éviter leur mitage et l'étalement urbain. Ainsi, la SAU actuelle est conservée.

Assolements

Le changement climatique va générer de nouveaux besoins d'irrigation, notamment sur les céréales et oléo-protéagineux, ainsi que sur les prairies [1]. A l'échelle de la France, la demande d'aliments pour animaux provenant de cultures arables devrait diminuer de -4,7 % d'ici 2032 en raison du déclin des cheptels porcins, bovins et laitiers de l'UE [2]. De même, le passage à des systèmes de production basés sur l'herbe, entraîné par une augmentation de la production laitière biologique et une extensification supplémentaire, renforcera cette tendance [2].

Ainsi, dans les scénarios d'Afterres2050, la réduction de la sole en maïs, conséquence de l'évolution négative des cheptels, permet de diviser par deux la consommation d'eau en été et de réserver les usages de l'irrigation aux céréales et oléo-protéagineux, majoritairement au printemps et à l'automne pour les irrigations starter ou les irrigations de complément, ainsi qu'à la vigne et aux fruits et légumes (Tableau 119) [1]. L'ensemble des scénarios du Ministère de l'agriculture va également dans le sens d'une augmentation des surfaces en herbe et des oléo-protéagineux [3]. La part d'irrigation et son évolution va donc dépendre des cultures du territoire et de leur évolution (Tableau 120), notamment du maïs grain et semence, du type de vin produit pour la viticulture ou encore de la politique foncière pour les surfaces en grandes cultures [4] [5]. Au niveau national, Explore 2070 prévoit une augmentation de 43 à 66 % des prélèvements d'eau pour l'irrigation entre 2000, année de référence de l'étude et 2070 (soit 5,4 à 6,3 milliards de m³ d'eau en 2070) [6].

Tableau 119: Evolution des volumes d'eau d'irrigation national d'après les scénarios Afterres 2050 [1]

| Consommation d'eau, Mm ³ | 2010 | 2030 | 2050 | 2050 | 2050 | 2050 |
|----------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | Afterres | Tendanciel | Afterres | SAB | REP |
| Céréales, oléoprotéagineux (hors maïs) | - | 300 | 200 | 700 | 600 | 1000 |
| Maïs | 2000 | 900 | 2000 | 400 | 300 | 500 |
| Prairies, cultures fourragères | 100 | 100 | 600 | 100 | 100 | 100 |
| Fruits et légumes | - | - | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Autres | 600 | 1000 | 800 | 1400 | 1100 | 1100 |
| TOTAL | 2700 | 2300 | 3700 | 2700 | 2200 | 2800 |
| Dont consommation en été : | 2000 | 900 | 2000 | 400 | 300 | 500 |

• Consommation d'eau, Mm³, 2010-2050.

Tableau 120: Part des surfaces irriguées par culture (en %) au niveau national en 2010 et 2020 [4]

Cultures irriguées

| Cultures | 2010 | 2020 | |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------|
| | Part irriguée de la surface totale de la culture | Part irriguée de la surface totale de la culture | Surface irriguée |
| | % | % | ha |
| Maïs grain et maïs semence | 40,0 | 34,0 | 590 386 |
| Blé | 3,7 | 4,8 | 216 599 |
| Légumes frais, fraises, melons | 58,4 | 62,1 | 152 741 |
| Cultures permanentes | 51,0 | 50,5 | 131 715 |
| Maïs fourrage et autres cultures fourragères annuelles | 7,4 | 6,1 | 125 769 |
| Autres céréales | 3,3 | 4,0 | 107 738 |
| Prairies temporaires et surfaces toujours en herbe | 0,5 | 0,7 | 74 564 |
| Pommes de terre | 39,6 | 38,8 | 86 185 |
| Betteraves industrielles | 10,7 | 12,0 | 50 299 |
| Vignes | 3,6 | 8,9 | 69 333 |
| Tournesol | 3,8 | 5,9 | 46 041 |
| Soja | 51,0 | 38,1 | 71 109 |
| Colza | 0,8 | 2,5 | 27 565 |
| Autres cultures | 5,5 | 5,3 | 76 388 |
| Total* France | 5,7 | 6,8 | 1 826 432 |

*. Hors surfaces en jachère, jardins et vergers familiaux.
Lecture : en 2020, 38,1 % des surfaces cultivées de soja ont été irriguées, contre 51,0 % en 2010.
Source : Agreste - Recensements agricoles 2010 et 2020

Au niveau régional, la Nouvelle-Aquitaine se classe au premier rang national pour la production de maïs (grain et semence) [9]. Suivant les années, le maïs peut représenter jusqu'à 40 % de la valeur de la production céréalière de Nouvelle-Aquitaine et dépasser le blé [9]. Un bon tiers des surfaces en maïs bénéficie de l'irrigation qui se pratique par prélèvement au moyen d'un forage ou en utilisant le pompage en cours d'eau [9]. Depuis 2010, en moyenne, la sole en maïs grain irrigué (hors maïs semence) en Nouvelle-Aquitaine a baissé de 40 % [9], baisse favorisée par la politique agricole commune (la PAC) qui promeut une diversification des cultures depuis 2014 [9]. Dans les Deux-Sèvres, entre 2010 et 2017, la surface des terres consacrées au maïs grain et semence a chuté

de 26 % [9]. La Figure 120 présente l'évolution des surfaces par catégorie et par région entre 2010 et 2050 suivant le scénario d'Afterres, soit une artificialisation des terres au détriment de la SAU et un changement de pratiques culturales [1].

Depuis une dizaine d'années, on constate une diminution régulière de la forte dynamique consommatrice d'espaces naturels et agricoles sur la Sèvre Nantaise, passant de 352 ha/an entre 1999 et 2004 à 294 ha/an entre 2009 et 2012, soit une baisse de 16 % [17]. La SAU totale du Pôle Métropolitain Nantais a quant à elle diminué de 12 % entre 1988 et 2010 pour atteindre 85 396 ha [17]. En toute logique, cette baisse a principalement eu lieu sur la période 1988-2000, avec une diminution moyenne de la SAU de 873 ha/an et la période 2000-2010 a vu un fort ralentissement de cette diminution, de l'ordre de 153 ha/an en moyenne [17]. Pour préserver les zones agricoles, notamment au sud de l'Agglomération, zone concernée par la Sèvre Nantaise, la mise en place d'un Périmètre de protection des espaces naturels et agricoles périurbains (Péan) est en cours de réflexion [17].

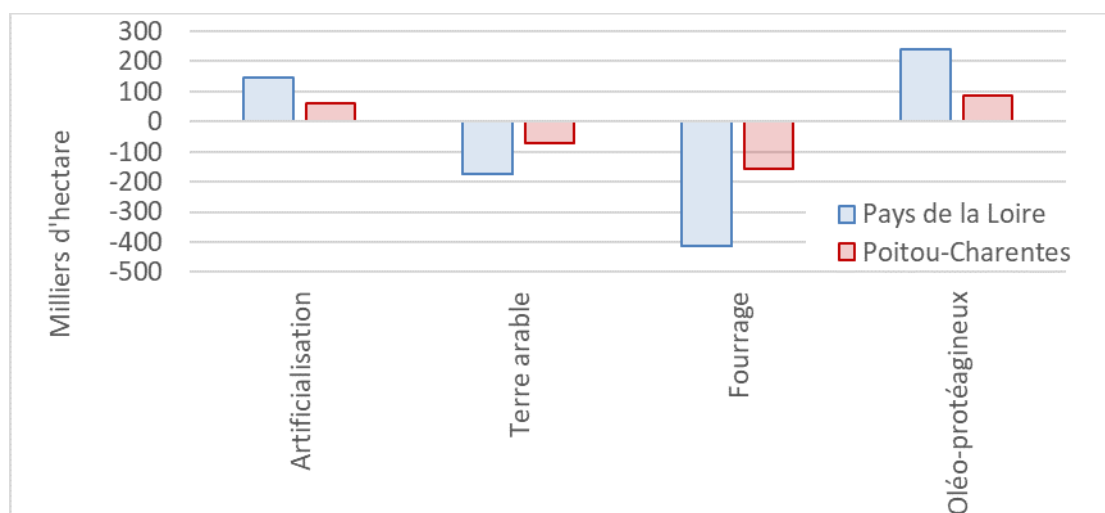


Figure 120: Evolution des surfaces par catégories et par région, en milliers d'hectares (Afterres2050 vs 2010) [1].

La viticulture et le maraîchage participent à façonner d'autres types de paysages, bénéficiant de la reconnaissance de produits locaux [11]. Le lancement depuis 2016 d'un Plan Alimentaire Territorial (PAT) avec la Chambre d'Agriculture sur Mauges Communauté a pour objectif de relocaliser l'agriculture et l'alimentation du territoire en soutenant le développement de projets de légumeries, la valorisation de produits locaux, etc. [12]. Le Pôle Métropolitain Nantais offre aussi un contexte agricole diversifié, majoritairement orienté vers des activités de proximité, élevage viande et lait, maraîchage, viticulture [17]. L'activité viticole, marqueur identitaire fort du territoire, est située à proximité immédiate de l'agglomération de Nantes. Cette situation spatiale la soumet à une vive

concurrence de l'urbanisation, qui constitue une menace importante pour le maintien de ces vignobles malgré le classement des terres en AOC [17]. La viticulture concerne encore 30 exploitations dans le Pôle Métropolitain, situé principalement sur la Sèvre Nantaise [17]. On y retrouve également les maraîchers dont la consommation en eau d'irrigation se situe entre 2500 et 3000 m³/ha/an d'eau pompée dans la Loire principalement [17].

Le changement climatique pour le monde agricole est déjà une réalité [20]. On note une stabilité des précipitations associée à une augmentation des températures et de l'évapotranspiration, ce qui a pour conséquence un durcissement des conditions hydriques printanières et estivales, un risque de gel printanier persistant ainsi que l'avancement phénologique des plantes [20]. Au travers d'indicateurs adaptés, les impacts du changement climatique peuvent être observés sur la floraison des pommiers, la précocité du maïs ou encore le rendement du blé et des pois protéagineux (accroissement des degrés-jours de croissance et augmentation du nombre de jours échaudant) [20]. L'avancement de la date de floraison n'est pas la seule conséquence du réchauffement climatique car il s'accompagne aussi d'un impact sur la qualité organoleptique des fruits [20]. Ainsi, la vigne enregistre déjà un avancement des stades phénologiques (indice de Winkler) et une augmentation de la teneur en sucre (indice de Huglin) [20]. L'augmentation des degrés-jours peut aussi entraîner le développement de ravageurs (e.g., la pyrale du maïs) [20]. Mais des stratégies d'adaptation concrètes pour les agriculteurs sont possibles [20].

Ainsi, des adaptations telles que le choix variétal pourraient être envisagés [20]. Suivant leur période et leur degré de sensibilité hydrique, les cultures telles que la féverole de printemps (juin à juillet) et d'hiver (avril à juin), le maïs et le sorgho (mi-juillet à mi-août) ou encore le blé, les prairies de fin d'été (mi-août à mi-octobre) peuvent être plus ou moins impactées. La substitution du blé par l'orge, le maïs fourrage par du sorgho, ou favoriser une culture de légumineuse avant le blé pour permettre une meilleure implantation de la culture pourraient être des exemples [20].

Une adaptation des pratiques est aussi à envisager, telles que l'amélioration et la diffusion des méthodes et du matériel d'irrigation ou l'esquive des stress hydriques, par des dates de semis avancées [20]. Pour exemple, on observe déjà un avancement de la date de mise en herbe des prairies d'été (9 jours) ou des vendanges (2 semaines) [20]. Si la stabilisation du nombre de fortes gelées permet de continuer à utiliser le gel comme moyen de destruction des couverts gélifs, la forte variabilité intra-annuelle de ces gelées rend cette méthode inefficace certaines années [20]. D'autres moyens seront nécessaires pour détruire le couvert [20].

Assolements

Scénario constant

Les assolements actuels (et leur rotation classique) sont conservés.

Scénario tendanciel

La tendance à l'évolution des assolements actuels est conservée ; diminution de la vigne et du fourrage et augmentation des grandes cultures, et du maraîchage (10 % sur 10 ans) (propositions issues des ateliers du 30 mars 2023).

Scénario alternatif

Des types de cultures mieux adaptés au réchauffement climatique sont progressivement utilisés sur le bassin de la Sèvre nantaise. Le blé est en partie substitué par l'orge, et le maïs par le sorgho, à raison de 0.5 % par an.

Cas de l'aspersion des vignes

Avec les vagues de froid et le gel de printemps, les vignes sont sujettes à de très basses températures. Les gelées de printemps peuvent aller jusqu'à -9 °C [18]. Les bourgeons peuvent supporter jusqu'à -3 °C, mais au-delà, ils risquent de geler. Un exploitant, dont les vignes se situent près de la Sèvre Nantaise, a perdu 70 % de sa production avec le gel printanier en 2021 [18].

L'aspersion consiste à asperger les ceps avec de l'eau. Ainsi, les bourgeons sont pris dans une poche de glace sans que l'eau qu'ils contiennent ne gèle. On appelle cela le phénomène de surfusion. Cette technique délicate demande une aspersion continue (au minimum 3 mm par heure) jusqu'à ce que les températures remontent. Plus les températures sont basses, plus l'apport d'eau est important. Ce système est considéré comme efficace mais demande des installations conséquentes et coûteuses (environ 15 000 €/ha et 100-300 €/ha pour le fonctionnement et la maintenance, respectivement) [19]. En fonction des techniques utilisées (aspersion sur la canopée ou racinaire, sur sol nu ou enherbé, etc.), le débit d'eau par hectare peut être plus ou moins important.

La demande actuelle sur la Sèvre Nantaise concerne l'aspersion sur 37 ha sur dix heures pendant dix nuits, soit 4000 m³ d'eau par ha et par saison, soit 40 m³/ha/h. Mais les estimations de consommation de l'aspersion sont variables : e.g. d'après la chambre d'agriculture, l'aspersion consommerait de 12 à 40 m³/ha/h, selon le type d'aspersion utilisé [19].

Aspersion antigel des vignes

Scénario constant

Aucune aspersion antigel des vignes significative à l'échelle de travail n'est effectuée.

Scénario tendanciel

L'aspersion viticole est mise en place lors des épisodes de gel fort.

Scénario alternatif

L'aspersion viticole est mise en place lors des épisodes de gels forts.

Sources

1. Association Solagro. ADEME. Christian Couturier, Madeleine Charru, Sylvain Doublet et Philippe Pointereau. Version 2016. Scénario Afterres 2050. pp.96. (https://afterres2050.solagro.org/wp-content/uploads/2015/11/solagro_afterres2050_version2016.pdf)
2. https://agriculture.ec.europa.eu/data-and-analysis/markets/outlook/medium-term_en
3. Centre d'études et de prospective (CEP) du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du Territoire. 2010. Prospective Agriculture Énergie 2030 - L'agriculture face aux défis énergétiques. Synthèse, pp12.
4. https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/download/publication/publie/GraFra2022Chap3.1/GraFra2022_pratiques-culturelles.pdf
5. BRGM/RP. Mars 2013. Evolution des besoins en eau d'irrigation à l'horizon 2030. (<http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-61323-FR.pdf>)
6. Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. 2013. Explore 2070. Rapport d'étude (https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/RE_Explore2070_Prospective_Etude.pdf)
7. Ministère de l'Agriculture. CGAAER. Janvier 2020. Agri 2050. Une prospective des agricultures et des forêts françaises. Rapport n° 18066.
8. SDDAEP.2019. Maine et Loire.
9. <https://www.lanouvellerepublique.fr/deux-sevres/deux-sevres-la-sole-de-mais-irrigue-baisse-depuis-2010>
10. <https://www.paysdelaloire-eco.fr/ressources-analyses/agriculture/exploitations-agricoles/>
11. Vignoble Nantais. Bilan du SCoT du Pays du Vignoble nantais : Bilan 2015-2021.
12. Mauges communauté. Bilan du SCoT Mauges Communauté réalisé entre 2018-2019.
13. SCoT de l'agglomération du Choletais 2019. Documentation d'orientation et d'objectif
14. SCoT du pays du Bocage Vendéen. Pièce n°3 : Document d'Orientation et d'Objectifs
15. Agglomération du Bocage Bressuirais. Mars 2017. SCoT 2017-2031 : Etat initial de l'environnement.
16. Agglomération du Bocage Bressuirais. Mars 2017. SCoT 2017-2031 : PADD
17. SCoT Nantes Saint Nazaire. Rapport de présentation 2. Etat initial de l'environnement
18. https://actu.fr/pays-de-la-loire/clisson_44043/loire-atlantique-ils-veulent-prelever-leau-des-rivieres-pour-protger-leurs-vignes-contre-le-gel_47402728.html
19. https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Pays_de_la_Loire/022_Inst-Pays-de-la-loire/RUBR-RD-innovation/Productions-vegetales/2020_ATV_TECH_Viti_Gel.pdf
20. Observatoire Régional sur l'Agriculture et le Changement climatique. 2019. Etat des lieux sur le changement climatique et ses incidences agricoles en région Pays de la Loire (https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Pays_de_la_Loire/2018/2018_ORACLE_PDL.pdf)

Pratiques d'irrigation

Au niveau national, on constate une évolution des systèmes d'irrigation utilisés, qui évoluent de l'irrigation gravitaire à la micro-irrigation (Tableau 121) [1].

Tableau 121: Nombre d'exploitations avec des surfaces irrigables et mode d'irrigation [1]

| | 1979 | 2010 |
|------------------------------------------------------|---------|--------|
| Nb exploitation avec surf irrigable | 148 948 | 80 542 |
| Pratiquant l'aspersion | 96215 | 63 865 |
| Pratiquant la micro irrigation | 4 241 | 20 481 |
| Pratiquant l'irrigation gravitaire | 48492 | 6 981 |
| Part des exploitations avec surface irrigable | | |
| % aspersion | 65% | 79% |
| % micro-irrigation | 3% | 25% |
| % irrigation gravitaire | 33% | 9% |

Pour représenter l'évolution de ces pratiques et de leur rendement, il nous est nécessaire de disposer d'un panorama des pratiques d'irrigation actuelles sur l'ensemble du bassin et de leur évolution passée et future. Faute d'information sur le bassin de la Sèvre Nantaise, il est difficile de mettre en place des scénarios qui risqueraient de modifier grandement les résultats du modèle sans fondements fiables.

Pratiques d'irrigation

Faute d'éléments concrets pour scénariser cette variable, aucun scénario d'évolution des pratiques d'irrigation n'est envisagé.

Sources

1. Agreste, Recensement agricole 2010 - Cultures et irrigation selon l'orientation technico-économique (https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-saiku/?plugin=true&query=query/open/G_0051#query/open/G_0051)

Pourcentage de surfaces irriguées

La surface irriguée est calculée en multipliant l'assolement par le taux de surfaces irriguées par culture. Dans le cadre de la phase 2 (Santos et al., 2023), les valeurs utilisées pour le taux de surfaces irriguées sont issues du RGA de 2010 (à l'échelle départementale). En se basant sur le Tableau 120 et l'annexe du rapport de phase de 1 du SDGRE 49, une augmentation des surfaces irriguées peut être envisagée.

Au niveau régional, la SAU française, qui a diminué de 3,46 % entre 2010 et 2020, a néanmoins vu son pourcentage de surfaces irriguées augmenter de 14,61 % (Figure 121) [1]. Toutes les régions n'observent pas les mêmes tendances, mais aucune d'entre elles ne voit leur surface irriguée diminuer [1]. Même en Nouvelle-Aquitaine, région déjà très concernée par l'irrigation avec un volume de prélèvement parmi les plus élevés (574 millions de m³ en 2019 d'après la BNPE), l'irrigation a augmenté de 2,79 % (Figure 121) [1]. Pour les Pays de la Loire, le pourcentage de SAU irriguée est en constante augmentation depuis 1970 (avec une légère baisse entre 2000 et 2010) [2][3] (Figure 122).

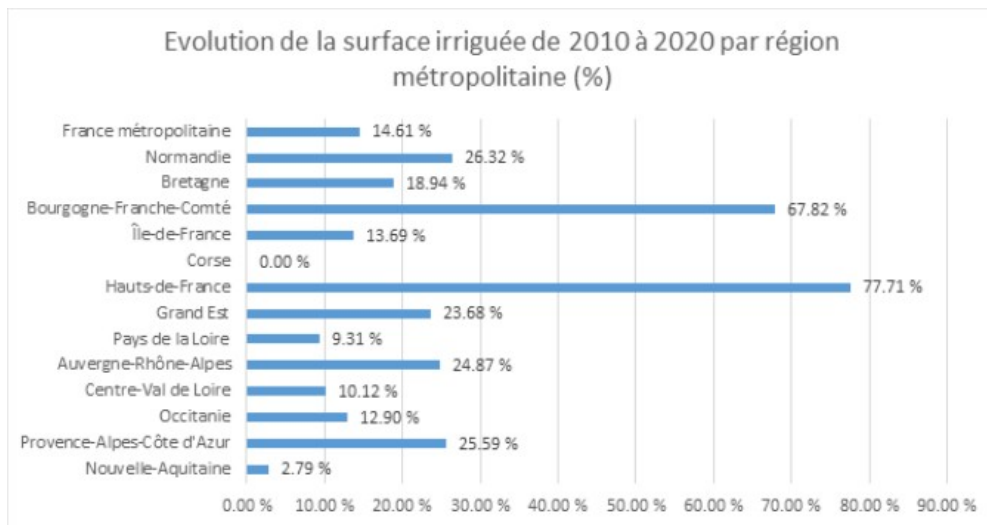


Figure 121: Evolution des surfaces irriguées entre 2010 et 2020 par région métropolitaine [1].

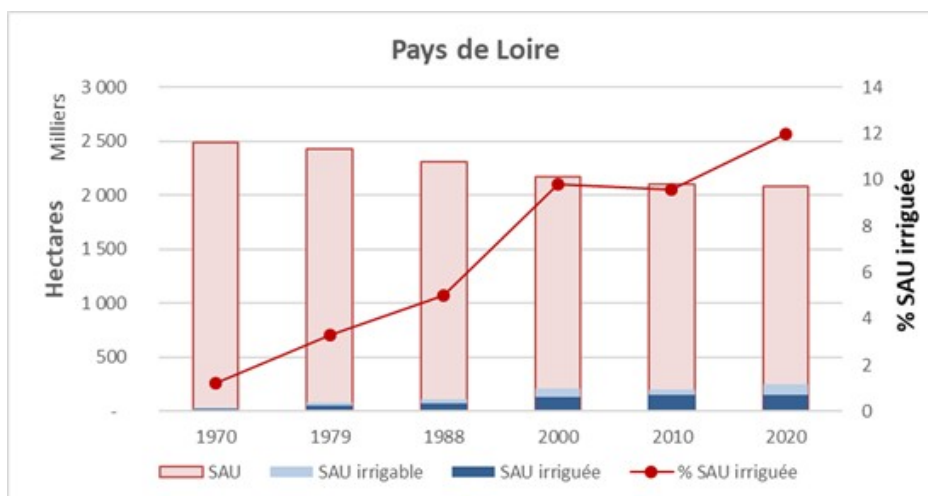


Figure 122: Pourcentage de SAU irriguée, hectare de SAU, de SAU irrigable et de SAU irriguée pour la région des Pays de la Loire (Source : [2][3])

En Maine-et-Loire, l'irrigation représente 10 % de la SAU (légumes, fruits, semences, pépinières, horticulture ornementale, cultures de vente, maïs, sorgho...) [5]. Sur les Deux-Sèvres, un Contrat Territorial Gestion Quantitative (CTGQ) de Thouet est en cours d'élaboration, porté et co-animé par les Chambres d'agriculture des Deux-Sèvres et des Pays de la Loire [6]. Dans la région des Pays de la Loire, l'irrigation représente 1,8 % de la pluie « efficace » (les autres usages représentent 3,2 % de la pluie efficace). Des possibilités de développement d'une irrigation « préventive » et/ou « de sécurisation » sont sans doute envisageables [7]. Dans un contexte très tendu et après un été aux conditions extrêmes, la Fédération des maraîchers de Loire-Atlantique interpelle l'État et demande un plan de l'irrigation [8]. Afin de différer les prélèvements (en hiver plutôt qu'en été) et éviter les risques de pénuries, des réserves de substitution collectives ont été construites dans la plaine du Sud-Vendée : on compte 25 réserves collectives pour un volume de stockage d'environ 11 Mm³ en 2020 [9].

La synthèse du SDGRE 49 fait état des évolutions futures "Sans effort sur les économies d'eau et sans limitation des prélèvements, le volume moyen annuel prélevé pour l'irrigation augmenterait, en Maine-et-Loire, de 2,2 Mm³ (+4 %) en 2030 et de 14,8 Mm³ (+28 %) en 2050 par rapport à aujourd'hui. Ceci serait dû à l'augmentation des surfaces irriguées en maïs fourrage (+10 % en 2030 et +15 % en 2050), en prairies irriguées (+5% en 2030 et +10 % en 2050) et en céréales à paille (+5 % en 2030 et +10 % en 2050) ainsi qu'à la hausse du nombre de tours d'eau, nécessaire pour contrer les effets du réchauffement climatique." Nous nous sommes donc appuyés sur ces chiffres (issus d'ateliers de concertation réalisés dans le cadre du SDGRE 49) pour définir les tendances d'évolution des surfaces irriguées à +5% en 2030, +10% en 2050 et +15% en 2070

Pourcentages de surfaces irriguées

Scénario constant

Pas d'évolution des pourcentages de surfaces irriguées.

Scénario tendanciel

Suite à la proposition du COTECH 6, les valeurs proposées par le SDGRE49 sont appliquées (+10 % d'ici à 2050, et par extrapolation +5 % d'ici 2030 et +15 % d'ici 2070).

Scénario alternatif

Suite à la proposition du COTECH 6, les valeurs proposées par le SDGRE49 sont appliquées (+10 % d'ici à 2050, et par extrapolation +5 % d'ici 2030 et +15 % d'ici 2070).

Sources

1. France Nature environnement. Mai 2022. Primo-analyse des données irrigation de la statistique agricole 2020 (source Agreste) (<https://ged.fne.asso.fr/silverpeas/LinkFile/Key/a3e04e41-3833-42bf-9a67-afcdcef5e7a6/Primo%20analyse%20chiffres%20d%E2%80%99irrigation%20par%20FNE.pdf>).
2. Agreste. Recensement agricole 2010 - Irrigation: Des surfaces irrigables en baisse à partir de 2000 (<https://agreste.agriculture.gouv.fr/agreste-web/disaron/Pri292/detail/>)
3. DRAAF Pays de la Loire (https://draaf.pays-de-la-loire.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/ra2020_resultats_def_presentation_pays_de_la_loire_29_09_2022_1diapo_par_page.pdf)
4. BRGM (<https://sigespal.brgm.fr/spip.php?article113>)
5. Observatoire de l'eau du Maine et Loire (<https://eau.maine-et-loire.fr/usages-de-leau/irriguer>)
6. Chambre de l'Agriculture des Deux-Sèvres (<https://deux-sevres.chambre-agriculture.fr/techniquesinnovations/irrigation/thouet/ctgq-thouet/>)
7. Chambre de l'Agriculture des Pays de Loire (<https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/notre-agriculture/reglementation/irrigation-et-restrictions/>)
8. https://actu.fr/pays-de-la-loire/la-planche_44127/maraichage-il-faut-un-grand-plan-de-irrigation_54107794.html
9. Observatoire de Vendée. Environnement, Eau, les usages de l'eau (<https://observatoire.vendee.fr/>)

4.1.4.3 Industries

De 1982 à 2013, les emplois en France ont augmenté de 20,6 %, mais avec une chute des effectifs dans trois grands secteurs d'emploi : l'agriculture, le bâtiment et la fabrication (-5 , -1 et -7 %, respectivement), en raison des gains de productivité, de la désindustrialisation et de la mondialisation [1]. La part de l'emploi total en France a augmenté pour les Pays de la Loire et la Nouvelle-Aquitaine de 0,1 à 0,6 % respectivement entre 1975 et 2013 [1]. Le dynamisme de ces régions résulte : i) de la croissance démographique motrice de créations d'emplois, ii) de l'attractivité résidentielle et touristique (région avec un solde migratoire positif) et iii) de la métropolisation (métropoles attractives) [1]. Enfin, les régions les plus touchées par les baisses d'emploi sont les régions avec de forts taux d'emploi dans l'agriculture et la fabrication, sans métropolisation pour compenser les pertes [1].

Les Pays de la Loire et la Nouvelle-Aquitaine font partie des régions hétérogènes, dont une partie du territoire (53 % et 61 %, respectivement) n'est pas concernée par la croissance [1]. Toutefois, la Sèvre Nantaise, hors commune de Bressuire, fait partie des territoires en croissance, notamment ceux de la région des Pays de la Loire (Figure 123). Le développement de Nantes peut permettre un développement des territoires voisins (il existe aujourd'hui 7 zones d'emploi connectées à Nantes), mais sans qu'une corrélation nette ne puisse être identifiée [1]. Les interactions entre territoires sont complexes et difficiles à définir [1]. Les régions les plus dynamiques sont les régions à forte attractivité résidentielle [1]. Les régions qui pâtissent le moins des baisses d'emplois de l'agriculture et de la fabrication sont celles comme Nantes qui ont bénéficié d'une forte hausse des emplois de cadre de la fonction métropolitaine [1]. Aujourd'hui, les Pays de la Loire et notamment la Vendée sont des zones dont le dynamisme est essentiellement lié à l'industrie (Zone d'emploi surreprésentée dans l'industrie) et le tertiaire (Tableau 122 et Figure 124) [1].

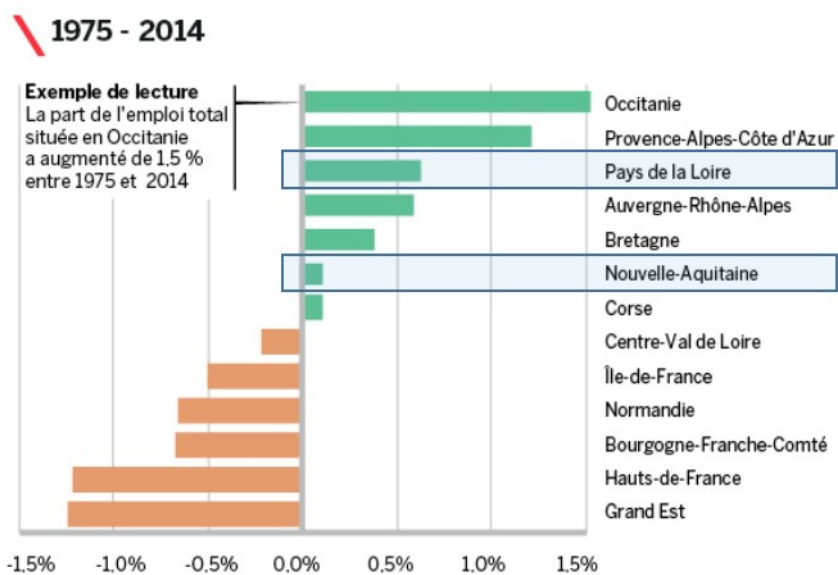


Figure 123: Evolution du poids des régions dans le total des emplois [4]

Tableau 122: Répartition de l'emploi par secteur en 2019 en % [2]

| | Pays de la Loire | Nouvelle-Aquitaine |
|------------------------|------------------|--------------------|
| Agriculture | 3 | 4 |
| Industrie | 16 | 12 |
| Construction | 7 | 7 |
| Tertiaire marchand | 46 | 45 |
| Tertiaire non marchand | 28 | 32 |

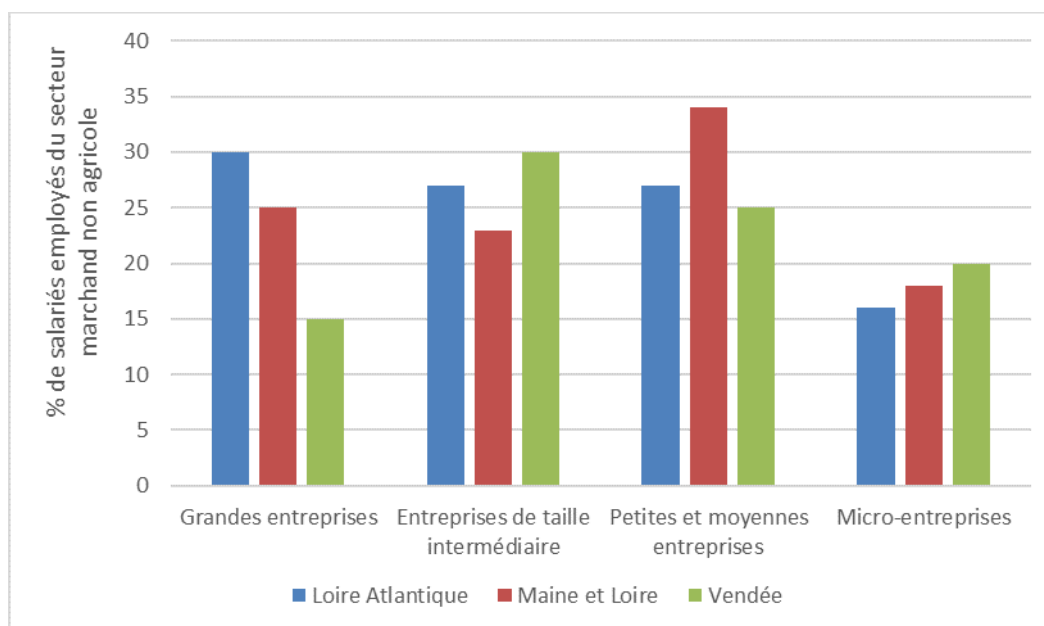


Figure 124: Salariés employés par type d'entreprise dans le secteur marchand non agricole (en pourcentage) [3]

Par opposition aux 30 années passées, il est aujourd'hui communément admis que relocaliser l'industrie en France est vital pour notre économie et sa résilience [4]. La compétitivité de l'industrie va être développée avec deux leviers plus ou moins activés suivant les scénarios : un nouveau modèle industriel privilégiant la qualité à la quantité et fondé sur l'économie circulaire, ou un modèle plus quantitatif, mais avec des procédés et des énergies décarbonés [4]. Dans tous les cas, la production industrielle sera en baisse, soit en raison de la sobriété des consommateurs, soit par soucis d'efficacité énergétique et de décarbonation [4]. Ces évolutions doivent s'accompagner : i) de plans d'investissements de grande ampleur, avec pour facteurs clés de la compétitivité l'efficacité énergétique et la décarbonation ; ii) de politiques d'emplois-formations ambitieuses et d'accompagnement des territoires touchés par les mutations industrielles [4].

La Sèvre Nantaise est une région dynamique économiquement. Il existe un complexe agro-alimentaire (agriculture et industrie agro-alimentaire) très présent dans l'économie du territoire [5].

Industries

Scénario constant

Les emplois se maintiennent dans les différents secteurs aux taux actuels. Les industries actuellement présentes sur le bassin de la Sèvre Nantaise sont maintenues et continuent leur activité à un niveau constant et avec une efficacité sur l'utilisation de l'eau constante.

Scénario tendanciel

La Sèvre Nantaise est dans une région dynamique et montre une hausse des emplois, « la population suit l'emploi et l'emploi suit la population », malgré les pertes liées à l'agriculture et à la fabrication. La dynamique économique de la Sèvre Nantaise est principalement liée à l'industrie et à l'attractivité résidentielle (solde migratoire positif). La pluralité de pratiques participe à développer de nouvelles activités liées à l'agriculture (vente en circuits-courts, production d'énergie, hébergement touristique...) en complément de celles plus traditionnelles (élevages, cultures) [5]. Une légère augmentation de l'activité industrielle est notée (+1 %, +2 % et +3 % à l'horizon 2030, 2050 et 2070, respectivement). En lien avec les incitations institutionnelles et les progrès technologiques, pour une même tâche, l'efficacité des procédés vient réduire la consommation d'eau de 2 %, 4 % et 6 %, respectivement.

Scénario alternatif

L'industrie doit produire mieux et être efficace énergétiquement et en termes de consommation en eau pour rester compétitive. Une légère augmentation de l'activité industrielle est là aussi notée (+1 %, +2 % et +3 % à l'horizon 2030, 2050 et 2070, respectivement). De manière plus forte que pour le scénario tendanciel, pour une même tâche, l'efficacité des procédés vient réduire la consommation d'eau de 4 %, 6 % et 8 %, respectivement.

Sources

1. FNAU : Dynamiques territoriales des régions et de leurs territoires depuis 40 ans : quelles divergences ? Juin 2018 (<https://www.fnau.org/wp-content/uploads/2018/07/fnau-43-dynamiques-bd.pdf>)
2. INSEE. 2019. (<https://www.insee.fr/fr/statistiques/5039927?sommaire=5040030#tableau-figure3>)
3. INSEE. Etudes. Pays de Loire. Avril 2013. Pays de Loire : une forte présence des entreprises de taille intermédiaire. (<https://www.insee.fr/fr/statistiques/1291066>)
4. ADEME. « Transition(s) 2050. Choisir maintenant. Agir pour le climat » (<https://data-transitions2050.ademe.fr/datasets/productions-industrielles-g28>)
5. Mauges communauté. Bilan du SCoT Mauges Communauté réalisé entre 2018-2019.

4.1.5 Narratif des trois scénarios

Les narratifs des trois scénarios envisagés pour l'étude HMUC tentent de mettre en cohérence les futurs du territoire au regard des différentes variables nécessaires à la modélisation.

4.1.5.1 Scénario constant

Ce scénario considère une image figée du bassin versant de la Sèvre Nantaise et de ses usages de l'eau. Par conséquent, il servira de point de repère afin de disposer d'une mise en situation théorique du bassin versant dans un futur impacté par le changement climatique. Même si l'ensemble des variables est considéré comme constant, le changement climatique impactera, par exemple, la ressource en eau ainsi que la demande en eau des plantes.

4.1.5.2 Scénario tendanciel

Le bassin de la Sèvre Nantaise est un des rares territoires métropolitains à voir sa population augmenter jusqu'en 2059, grâce aux flux migratoires relatifs à son attractivité. Au-delà de 2059, l'excédent migratoire ne compense plus le déficit naturel qui s'accroît ; la population stagne. Il existe toujours des disparités d'évolution de population au sein du territoire de la Sèvre Nantaise. Les pôles principaux montrent un taux de croissance supérieur aux pôles secondaires, qui eux-mêmes montrent un taux de croissance supérieur au reste du territoire. L'attractivité des territoires les plus dynamiques augmente, alors que celle des moins dynamiques diminue. Ainsi la population augmente entre 0 et 0,5 %/an jusqu'en 2059 suivant les communes considérées, puis stagne entre 2059 et 2070.

L'alimentation en eau potable augmente en conséquence. Elle est peu perturbée par la consommation unitaire, qui dans ce scénario est stable jusqu'en 2070 (autour de 152 l/hab./j). Elle est un peu plus importante en zone rurale (50 l/hab./j de plus par rapport à la moyenne) et un peu moins en zone urbaine (50 l/hab./j de moins par rapport à la moyenne). Les taux de transferts inter-bassins actuels pour l'AEP sont conservés sauf pour Vendée Eau qui passera à un potentiel de 20 000 m³/j à terme.

La Sèvre Nantaise maintient la prépondérance de l'assainissement non collectif en périurbain et rural peu dense, conservant les installations d'assainissement collectif et non collectif actuel. Les volumes rejetés par l'assainissement collectif n'évoluent qu'en conséquence de l'évolution de population, sans projet de construction de nouvelles stations de traitement. .

Le consommateur se tourne aujourd'hui vers moins de viande. Il consomme des viandes moins chères telles que la volaille et le porc ou de haute qualité. Les pratiques de l'élevage sont orientées par les demandes sociétales de respect du bien-être animal et de l'environnement. Les cheptels bovins (hors cheptel de veaux de boucherie) et porcins tendent à diminuer, ainsi que le cheptel volaille en raison des épisodes de grippe aviaire. Ces évolutions sont considérées uniformes sur le territoire. La consommation en eau bue par tête des cheptels bovins, porcins et aviaires n'évolue pas malgré le changement climatique. De même, la part de l'AEP dans la consommation du cheptel reste constante.

De manière similaire au reste de la France, la SAU diminue au profit de l'artificialisation (-0,2 %/an). L'assolement évolue avec une diminution de la vigne et du fourrage et une augmentation des grandes cultures (blé, maïs et colza), et du maraîchage (10 % sur 10 ans). L'aspersion viticole est mise en place lors des épisodes de gel fort.

La Sèvre Nantaise est dans une région dynamique avec une hausse des emplois, « la population suit l'emploi et l'emploi suit la population », malgré les pertes liées à l'agriculture et à la fabrication. La dynamique économique de la Sèvre Nantaise est principalement liée à l'industrie et à l'attractivité résidentielle (solde migratoire positif). La pluralité de pratiques participe à

développer de nouvelles activités liées à l'agriculture (vente en circuits-courts, production d'énergie, hébergement touristique...) en complément de celles plus traditionnelles (élevages, cultures). Une légère augmentation de l'activité industrielle est notée. En lien avec les incitations institutionnelles et les progrès technologiques, pour une même tâche, l'efficacité des procédés vient réduire la consommation d'eau.

4.1.5.3 Scénario alternatif

Des actions volontaristes sont mises en place pour augmenter l'attractivité des territoires et maintenir l'évolution positive ou à minima neutre de la population. Les communautés de communes accentuent le développement sur les pôles principaux et secondaires (développement des transports, du logements, développement des équipements intermédiaires pour les pôles principaux et secondaires, développement du numérique sur l'ensemble du territoire, etc.). Les communes plus rurales préservent leurs valeurs patrimoniales et cadre de vie avec la protection des bocages par exemple et développent les équipements de proximité en centre-bourg. Les pôles principaux montrent un taux de croissance supérieur aux pôles secondaires, qui eux-mêmes montrent un taux de croissance supérieur au reste du territoire. Dans le scénario alternatif le taux de croissance de la population est supérieur à ce qu'il est pour le scénario tendanciel (entre 0 et 0,5 %/an jusqu'en 2059, puis 0 %/an jusqu'en 2070).

Un plan de sécurisation de l'AEP est mis en place sur l'ensemble de la Sèvre Nantaise. Ce plan peut prendre différents aspects en fonction des territoires concernés, notamment des actions de sensibilisation auprès des usagers pour l'économie d'eau. Ainsi, on considérera une baisse de la consommation unitaire ; stable jusqu'en 2040, elle diminue de -1,0 %/an entre 2040 et 2050, puis se stabilise de nouveau jusqu'en 2070 (ce qui fait passer la consommation unitaire de 150 l/hab./j en 2040 à 135 l/hab./j en 2050) . Cette tendance est appliquée à des consommations unitaires différenciées selon les zones selon le même schéma que pour le scénario tendanciel. Les transferts inter-bassins sont les mêmes que pour le scénario tendanciel (inchangés, sauf pour Vendée Eau qui passe à un transfert maximal de 20 000 m³/j).

Les installations d'assainissement collectif restent inchangées, tout comme pour le scénario tendanciel. La GIEP et la création de réseaux séparatifs sont mis en place ce qui permet de diminuer de manière drastique les volumes d'eau traitées en STEP.

Dans un contexte de croissance économique retrouvée, des solutions sont co-construites entre éleveurs et citoyens pour relever les défis climatiques et sociétaux. Pour le maintien de son cheptel bovin (aussi pour l'attractivité de son paysage agricole et le maintien des bocages), porcin et aviaire, la Sèvre Nantaise engage des actions pour le développement de la consommation vers les produits locaux de qualité environnementale forte (soutien aux démarches vertes et aux circuits courts, augmentation du pourcentage d'élevage biologique, labellisation et autre, bien-être animal, gestion de l'eau), l'adéquation des prix avec des exigences croissantes au niveau du mode de production, la mise en œuvre de plans d'accompagnement financier et technique pour soutenir l'adaptation des élevages aux enjeux climatique (transformation des bâtiments pour diminuer l'impact des journées de forte chaleur sur les animaux), le dialogue avec la société (communiquer sur les actions engagées par la filière, en particulier au niveau environnemental et sociétal) et l'amélioration de la compétitivité. Maintenir une production régionale dynamique, ancrée sur le territoire, rentable économiquement et acceptée par la société implique aussi pour la filière de

renouveler les éleveurs et salariés en exploitation (départ à la retraite important, attraction faible pour le métier), ou une contractualisation pour sécuriser le revenu des éleveurs.

Les élevages bénéficient d'un accompagnement soutenu pour atteindre la neutralité carbone en 2050. Les consommateurs deviennent plus exigeants et plus riches et les investissements sont importants. Néanmoins, les cheptels bovins, porcins et de volaille sont réduits, alors que seul le cheptel volaille augmente. Ces évolutions sont considérées uniformes sur le territoire. La consommation en eau bue par tête des cheptels bovins, porcins et aviaires n'évolue que lors des journées de forte chaleur (supérieure en moyenne journalière à 30 °C). De même, la part de l'AEP dans la consommation du cheptel reste constante.

De manière globale la SAU n'évolue pas ; l'artificialisation est maîtrisée grâce aux différents programmes mis en place par les communes et les régions. En revanche, l'assolement évolue ; le blé est en partie substitué par l'orge, et le maïs par le sorgho, à raison de 0,5 % par an. Le pourcentage de surfaces irriguées augmente avec le temps ; de 5, 10 et 15 % pour les horizons 2030, 2050 et 2070 respectivement. L'aspersion est pratiquée lors de certaines périodes de gel. L'industrie doit produire mieux et être efficace énergétiquement et en termes de consommation en eau pour rester compétitive. Une légère augmentation de l'activité industrielle est notée. De manière plus forte que pour le scénario tendanciel, pour une même tâche, l'efficacité des procédés vient réduire la consommation d'eau.

4.1.6 Récapitulatif des scénarios

Les tableaux suivants viennent rappeler les chiffres proposés pour les différents scénarios pour les variables d'intérêt pour la modélisation mise en place. Ces chiffres ont été ajustés suite aux ateliers. Les données de référence sont celles présentées dans le rapport de Phase 2 (Santos et al., 2023).

4.1.6.1 Récapitulatif du scénario constant

| Sous-thématique | Echelle spatiale | Unité | Année de référence | Evolution - 2030 | Evolution - 2050 | Evolution - 2070 |
|-------------------------------------------------|-------------------|---------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|
| AEP & Assainissement | | | | | | |
| Population | BV Sèvre Nantaise | % d'évolution | 2020 | Inchangé | | |
| | Pôles principaux | | | Inchangé | | |
| | Pôles secondaires | | | Inchangé | | |
| | Reste | | | Inchangé | | |
| Consommation par habitant | BV Sèvre Nantaise | % d'évolution | 2020 | Inchangé | | |
| Rendements des réseaux | BV Sèvre Nantaise | % d'évolution | 2020 | Inchangé | | |
| Taux d'assainissement collectif / non collectif | BV Sèvre Nantaise | Taux | 2020 | Inchangé | | |
| Transferts interbassins | | | | Inchangés | | |

| Sous-thématique | Echelle spatiale | Unité | Année de référence | Evolution 2030 | Evolution 2050 | Evolution 2070 |
|-------------------------------------|-------------------|----------------------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
| Agriculture | | | 2020 | | | |
| Cheptels | | | | | | |
| Vaches laitières | BV Sèvre Nantaise | % d'évolution du nombre de têtes | | | Inchangé | |
| Vaches allaitantes | | | | | Inchangé | |
| Veaux | | | | | Inchangé | |
| Porcins | | | | | Inchangé | |
| Volailles | | | | | Inchangé | |
| Conso par tête | BV Sèvre Nantaise | l/jour/tête | | | Inchangé | |
| Part de consommation issue de l'AEP | BV Sèvre Nantaise | Taux | | | Inchangé | |

| Sous-thématique | Echelle spatiale | Unité | Année de référence | 2030 | 2050 | 2070 |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------|------|-------------|------|
| Agriculture | | | 2000 | | | |
| Surface Agricole Utile | BV de la Sèvre Nantaise | % d'évolution | | | Inchangé | |
| Assolements | BV de la Sèvre Nantaise | Types de cultures | | | Inchangé | |
| Aspersion de la vigne | BV de la Sèvre Nantaise | | | | Inexistante | |
| Pratiques d'irrigation | BV de la Sèvre Nantaise | | | | Inchangé | |
| Pourcentage de surfaces irriguées | BV de la Sèvre Nantaise | | | | Inchangé | |

| Sous-thématique | Echelle spatiale | Unité | Année de référence | Evolution - 2030 | Evolution - 2050 | Evolution - 2070 |
|------------------------------|-------------------|---------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|
| Industrie | | | | | | |
| Activité industrielle | BV Sèvre Nantaise | % d'évolution | 2020 | Inchangé | Inchangé | Inchangé |
| Consommation unitaire en eau | BV Sèvre Nantaise | % d'évolution | 2020 | Inchangé | Inchangé | Inchangé |

4.1.6.2 Récapitulatif du scénario tendanciel

| Sous-thématique | Echelle spatiale | Unité | Année de référence | Evolution - 2030 | Evolution - 2050 | Evolution - 2070 |
|-------------------------------------------------|-------------------|---------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|
| AEP & Assainissement | | | | | | |
| Population | BV Sèvre Nantaise | % d'évolution | 2020 | Entre 0 et 0,5 %/an entre 2023 et 2059 selon une tendance linéaire et de 0 %/an entre 2059 et 2070 | | |
| | Pôles principaux | | | +0,1 % par rapport à la moyenne BV Sèvre Nantaise (secteur de Montaigu +0,2 %) | | |
| | Pôles secondaires | | | Comme à l'échelle du bassin versant | | |
| | Reste | | | -0,1 % par rapport à la moyenne BV Sèvre Nantaise | | |
| Consommation par habitant | BV Sèvre Nantaise | % d'évolution | 2020 | Stabilisation (152 l/hab./j en moyenne, + 50l/hab./j en zone rurale et -50 l/hab./j en zone urbaine) | | |
| Rendements des réseaux | BV Sèvre Nantaise | % d'évolution | 2020 | +0,013 %/an | | |
| Taux d'assainissement collectif / non collectif | BV Sèvre Nantaise | Taux | 2020 | Population arrivante reliée à l'assainissement collectif | | |
| Transferts interbassins | | | | Inchangés (sauf Vendée Eau qui passera à un potentiel de 20 000 m ³ /j à terme concernant l'importation depuis Basse-Goulaine) | | |

| Sous-thématique | Echelle spatiale | Unité | Année de référence | Evolution 2030 | Evolution 2050 | Evolution 2070 |
|-------------------------------------|-------------------|----------------------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
| Agriculture | | | 2020 | | | |
| Cheptels | BV Sèvre Nantaise | % d'évolution du nombre de têtes | | | | |
| Vaches laitières | | | | -0,6 % par an | | |
| Vaches allaitantes | | | | -2,0 % par an | | |
| Veaux | | | | -0,7 % par an | | |
| Porcins | | | | -0,4 % par an | | |
| Volailles | | | | -2,0 % par an | | |
| Conso par tête | BV Sèvre Nantaise | l/jour/tête | | Inchangé | | |
| Part de consommation issue de l'AEP | BV Sèvre Nantaise | Taux | | Inchangé | | |

| Sous-thématique | Echelle spatiale | Unité | Année de référence | 2030 | 2050 | 2070 |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Agriculture | | | 2000 | | | |
| Surface Agricole Utile | BV de la Sèvre Nantaise | % d'évolution | | -0,2 % par an | | |
| Assolements | BV de la Sèvre Nantaise | Types de cultures | | Diminution de 10 % sur 10 ans de la vigne, du fourrage, remplacée par blé, maïs, colza et maraîchage (à parts égales et selon ce qui était déjà présent autour du point de prélèvement) | | |
| Aspersion de la vigne | BV de la Sèvre Nantaise | | | Mise en place sur 50 % de la vigne | | |
| Pratiques d'irrigation | BV de la Sèvre Nantaise | | | Inchangé | | |
| Pourcentage de surfaces irriguées | BV de la Sèvre Nantaise | | | +5 % par rapport à l'actuel | +10 % par rapport à l'actuel | +15 % par rapport à l'actuel |

| Sous-thématique | Echelle spatiale | Unité | Année de référence | Evolution - 2030 | Evolution - 2050 | Evolution - 2070 |
|------------------------------|-------------------|---------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|
| Industrie | | | | | | |
| Activité industrielle | BV Sèvre Nantaise | % d'évolution | 2020 | +1 % | +2 % | +3 % |
| Consommation unitaire en eau | BV Sèvre Nantaise | % d'évolution | 2020 | -2 % | -4 % | -6 % |

4.1.6.3 Récapitulatif du scénario alternatif

| Sous-thématique | Echelle spatiale | Unité | Année de référence | Evolution - 2030 | Evolution - 2050 | Evolution - 2070 |
|-------------------------------------------------|-------------------|---------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|
| AEP & Assainissement | | | | | | |
| Population | BV Sèvre Nantaise | % d'évolution | 2020 | Entre 0 et 0,5 %/ an entre 2023 et 2059 selon une tendance linéaire et de 0 %/an entre 2059 et 2070 | | |
| | Pôles principaux | | | +0,2 % par rapport à la moyenne BV Sèvre Nantaise | | |
| | Pôles secondaires | | | Comme à l'échelle du bassin versant | | |
| | Reste | | | -0,2 % par rapport à la moyenne BV Sèvre Nantaise | | |
| Consommation par habitant | BV Sèvre Nantaise | % d'évolution | 2020 | Stabilisation, -1,0 %/an entre 2040 et 2050 , puis stabilisation (ce qui fait passer de 150 en 2040 à 135 l/hab/j en 2050) | | |
| Rendements des réseaux | BV Sèvre Nantaise | % d'évolution | 2020 | +0,08 %/an | | |
| Taux d'assainissement collectif / non collectif | BV Sèvre Nantaise | Taux | 2020 | Population arrivante reliée à l'assainissement collectif | | |
| Transferts interbassins | | % d'évolution | 2020 | Inchangés (sauf Vendée Eau qui passera à un potentiel de 20 000 m ³ /j à terme concernant l'importation depuis Basse-Goulaine) | | |

| Sous-thématique | Echelle spatiale | Unité | Année de référence | Evolution 2030 | Evolution 2050 | Evolution 2070 |
|-------------------------------------|-------------------|----------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Agriculture | | | 2020 | | | |
| Cheptels | BV Sèvre Nantaise | % d'évolution du nombre de têtes | | | | |
| Vaches laitières | | | | -0,6 % par an | | |
| Vaches allaitantes | | | | -1,4 % par an | | |
| Veaux | | | | -0,7 % par an | | |
| Porcins | | | | -0,5 % par an | | |
| Volailles | | | | -1,4 % par an | | |
| Conso par tête | BV Sèvre Nantaise | l/jour/tête | | Inchangé (sauf pendant les épisodes de températures moyennes journalières supérieures à 30 °C) | | |
| Part de consommation issue de l'AEP | BV Sèvre Nantaise | Taux | | +5 % par rapport à l'actuel | +10 % par rapport à l'actuel | +20 % par rapport à l'actuel |

| Sous-thématique | Echelle spatiale | Unité | Année de référence | 2030 | 2050 | 2070 |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Agriculture | | | 2000 | | | |
| Surface Agricole Utile | BV Sèvre Nantaise | % d'évolution | | Inchangé | | |
| Assolements | BV Sèvre Nantaise | Types de cultures | | Le blé est en partie substitué par l'orge, et le maïs par le sorgho, à raison de 0.5 % par an | | |
| Aspersion de la vigne | BV Sèvre Nantaise | | | Mise en place sur 50 % de la vigne | | |
| Pratiques d'irrigation | BV Sèvre Nantaise | | | Inchangés (Développement des cultures sous abris et micro-irrigation) | | |
| Pourcentage de surfaces irriguées | BV Sèvre Nantaise | | | +5 % par rapport à l'actuel | +10 % par rapport à l'actuel | +15 % par rapport à l'actuel |

| Sous-thématique | Echelle spatiale | Unité | Année de référence | Evolution - 2030 | Evolution - 2050 | Evolution - 2070 |
|------------------------------|-------------------|---------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|
| Industrie | | | | | | |
| Activité industrielle | BV Sèvre Nantaise | % d'évolution | 2020 | +1 % | +2 % | +3 % |
| Consommation unitaire en eau | BV Sèvre Nantaise | % d'évolution | 2020 | -4 % | -6 % | -8 % |

4.2 Modélisation des usages

Le modèle hydrologique utilisé pour les phases 1 et 2 de l'étude intégrait des observations (ou, à défaut, des extrapolations) de chroniques de prélèvements et de rejets. Ces observations d'usages ont été intégrées au modèle afin de simuler un débit désinfluencé. Dans le cadre de cette phase 3, néanmoins, ce procédé n'est pas applicable car aucune observation d'usage n'est disponible sur l'entièreté de la période de simulation. C'est, en particulier, le cas pour la période future (après 2023) et pour la période de référence que nous prendrons en compte (1976-2005). Cette période de référence correspond à la période historique communes aux modèles climatiques utilisés. Cela signifie que les modèles n'utilisent comme forçage des émissions observées que sur cette période. Au-delà, il s'agit de scénarios d'émissions (les RCP). **La mise en place de modèles permettant de représenter les usages de l'eau (prélèvements et rejets), que l'on appellera modèles d'usages, est donc nécessaire pour réaliser les simulations nécessaires sur l'ensemble de la période 1976-2100.**

Les modèles ont pour but de simuler une demande en eau ainsi que les rejets pour chacun des usages considérés en fonction de variables les influençant, et qui correspondent aux variables utilisées pour décrire les trois scénarios d'évolution future des usages. Par exemple, la demande en eau pour les prélèvements en eau potable et les rejets des STEPs dépendra, entre autres, de la population des communes alimentées. Pour vérifier que ces modèles d'usages sont réalistes, dans un premier temps, une vérification des volumes prélevés dans les modèles est effectuée sur la période 2008-2020 pour laquelle des informations d'usages sont disponibles. A cet effet, les volumes d'usages observés et extrapolés au cours de la phase 2 de l'étude sont comparés aux volumes modélisés par les modèles d'usages sur cette période. Une comparaison de l'hydrologie modélisée en utilisant les usages observés et extrapolés et de l'hydrologie modélisée en utilisant les usages modélisés, est aussi effectuée. L'objectif de ces comparaisons est de **valider ces modèles d'usages** et de comprendre à quel point les modèles d'usages apportent une modification de la modélisation de l'hydrologie. **Cependant, il est illusoire de reproduire précisément les prélèvements et rejets journaliers en raison des incertitudes fortes de ces données observées, voire le plus souvent de leur inexistence, comme on l'a vu dans les phases précédentes du projet. Ainsi, on cherchera principalement à représenter les ordres de grandeur aux pas de temps saisonnier ou annuel pour leur évaluation.**

Par la suite, on détaille chaque modèle d'usages (i.e. de demande en eau, voire de rejets le cas échéant), les variables d'entrée nécessaires, ainsi que les variables de sortie simulées. Lorsque l'on mettra en œuvre les modèles pour les projections sur la période (1976-2100), alors seulement on utilisera les valeurs déterminées par les scénarios (cf Section 4.1.6).

4.2.1 Modèle de demande en eau pour l'abreuvement

Le modèle de demande en eau pour l'abreuvement est très similaire à ce qui avait été fait pour extrapoler les données lors de la Phase 2. En effet, il existait très peu de données de volumes prélevés pour l'abreuvement. Le calcul s'était donc basé sur les cheptels par communes et sur la consommation journalière de chacun des types de bétails. Ce modèle est reproduit pour la phase 3. Les variables utilisées en entrée du modèle sont les suivantes :

- cheptels de chaque espèce pour toutes les communes (en nombre de têtes),
- consommation par tête selon le type de bétail ($\text{m}^3 \text{j}^{-1}$),
- taux de prélèvement dans le réseau AEP (%),
- variabilité intra annuelle de la consommation (sans unité).

Pour la période historique (1976-2020), ces variables d'entrée sont égales à la moyenne des valeurs annuelles utilisées lors de la phase 2. Pour la période future (2021-2100), l'évolution de ces variables est calculée selon le scénario appliqué.

Les variables de sortie du modèle sont les suivantes :

- demande journalière pour l'abreuvement dans le réseau AEP par commune ($\text{m}^3 \text{j}^{-1}$),
- demande journalière pour l'abreuvement dans le milieu naturel par commune et par sous-bassin ($\text{m}^3 \text{j}^{-1}$).

Ainsi, pour chaque jour, les équations suivantes sont appliquées :

$$V_{abreu, AEP}(C, j) = \sum_{i=\text{type bétail}} \text{Chept}_i(i, C, y) * \text{Cons}_i(i, y) * \text{RatAEP}_i(i, y) * \text{RatDay}(j)$$

$$V_{abreu, mil}(C, j) = \sum_{i=\text{type bétail}} \text{Chept}_i(i, C, y) * \text{Cons}_i(i, y) * (1 - \text{RatAEP}_i(i, y)) * \text{RatDay}(j)$$

Avec $V_{abreu, AEP}(C, j)$ et $V_{abreu, mil}(C, j)$ les volumes journaliers demandés pour l'abreuvement pour la commune C au jour j , respectivement dans le réseau AEP et le milieu (en $\text{m}^3 \text{j}^{-1}$), $\text{Chept}_i(i, C, y)$ le cheptel de l'espèce i dans la commune C durant l'année y dans laquelle est le jour j (sans unité), $\text{Cons}_i(i, y)$ la consommation journalière par tête de l'espèce i durant l'année y (en $\text{m}^3 \text{j}^{-1}$), $\text{RatAEP}_i(i, y)$ le taux de prélèvement dans le réseau AEP pour abreuver l'espèce i durant l'année y (sans unité) et $\text{RatDay}(j)$ le taux de prélèvement pour le jour j selon la période de l'année.

Dans le cas du volume $V_{abreu, mil}(C, j)$, le volume est réparti en fonction du sous-bassin dans lequel se situe la commune.

On constate sur la Figure 125 que les volumes annuels de prélèvement pour l'abreuvement simulés par le modèle d'usage mis en place sont très proches des volumes observés à notre disposition pour

2008-2020. Même si les variations de volumes sont faibles sur cette période, on note que la diminution sur les années les plus récentes est bien reproduite par le modèle.

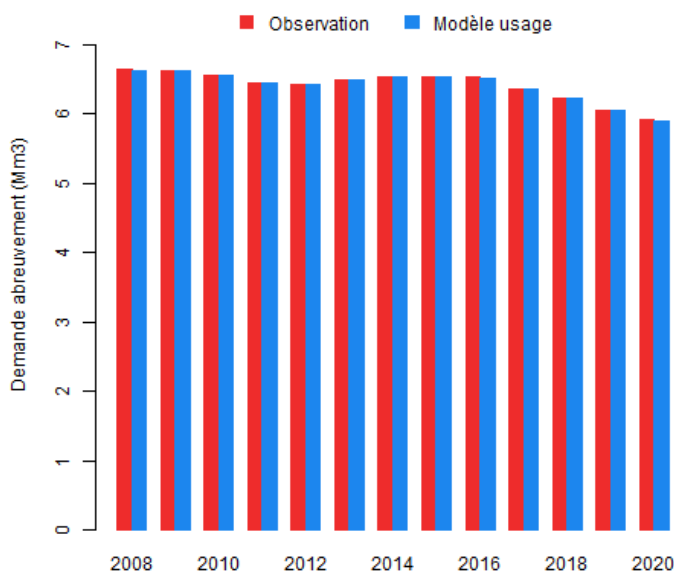


Figure 125 : Volumes annuels prélevés simulés en millions de m³ pour l'abreuvement à l'échelle du bassin versant entre 2008 et 2020

4.2.2 Modèle de demande en eau pour l'industrie

Ce modèle a pour but de représenter le volume d'eau nécessaire pour l'industrie. Les variables de ce modèle se décomposent comme ceci :

- Variables d'entrée :
 - demande totale annuelle de prélèvement et de rejet par industrie du bassin,
 - ratio entre prélèvement dans le milieu et dans le réseau AEP pour chaque industrie,
 - ratio entre rejet dans le milieu et dans le réseau d'assainissement collectif pour chaque industrie,
 - répartition journalière dans l'année.
- Variables de sortie :
 - demande journalière de prélèvement dans le milieu, le réseau d'AEP,
 - rejets dans le milieu et le réseau d'assainissement collectif.

Ainsi, pour chaque jour, les équations suivantes sont appliquées :

$$V_{ind,AEP}(j) = \sum_{i=industrie} Demande_{ind}(i, y) * RatAEP2(i, y) * RatDay2(j)$$

$$V_{ind,mil}(j) = \sum_{i=industrie} Demande_{ind}(i, y) * (1 - RatAEP2(i, y)) * RatDay2(j)$$

Avec $V_{ind,AEP}(j)$ et $V_{ind,mil}(j)$ les volumes journaliers demandés pour l'industrie au jour j , respectivement dans le réseau AEP et le milieu (en $m^3 j^{-1}$), $Demande_{ind}(i, y)$ la demande de l'industrie i durant l'année y dans laquelle est le jour j (sans unité), $RatAEP2(i, y)$ le taux de prélèvement dans le réseau AEP pour l'industrie i durant l'année y (sans unité) et $RatDay2(j)$ le taux de prélèvement pour le jour j selon la période de l'année.

Dans le cas du volume $V_{ind,mil}(j)$, le volume est réparti en fonction du sous-bassin dans lequel se situe la commune.

Concernant les rejets, pour chaque jour, les équations suivantes sont appliquées :

$$Rejet_{ind,AEP}(j) = \sum_{i=industrie} Rejet_{ind}(i, y) RatAEP3(i, y) RatDay2(j)$$

$$Rejet_{ind,mil}(j) = \sum_{i=industrie} Rejet_{ind}(i, y) (1 - RatAEP3(i, y)) RatDay2(j)$$

Avec $Rejet_{ind,AEP}(j)$ et $Rejet_{ind,mil}(j)$ les volumes journaliers rejetés pour l'industrie au jour j , respectivement dans le réseau AEP et le milieu (en $m^3 j^{-1}$), $Rejet_{ind}(i, y)$ le rejet de l'industrie i durant l'année y dans laquelle est le jour j (sans unité), $RatAEP3(i, y)$ le taux de rejet dans le réseau AEP pour l'industrie i durant l'année y (sans unité) et $RatDay2(j)$ le taux de rejet pour le jour j selon la période de l'année.

Dans le cas du volume $Rejet_{ind,mil}(j)$, le volume est réparti en fonction du sous-bassin dans lequel se situe la commune.

On observe sur la Figure 126 que les volumes annuels de prélèvement pour l'industrie simulés par le modèle d'usage mis en place sont assez proches des volumes observés à notre disposition pour 2008-2020. Des variations annuelles de volumes sont visibles sur cette période, et malgré de légères différences entre observations et simulations, on note que la variabilité d'une année sur l'autre est très bien représentée par le modèle. Les rejets simulés ne sont pas montrés car ils sont très similaires aux prélèvements.

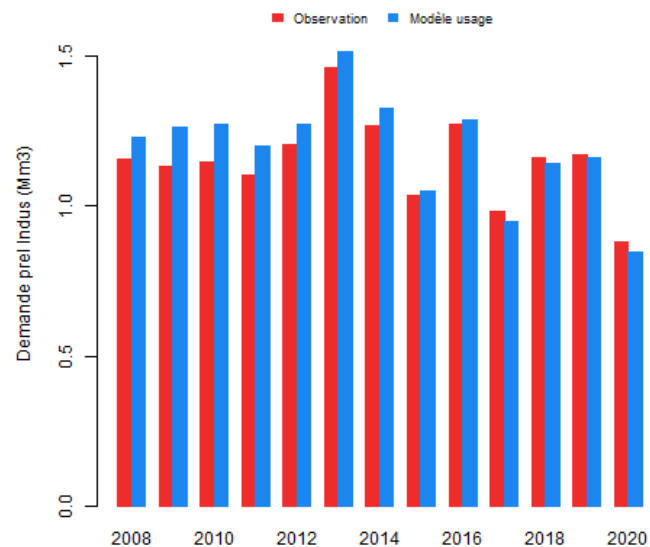


Figure 126 : Volumes annuels prélevés simulés en millions de m³ pour l'industrie à l'échelle du bassin versant entre 2008 et 2020

4.2.3 Modèle de demande en eau pour l'irrigation

Ce modèle étant plus complexe que les autres, nous fournissons plus de détails dans sa description.

4.2.3.1 La modélisation agronomique

La modélisation agronomique est un outil permettant, dans sa définition la plus large, de simuler des variables culturales. Comme souligné par Soutif-Bellenger (2023), ces « variables culturales peuvent être différentes selon les objectifs de modélisation : concentration en protéines, en molécules aromatiques, rendement en masse par unité de surface, quantité d'intrants, notamment d'eau, etc. ». Par conséquent, de manière similaire à la modélisation hydrologique, de nombreux modèles agronomiques, de complexités variables, existent.

Dans le cas du projet HMUC, il est nécessaire de pouvoir intégrer, dans la modélisation, les compartiments climat, hydrologie, milieux, société et agronomie. Ainsi, comme Soutif-Bellenger (2023), on s'attachera à « pouvoir modéliser :

- les prélèvements en eau ;
- la satisfaction des besoins en eau des cultures. »

Il est impossible de simuler directement des prélèvements en eau pour l'agriculture. En effet, les prélèvements ne peuvent pas être directement liés au seul climat et aux seules cultures. Des éléments tels que la réglementation, les choix humains, mais aussi le manque de données, ne rendent pas possible cette approche. Ainsi, on préfère habituellement modéliser le concept de demande en eau agricole. Cette demande en eau, qui sera croisée avec la ressource en eau (hydrologie) et les règles de gestion, via la modélisation intégrée, mènera à une simulation des prélèvements.

4.2.3.2 La modélisation de la demande en eau agricole

L'agriculture consomme de l'eau par évapotranspiration, c'est-à-dire par transformation d'eau liquide contenue dans le sol en vapeur, produit agricole, et par transpiration des plantes. Tout comme pour l'hydrologie, les processus menant à ces phénomènes sont complexes, et l'objectif de la modélisation est de la représenter de manière simplifiée mais suffisamment réaliste, car les ressources disponibles pour le projet (données, temps de mise en place de modèle, de calcul et d'analyse) ne permettent pas de représenter de façon exhaustive toute la complexité d'un système environnemental réel à l'échelle d'un bassin comme celui de la Sèvre Nantaise. Une autre contrainte est de pouvoir disposer de variables qui sont à la fois mesurables, afin de s'assurer de savoir représenter la situation actuelle de manière fiable, mais également évolutives en vue de modéliser les scénarios définis lors des ateliers prospectifs visant à décrire des futurs possibles de la Sèvre Nantaise.

Ainsi, on trouvera dans la littérature de nombreux modèles agronomiques pouvant potentiellement répondre à nos objectifs. Il existe des modèles à bases physiques, très complexes. Ces modèles nécessitent généralement de nombreuses données afin de déterminer leurs paramètres, données qui sont le plus souvent non accessibles, ou bien de piètre qualité, sur une résolution spatiale ou temporelle pas assez fine, voire carrément inexistantes. Ces modèles peuvent donc être difficiles voire impossibles à appliquer sur des échelles aussi larges qu'un bassin versant. D'un autre côté, on trouvera des modèles plus conceptuels, nécessitant moins de données et se concentrant sur les processus les plus importants. Le parallèle entre modèles agronomiques et hydrologiques est fort : dans un cas comme dans l'autre, les pores creusés par les lombrics ont un impact sur l'écoulement de l'eau local ou sur le développement d'un plant. Pour autant, à l'échelle d'unités de gestion ou de bassin versant, ceux-ci n'auront pas un impact prépondérant, et il conviendra de se concentrer sur les processus principaux. On s'orientera donc vers un modèle de demande en eau agricole plus simple et compatible avec les données collectées et exploitées lors des phases précédentes.

Cette première étape de modélisation, qui constitue en fait la demande en eau de la plante, en précède une seconde : la demande en eau pour l'irrigation, qui comprend une intervention humaine. La décision d'effectuer une demande en eau pour l'irrigation est elle aussi constituée d'une succession de décisions et de contraintes (e.g. matérielles) complexes. Là aussi, on préférera donc

logiquement une modélisation de type conceptuel, plutôt que de représenter l'ensemble des acteurs présents sur les territoires, leurs interactions, leur matériel, etc.

4.2.3.3 Le modèle CropWat

Le modèle CropWat, développé dans la thèse de Soutif-Bellenger (2023) sur les bassins versants de l'Aveyron et de la Seille, a été appliqué afin de modéliser la demande en eau agricole dans le projet HMUC sur la Sèvre Nantaise. CropWat (Smith et al., 1992) est un modèle de type « soil-crop water demand » (pour demande en eau du système sol-culture).

CropWat constitue en fait une approche à simple coefficient cultural (K_c). Ainsi, une évapotranspiration culturale maximale (CET, en mm j-1), est calculée pour chaque jour, à partir de l'équation suivante, qui vient réduire une évapotranspiration potentielle (ETP, en mm j-1) par un coefficient cultural (K_c , sans unité) :

$$CET(t) = K_c(t) * ETP(t).$$

Des tables de valeurs de K_c existent dans la littérature, et définissent des plages spécifiques aux différentes phases du cycle de vie des cultures : croissance, maturité, fin.

Ensuite, il convient de déterminer l'eau disponible dans le sol, afin de déterminer un éventuel déficit, qui pourra possiblement déclencher une demande d'irrigation. Une approche conceptuelle, reposant sur un réservoir similaire au réservoir de production d'un modèle hydrologique GR (Santos et al., 2023), est alors utilisé. En fonction des caractéristiques du sol (dans le cas de cette étude, un sol moyen est considéré sur le bassin), de sa profondeur, et d'un taux de déplétion dépendant de chaque type de culture, la réserve en eau du sol facilement utilisable est définie. Lorsque l'évolution de l'humidité du sol, dépendante de la pluie et de l'évapotranspiration des pas de temps précédents, fait que le déficit en eau est supérieur à la réserve facilement utilisable, alors un stress hydrique est appliqué, et on vient calculer un coefficient K_s (sans unité), qui vient réduire la CET pour donner l'évapotranspiration réelle.

Ainsi, la demande en eau d'irrigation équivaudra au déficit en eau nécessaire à satisfaire l'entièreté de la CET. Il s'agit d'une vision simple de la réaction de l'agriculture à un besoin en eau de ses cultures, mais qui s'est avéré aussi efficace et bien plus facile à mettre en œuvre qu'une méthode bien plus complexe (Soutif-Bellenger et al., 2023). Lorsqu'elle est appliquée, l'eau d'irrigation viendra combler tout ou partie du déficit en eau du sol, ce qui impactera les calculs du pas de temps suivant.

4.2.3.4 Application du modèle CropWat dans le cas de l'étude HMUC

On l'a vu, le modèle CropWat simule la demande en eau d'irrigation d'une culture. Cette simulation se fait généralement à l'échelle d'une parcelle agricole. **Outre les paramètres cultureux introduits plus haut**, plusieurs variables d'entrée sont donc nécessaires pour mettre en œuvre ce modèle, et une variable de sortie est simulée :

- Variables d'entrée :
 - surface de cultures par point de prélèvement (calculée selon un rayon adapté à chaque prélèvement),
 - lien ou non à un plan d'eau,
 - ratio de surface irriguée dépendant du type de culture,
 - taux de surface de vigne concernée par l'aspersion anti-gel,
 - climat sur le bassin (selon scénario climatique).
- Variable de sortie :
 - demande journalière par point de prélèvement pour irrigation et aspersion anti-gel.

Enfin, il convient de préciser que la résolution spatiale d'application du modèle CropWat diffère de celle du modèle hydrologique, qui lui est appliqué à l'échelle des unités de gestion (UG). En effet, CropWat est appliqué à une résolution correspondant à chaque type de culture présent sur le bassin versant. Il permet de calculer la demande unitaire (sur 1 m²) de chaque type de culture du bassin. La demande en eau agricole est ensuite agrégée à l'échelle des points de prélèvements selon les surfaces de culture qu'il alimente. Pour chaque point de prélèvement, l'équation suivante est appliquée :

$$V_{irrig}(p, j) = \sum_{i=\text{type culture}} Surf_{cult}(i, p, y) * Cons_{unitaire}(i, j) * RatIrr(i, y)$$

Avec $V_{irrig}(p, j)$ la demande en irrigation pour le prélèvement p au jour j (en m³), $Surf_{cult}(i, p, y)$ la surface de la culture i alimentée par le point de prélèvement p durant l'année y dans laquelle est le jour j (en m²), $Cons_{unitaire}(i, j)$ la consommation nécessaire pour 1 m² de la culture i au jour j calculée grâce à CROPWAT (en m³.m⁻²) et $RatIrr(i, y)$ le taux de surface irriguée pour la culture i durant l'année y (sans unité).

Une fois ce volume obtenu, l'aspersion anti-gel de la vigne est ajoutée à cette demande :

$$V_{irrig}(p, j) = V_{irrig}(p, j) + Gel(j) * Cons_{uni,antigel} * RatAntiGel(y) * Surf_{cult}(vigne, p, y)$$

Avec $RatAntiGel(y)$, la part des surfaces de vignes concernée par l'aspersion antigel durant l'année y dans laquelle se trouve le jour j (sans unité), $Cons_{uni,antigel}$ le volume d'eau nécessaire à l'aspersion d'un mètre carré de vigne (approximé, égal à 0,048 m³.m⁻²), $Gel(j)$ la présence ou non de gel tardif

au jour j (sans unité, égal à 1 si la température passe en dessous de 0 °C durant le jour j et que l'on est en avril ou mai, égal à 0 sinon).

La surface de chaque culture est calculée de la même manière que lors de la phase 2 en recoupant les cultures du RPG qui se situent autour de chaque point de prélèvement. Si, au cours de la phase 2, le rayon pris en compte autour de chaque point de prélèvement était de 500 mètres, ce rayon est ajusté ici pour que la demande de prélèvement pour chaque point de prélèvement corresponde du mieux possible au volume déclaré dans la BNPE. Le résultat est une chronique de surfaces de cultures assignée chaque année entre 2008 et 2020 à chaque point de prélèvement. Pour établir une chronique entre 1976 et 2100 la séquence de surface ainsi obtenue est répétée sur l'ensemble de la période (par exemple $Surf_{cult}(i,p,1976-1988) = Surf_{cult}(i,p,1989-2001) = Surf_{cult}(i,p,2008-2020)...$). Pour la période future, les évolutions de surfaces cultivées prévues par les différents scénarios sont appliquées aux surfaces de culture de chaque point de prélèvement.

On observe sur la Figure 127 que les volumes annuels de prélèvement pour l'irrigation simulés par ce modèle d'usage sont assez proches des volumes observés à notre disposition pour 2008-2020. Des variations annuelles de volumes sont visibles sur cette période, et malgré des différences entre observations et simulations, on note que la variabilité d'une année sur l'autre est bien représentée par le modèle. Cette remarque est d'autant plus importante que, dans le cadre de la modélisation de la période future, il n'est pas prévu de considérer telle ou telle année particulière mais bien d'agréger les résultats sur plusieurs années consécutives afin de faire émerger des tendances éventuelles.



Figure 127: Volumes annuels prélevés simulés en millions de m³ pour l'irrigation à l'échelle du bassin versant entre 2008 et 2020

4.2.4 Modèle de demande en eau pour l'AEP et les rejets de STEP

Ce modèle a pour but de représenter le volume d'eau nécessaire pour l'alimentation en eau potable, ainsi que les volumes rejetés par les STEP. Les variables de ce modèle se décomposent comme ceci :

- Variables d'entrée :
 - demande de prélèvement pour l'abreuvement dans le réseau AEP,
 - demande de prélèvement dans le réseau AEP et de rejet dans le réseau d'assainissement collectif pour l'industrie,
 - population communale,
 - consommation journalière par habitant,
 - rendement des réseaux AEP par commune,
 - ratio d'assainissement collectif et individuel par commune,
 - communes (ou pourcentage de population de communes) alimentée par chaque prélèvement d'eau potable,
 - communes (ou pourcentage de population de communes) alimentant chaque STEP (en partie calculé à partir des équivalents habitants),
 - pluies orageuses (plus de 10 mm/jour, dépendant du scénario climatique).
- Variables de sorties :
 - volume de demande journalière par point de prélèvement AEP,
 - volume de demande journalière de rejet pour chaque STEP,
 - volume de pertes AEP par commune et sous-bassins.

Ainsi, pour chaque jour, les équations suivantes sont appliquées :

$$V_{AEP}(p, j) = \sum_{C=Communes} Part_{AEP}(C, p) * [V_{abreu, AEP}(C, j) + V_{ind, AEP}(C, j) + pop(C, y) * Cons_{unitaire}] / Rend_{AEP}(C, y)$$

$$V_{STEP}(s, j) = \sum_{C=Communes} (Part_{AEP}(C, s) * [pop(C, y) * Cons_{unitaire} * Rat_{Coll}(C)] + Rejets_{ind, AEP}(C, j) + P(P > 10 mm))$$

$$Perte_{AEP}(C, j) = [V_{abreu, AEP}(C, j) + V_{ind, AEP}(C, j) + pop(C, y) * Cons_{unitaire}] * (1 - Rend_{AEP}(C, y))$$

Avec $V_{AEP}(p, j)$ les volumes journaliers prélevés pour l'AEP pour le point de prélèvement p au jour j, $V_{STEP}(s, j)$ les volumes journaliers rejetés via la station d'épuration s pour le jour j, $Perte_{AEP}(C, j)$ les volumes journaliers perdus via les fuites du réseau de la commune C pour le jour j, $Part_{AEP}(C, p)$ est la part de l'AEP de la commune C provenant du point p, $pop(C, y)$ la population de la commune C pour l'année y, $Rend_{AEP}(C, y)$ le rendement du réseau de la commune C pour l'année y, $Cons_{unitaire}$ la consommation unitaire, $Rat_{Coll}(C)$ le ratio d'assainissement collectif de la commune C, et $P(P > 10 mm)$ la quantité de pluie supérieure à 10 mm sur une journée et qui se retrouve au niveau de la station d'épuration (en m³).

Le volume $P(P>10 \text{ mm})$ a pour but de rapprocher les volumes de rejets simulés des volumes observés entre 2008 et 2020. En effet, le modèle d'usage s'est révélé très sous-estimatif (en particulier lors des jours de fortes pluies). Ainsi, 1 % de la hauteur de pluie tombée sur la surface du réseau de collecte de la STEP est injecté à cette STEP lorsque la pluie est importante. Cette part de 1 % a été définie pour correspondre aux observations de volumes rejetés.

Ces différents volumes sont ensuite répartis dans les sous-bassins versants où ils sont situés.

On observe sur la Figure 128 que les volumes annuels de prélèvement pour l'AEP simulés par le modèle d'usage mis en place sont très proches des volumes observés à notre disposition pour 2008-2020. Les variations annuelles de volumes sont faibles sur cette période.

On observe sur la Figure 129 que les volumes annuels de rejets des STEP simulés par le modèle d'usage mis en place sont assez proches des volumes observés à notre disposition pour 2008-2020. Des variations annuelles de volumes sont visibles sur cette période, et malgré de légères différences entre observations et simulations, on note que la variabilité d'une année sur l'autre est bien représentée par le modèle.

Enfin, on observe sur la Figure 130 que les volumes annuels de pertes pour le réseau AEP simulés par le modèle d'usage mis en place sont assez proches des volumes observés à notre disposition pour 2008-2020. Là aussi, des variations annuelles de volumes sont visibles sur cette période, et malgré de légères différences entre observations et simulations, on note que la variabilité d'une année sur l'autre est bien représentée par le modèle.

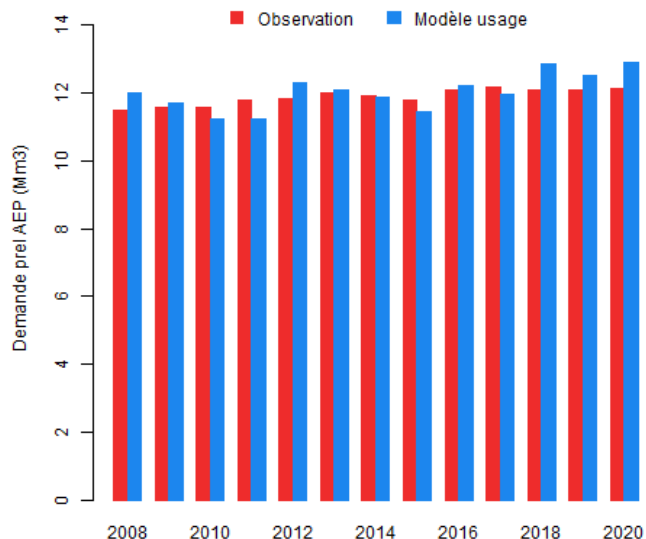


Figure 128: Volumes annuels prélevés simulés en millions de m³ pour l'alimentation en eau potable à l'échelle du bassin versant entre 2008 et 2020

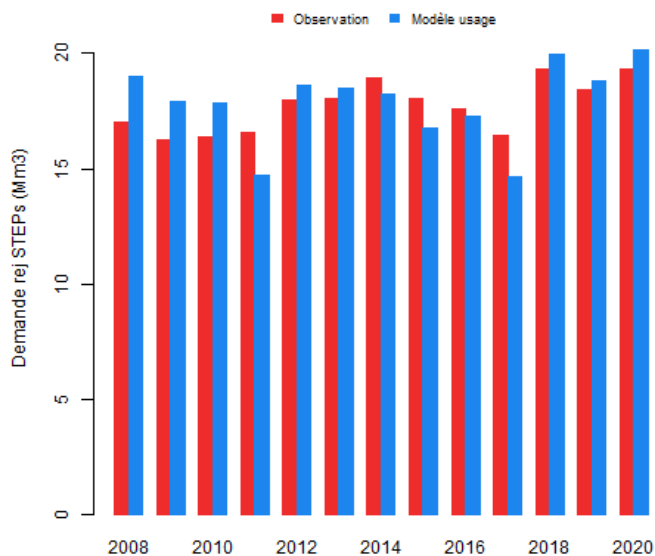


Figure 129: Volumes annuels rejetés simulés en millions de m³ par les STEPs à l'échelle du bassin versant entre 2008 et 2020

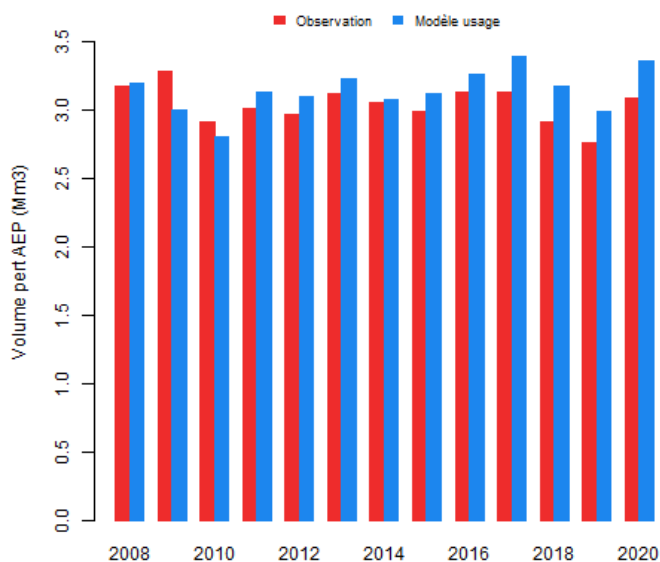


Figure 130: Volumes annuels simulés en millions de m³ pour les pertes du réseau d'alimentation en eau potable à l'échelle du bassin versant entre 2008 et 2020

4.2.5 Modèle pour la gestion des barrages et des plans d'eau

Pour les plans d'eau, la mise en place des modèles d'usage correspond à ce qui avait été fait pour la phase 2. Pour rappel, il s'agit de regrouper les plans d'eau de loisir et de pisciculture dans des classes communes pour chaque sous-bassin en fonction de leur usage et de leur connexion ou non au cours d'eau ou à la nappe d'accompagnement. Les plans d'eau d'irrigation sont traités individuellement.

Concernant les barrages de Ribou, de Verdon et de Bultière, les observations d'entrée et de sortie des barrages avaient été utilisées pour le modèle de phase 2. Il est donc nécessaire de mettre en place des modèles de gestion pour pouvoir simuler les périodes passées et futures pour lesquelles aucune donnée n'est disponible. Les modèles mis en place pour les trois barrages ont été adaptés à chacun d'eux pour correspondre au mieux à leurs spécificités.

Pour le réservoir de Bultière, le barrage laisse passer un débit réservé de 160 l s⁻¹. Sur la période future, ce débit évolue, il devient égal à 260 l s⁻¹ de novembre à mars, 160 l s⁻¹ en avril et mai et 100 l s⁻¹ de juillet à octobre. Lorsque le réservoir est plein (5 Mm³), le surplus entrant dans le réservoir provenant de la Grande Maine amont est aussi relâché. De plus, le réservoir ayant pour fonction

d'atténuer les crues sur la Maine, entre décembre et février, le niveau des réservoir est maintenu à 3,75 Mm³ afin de pouvoir être rempli lorsqu'un débit entrant élevé est observé. Enfin, la demande en eau pour l'usine d'eau potable de Bultière et pour les quelques prélèvements pour l'irrigation est retirée chaque jour au volume stocké dans le réservoir.

Pour les réservoirs de Ribou et Verdon, un modèle de gestion commun est appliqué. Le barrage de Ribou fournit un débit réservé de 200 l s⁻¹ de septembre à mai et de 400 l s⁻¹ de juin à août. Lorsque le niveau total des deux réservoirs est inférieur à 5 Mm³ (ce qui correspond à la demande annuelle moyenne pour l'usine d'eau potable), le débit réservé relâché par Ribou est réduit à 100 l s⁻¹. Comme pour Bultière, Ribou rejette le surplus d'eau provenant de l'amont lorsqu'il est plein. La demande journalière pour l'AEP et l'irrigation est aussi retirée au volume du réservoir. Le fonctionnement du barrage de Verdon dépend de celui du Ribou. Entre juin et septembre, le barrage de Verdon fournit un débit permettant, si possible, de maintenir le niveau du réservoir de Ribou autour de sa capacité maximale. Entre octobre et mai, le réservoir se remplit mais fournit tout de même à Ribou la moitié de la demande pour l'eau potable et la moitié du débit réservé total. Les prélèvements pour l'irrigation sont pris en compte dans le calcul du volume journalier du réservoir.

Les variables de ce modèle se décomposent ainsi comme ceci :

- Variables d'entrée des barrages :
 - volume maximal du réservoir,
 - règles de gestion,
 - demande AEP et irrigation.
- Variables d'entrée des plans d'eau :
 - volume maximal,
 - surface,
 - type d'usage,
 - demande irrigation si nécessaire.
- Variables de sortie :
 - remplissage,
 - re-remplissage pour l'irrigation,
 - rejets (dont vidange et soutien d'étiage).

4.2.5 Comparaison de l'hydrologie

Une fois tous les modèles d'usages mis en place, il est possible de les coupler au modèle hydrologique et d'étudier les régimes des débits simulés. Dans le but d'estimer les différences potentielles entre un tel couplage de modèles et le modèle hydrologique forcé par les chroniques d'usages observés et extrapolés, nous traçons par la suite les régimes de ces deux expériences. Il convient de se souvenir que les modèles d'usages, tout comme les usages observés et extrapolés sont entachés d'incertitudes. Ainsi, une différence entre les deux courbes n'est pas nécessairement synonyme de dysfonctionnement, dès lors que ces différences restent mesurées. On se reportera au rapport de phase 2 pour une description complète du modèle hydrologique déployé.

La Figure 131 et la Figure 132 montrent que les régimes de la Sèvre Nantaise aval et de la Sèvre Nantaise amont sont très similaires selon que l'on utilise les usages observés ou ceux simulés, les courbes étant confondues. Concernant la Maine aval (Figure 133), de légères différences sont visibles à l'automne et à l'hiver. Celles-ci restent cependant très mesurées. On peut suspecter que le fonctionnement du barrage de Bultière, notamment pour l'écrêtement de crue, est adapté par les gestionnaires en fonction de prévision ou de connaissance spécifique du comportement du bassin, menant à ne pas respecter 100 % du temps le modèle simple mis en place pour l'étude HMUC. Enfin, la Figure 134 montre des différences un peu plus significatives concernant la Moine aval, probablement en raison d'une gestion effective des barrages de Ribou et Verdon différant du mode de gestion simplifié modélisé.

Les résultats ne sont pas montrés sur les autres UG. Ils sont du même ordre d'idée que sur la Sèvre Nantaise amont et aval, c'est-à-dire très proches des débits simulés en utilisant les usages observés.

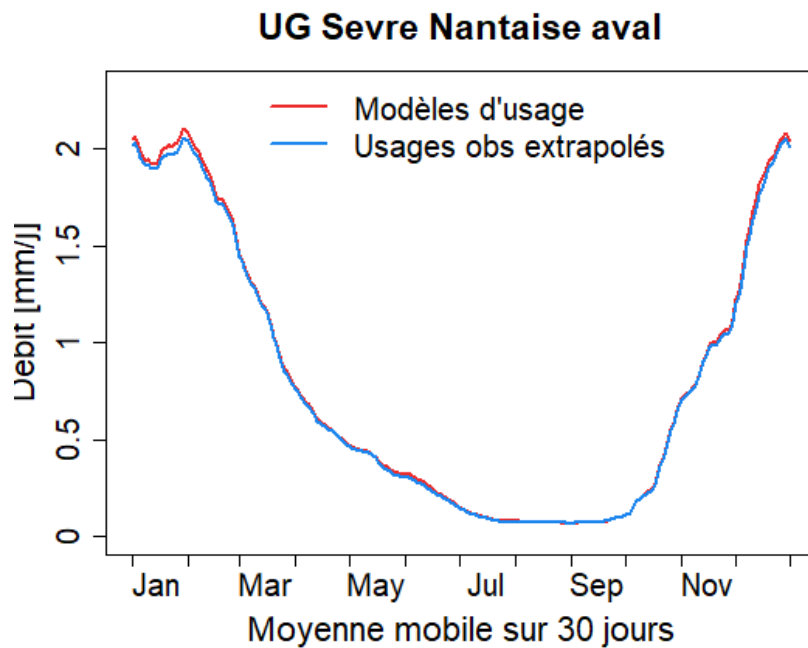


Figure 131: Comparaison entre les régimes hydrologiques simulés pour l'UG de la Sèvre Nantaise aval pour le modèle utilisant les modèles d'usages (rouge) et le modèle utilisant les valeurs observées des usages (bleu)

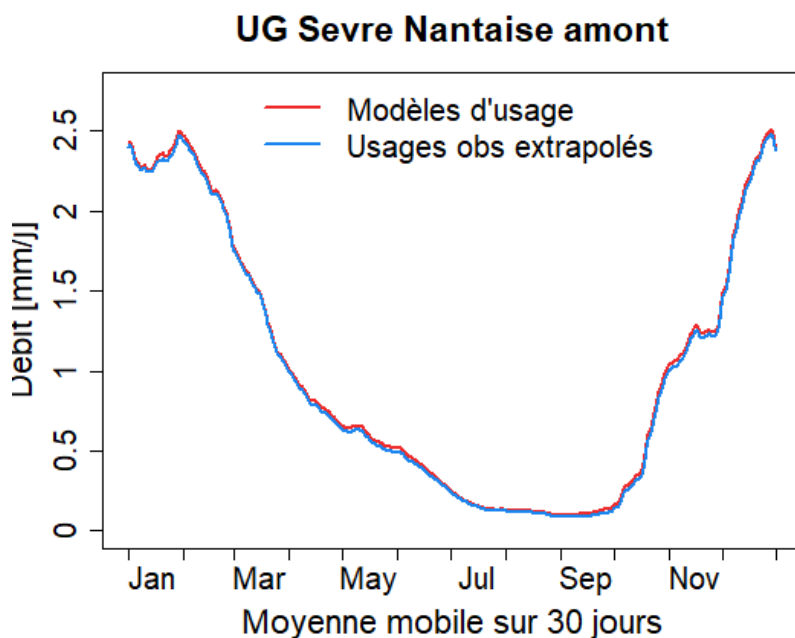


Figure 132: Comparaison entre les régimes hydrologiques simulés pour l'UG de la Sèvre Nantaise amont pour le modèle utilisant les modèles d'usages (rouge) et le modèle utilisant les valeurs observées des usages (bleu)

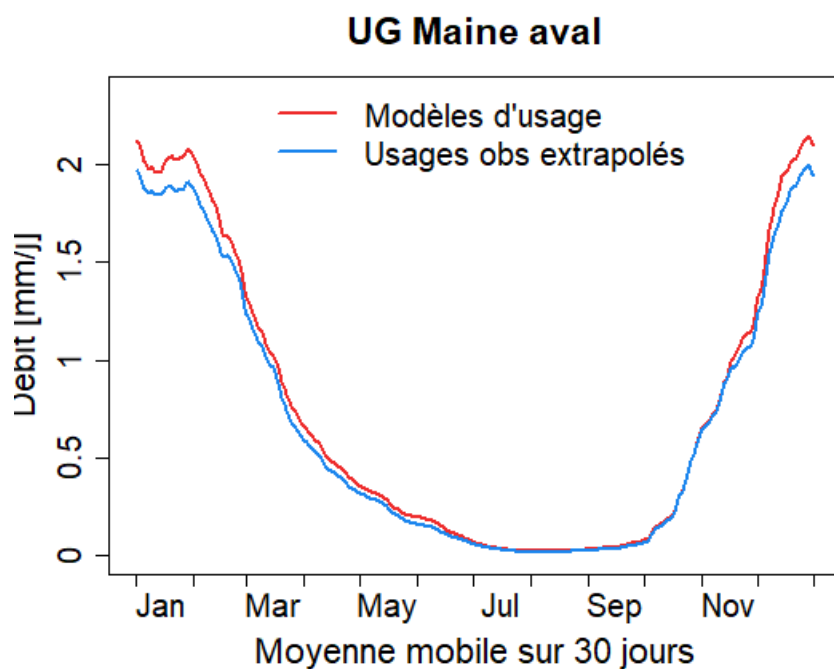


Figure 133: Comparaison entre les régimes hydrologiques simulés pour l'UG de la Maine aval pour le modèle utilisant les modèles d'usages (rouge) et le modèle utilisant les valeurs observées des usages (bleu)

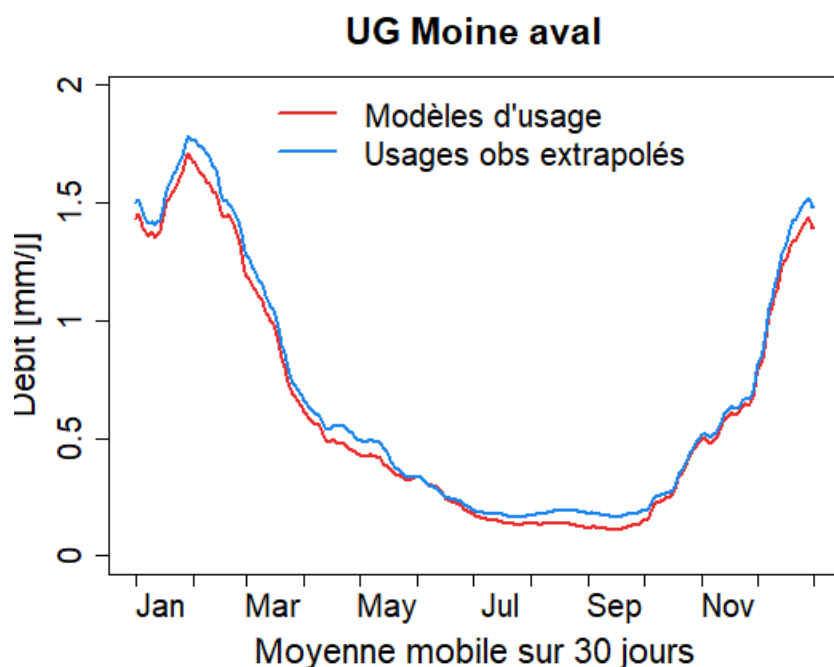


Figure 134: Comparaison entre les régimes hydrologiques simulés pour l'UG de la Moine aval pour le modèle utilisant les modèles d'usages (rouge) et le modèle utilisant les valeurs observées des usages (bleu)

À retenir :

Différents modèles d'usages ont été mis en place sur le bassin de la Sèvre Nantaise. A partir de variables d'entrée, ces modèles représentent au pas de temps journalier les prélèvements et rejets des usages identifiés lors des phase 1 et 2.

Les volumes simulés ont été comparés avec succès aux volumes observés à l'échelle annuelle. De plus, les débits simulés en utilisant le modèle hydrologique et ces modèles d'usages mènent à des régimes très proches de ceux simulés en considérant les usages observés ou estimés.

On peut donc conclure à une performance satisfaisante du modèle ainsi mis en place, et qui pourra être mis en œuvre par la suite pour prendre en compte l'impact du changement climatique et des scénarios d'usages.

5 Volet « Hydrologie »

5.1 Préambule

L'objectif ici est de modéliser l'évolution de l'hydrologie et des usages de l'eau en contexte de changement climatique sur les unités de gestion du bassin versant de la Sèvre Nantaise en utilisant les projections climatiques sélectionnées (section 3.3), les scénarios futurs d'usages (section 4.1.4) et les modèles d'usages (section 4.2).

Il convient de préciser que les projections hydrologiques ainsi obtenues ne peuvent, par définition, pas être comparées à des débits observés. Ainsi, on se doit de comparer une période future à une période historique, c'est-à-dire une simulation obtenue en utilisant une projection climatique future à une simulation obtenue en utilisant une projection climatique historique. Ainsi, nous allons par la suite utiliser les périodes suivantes :

- Période historique : 1976-2005,
- Période 2030 : 2016-2045,
- Période 2050 : 2036-2065,
- Période 2070 : 2056-2085.

5.2 Résumé des simulations effectuées

Afin de mettre en place la modélisation et de répondre aux différents objectifs, différentes simulations ont été effectuées, utilisant des données en partie différentes, sur des périodes diverses, et auront des rôles variés.

i) Calage du modèle hydrologique forcé par les usages observés (ou extrapolés lorsque non disponibles) sur 2008-2020 (travaux réalisés lors de la Phase 2)

Ce premier exercice a eu pour objectif de déterminer les paramètres du modèle hydrologique sur une période sur laquelle les usages sont connus ou estimés (cf Figure 135 a). Les données météorologiques de la réanalyse SAFRAN ont été pour cela utilisées, car elles reproduisent les événements passés observés, en concordance avec les usages. L'objectif ici est d'obtenir des paramètres du modèle hydrologique représentant le comportement naturel du bassin versant, le comportement anthropique étant lui représenté par les chroniques d'usages observés.

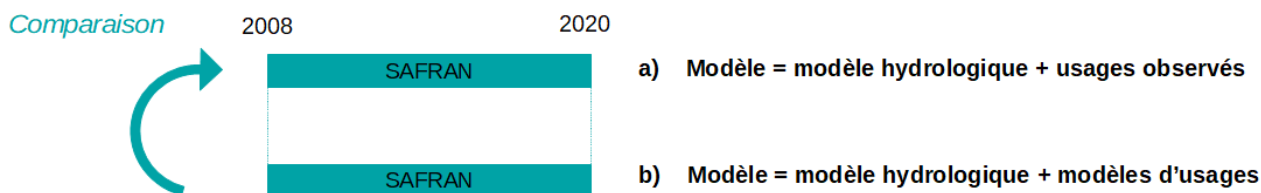


Figure 135 : Frise chronologique représentant les différents calages réalisés sur la période 2008-2020 en utilisant SAFRAN, le modèle hydrologique et a) les usages observés, b) les modèles d'usages mis en place. Les paramètres obtenus par a) seront conservés pour modéliser l'hydrologie et les usages en contexte de changement climatique.

ii) Évaluation du modèle hydrologique couplé à des modèles d'usages sur 2008-2020

Les usages ne sont connus que sur 2008-2020. Afin de réaliser des projections sur des scénarios d'usages, il est nécessaire de disposer de modèles d'usages dont le rôle est de représenter ces usages dans le futur, c'est-à-dire sur des périodes pour lesquelles on ne les connaît pas. La première étape est donc d'évaluer les modèles d'usages (cf Figure 135 b). Une vérification est donc effectuée sur les prélèvements et rejets simulés par les modèles d'usages, afin d'analyser leur correspondance avec les données disponibles sur 2008-2020. L'objectif ici est double : disposer de paramètres du modèle hydrologique et de modèles d'usages utilisables pour le reste du projet, et désinfluencer les débits.

iii) Simulations sur 1976-2100 en utilisant les projections climatiques

Ici, nous utilisons les projections climatiques d'Explore2 sélectionnées en section 3.3. Nous rappelons que ces projections n'ont pas pour objectif de reproduire les chronologies (ce qui signifie par exemple que les projections n'indiqueront pas forcément de canicule en 2003, mais que le climat sera bien représenté en moyenne). Ainsi, il n'est pas possible d'utiliser les chroniques d'usages, même entre 2008 et 2020 ; l'utilisation des modèles d'usages est donc indispensable. De plus, de 1976 à 2005, les modèles climatiques sont forcés par des chroniques de concentrations de gaz à effet de serre observées. A partir de 2005, en revanche, ces concentrations divergent selon les scénarios RCPs. Dans le cas de cette étude HMUC, seul le RCP 8.5 est utilisé car il est le plus proche des émissions observées entre 2005 et 2023 et parce qu'il permet une plus grande dispersion des scénarios climatiques sélectionnés.

Cela étant précisé, deux types d'analyse seront effectués par la suite :

- Une comparaison entre les projections réalisées sur des périodes futures (autour de 2030, 2050 et 2070) et la période de référence 1976-2005 (cf comparaison 1, Figure 136) ;
- Une comparaison entre les projections réalisées sur des périodes futures selon des scénarios d'usage différents, afin d'évaluer l'impact des scénarios futurs d'usages de l'eau.

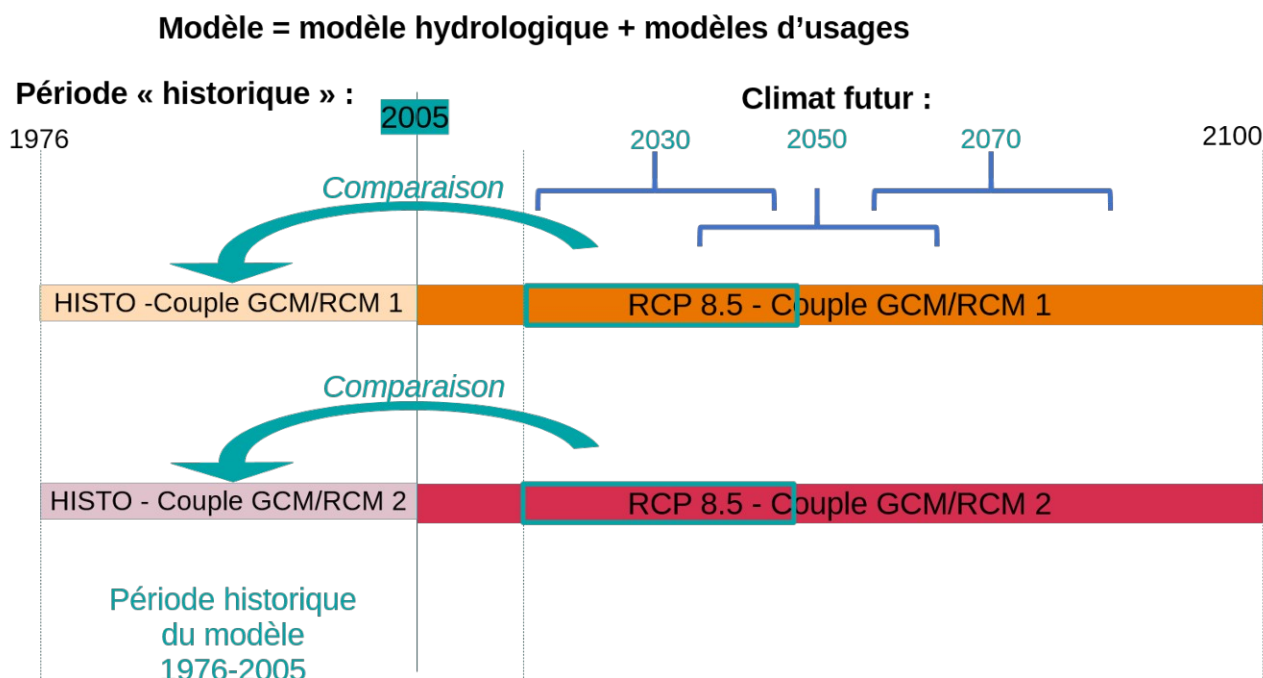


Figure 136 : Frise chronologique précisant l'utilisation des projections climatiques. Ici, le modèle hydrologique est utilisée conjointement avec les modèles d'usages. La comparaison permet de déterminer l'impact du changement climatique sur l'évolution future des indicateurs chronologiques. Une troisième comparaison, non indiquée, permettra dans le futur de comparer l'effet de différents scénarios d'usages entre eux et par rapport au changement climatique.

5.3 Evolution du débit désinfluencé

Nous présentons par la suite l'évolution de débits caractéristiques (module, QMNA2, QMNA5, coefficient de ruissellement, VCN10 et VCN30, divers quantiles, débits mensuels moyens et débits mensuels quinquennaux secs) sur trois périodes futures. Nous présentons ces évolutions successivement pour chacune des cinq projections climatiques sélectionnées, que l'on rappelle ici avec leur dénomination et leurs principales caractéristiques en termes d'évolution entre 1976-2005 et la fin du 21^e siècle (voir Section 3.3) :

- C2 : Scénario du « pire », sec et chaud à l'année, très sec et très chaud l'été et l'automne, intermédiaire au printemps, chaud et plus pluvieux l'hiver
- B3 : Sec et chaud à l'année, moins sec l'été, intermédiaire l'automne, augmentation de la précipitation plus faible l'hiver (moins de recharge), intermédiaire au printemps

- F4 : Moyennement chaud à l'année, mais sec, intermédiaire l'été et l'automne, augmentation de la précipitation plus faible l'hiver (moins de recharge), baisse de la précipitation au printemps (moins de recharge)
- A1 : Scénario humide et moins chaud à l'année, été intermédiaire, autres saisons plutôt humides
- C1 : Scénario chaud mais humide à l'année, été chaud et peu sec, automne chaud et parmi les plus secs, hiver humide, printemps humide

5.3.1 Projection C2

Pour ce modèle climatique, on observe dans le Tableau 123 que le **débit moyen (module)** évolue de manière différenciée selon la période évaluée. Sur ce tableau, les valeurs d'évolution supérieures à -10 % et inférieures à +10 % sont colorées en blanc. Si l'évolution est supérieure +10 % mais inférieure à +20 % les résultats sont colorés en bleu clair. Ils sont colorés en bleu foncé si l'évolution est supérieure à +20 %. Pour les diminutions, une diminution de plus de -20 % est colorée en orange et une diminution allant de -20 % à -10 % est colorée en jaune. En effet, le module sera à la hausse en 2030 pour toutes les UG, entre +11 et 14 %. En 2050, à l'exception de la Sanguèze, le module sera à la baisse (de -3 à -11 % par rapport à la période historique). Enfin, pour 2070, de nombreuses UG verront leurs modules revenir à des valeurs proches des valeurs historiques, à l'exception de la Sanguèze, et de la Petite Maine.

Le **QMNA2** et le **QMNA5**, débits caractéristiques d'étiage, donnent une toute autre image du futur du bassin. En effet, les baisses de ces indicateurs, et donc l'aggravation des étiages, sont nettes. De plus, on note que les baisses sont plus fortes à mesure que l'on se situe dans un futur lointain, avec environ de -10 à -20 % en 2030, -15 à -25 % en 2050 et -30 à -45 % en 2070. Seules les stations de la Moine 1 et de la Moine 2, et dans une moindre mesure de la Petite Maine, semblent subir des évolutions moins drastiques.

Le **coefficient de ruissellement (CR)** décrit lui le rapport entre débit et précipitations. Cet indicateur suit les mêmes évolutions que le module, avec une augmentation notable en 2030, une légère diminution en 2050, et une légère augmentation en 2070.

Enfin, le **VCN10** et le **VCN30**, indicateurs d'étiage eux aussi, décrivent des évolutions à la baisse très similaires aux QMNA, avec encore une fois les UG Moine 1 et Moine 2 qui seraient relativement épargnées.

Tableau 123: Evolution en pourcents des débits caractéristiques désinfluencés pour trois périodes futures et le modèle climatique C2, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Horizon | Evolution en pourcent (%) | | | | | |
|-----------------|---------|---------------------------|-------|-------|------|-------|-------|
| | | Module | QMNA2 | QMNA5 | CR | VCN10 | VCN30 |
| Sèvre aval | 2030 | 11,7 | -15,4 | -19,1 | 11,0 | -14,8 | -16,0 |
| | 2050 | -6,2 | -19,8 | -15,9 | -1,7 | -18,4 | -17,1 |
| | 2070 | 0,3 | -33,5 | -28,5 | 6,2 | -29,7 | -26,5 |
| Sèvre moyenne 2 | 2030 | 11,3 | -14,8 | -19,0 | 8,6 | -13,9 | -16,0 |
| | 2050 | -6,9 | -20,8 | -17,0 | -3,3 | -18,4 | -17,2 |
| | 2070 | -0,6 | -32,4 | -26,9 | 5,2 | -28,2 | -24,9 |
| Sèvre moyenne 1 | 2030 | 11,2 | -16,6 | -21,5 | 8,3 | -15,8 | -19,3 |
| | 2050 | -7,3 | -24,2 | -21,8 | -3,8 | -21,7 | -21,8 |
| | 2070 | -0,5 | -35,8 | -31,8 | 5,2 | -32,2 | -30,0 |
| Sèvre amont | 2030 | 12,0 | -16,0 | -18,9 | 8,1 | -14,6 | -17,6 |
| | 2050 | -7,1 | -25,4 | -20,7 | -2,0 | -23,0 | -20,9 |
| | 2070 | 0,5 | -35,6 | -28,9 | 5,6 | -32,4 | -27,4 |
| Sanguèze | 2030 | 14,8 | -18,9 | -23,6 | 12,8 | -23,9 | -27,8 |
| | 2050 | -0,1 | -16,5 | -24,4 | 3,6 | -16,9 | -23,5 |
| | 2070 | 8,2 | -42,8 | -49,2 | 13,8 | -41,0 | -45,9 |
| Maine | 2030 | 12,3 | -19,0 | -19,2 | 10,6 | -19,7 | -21,6 |
| | 2050 | -5,8 | -20,1 | -16,9 | -1,8 | -20,2 | -21,1 |
| | 2070 | 0,4 | -41,5 | -38,4 | 5,8 | -38,3 | -36,5 |
| Petite Maine | 2030 | 14,5 | -6,5 | -7,0 | 11,8 | -7,1 | -7,6 |
| | 2050 | -3,6 | -9,1 | -11,6 | 0,8 | -8,1 | -15,9 |
| | 2070 | 4,6 | -34,0 | -30,4 | 11,6 | -29,4 | -27,8 |
| Grande Maine | 2030 | 11,7 | -23,4 | -27,7 | 8,8 | -23,6 | -28,0 |
| | 2050 | -6,6 | -26,5 | -25,4 | -3,0 | -27,1 | -28,8 |
| | 2070 | -1,6 | -46,0 | -43,9 | 4,7 | -42,3 | -42,0 |
| Moine 2 | 2030 | 11,3 | -9,5 | -6,5 | 9,3 | -6,4 | -4,1 |
| | 2050 | -7,3 | -12,1 | -3,7 | -4,4 | -8,0 | -4,0 |
| | 2070 | -1,7 | -18,5 | -8,1 | 2,9 | -12,7 | -6,9 |
| Moine 1 | 2030 | 13,2 | -3,8 | -3,5 | 11,2 | -2,0 | -1,2 |
| | 2050 | -10,6 | -6,1 | -2,0 | -6,3 | -2,5 | -1,3 |
| | 2070 | 0,1 | -9,2 | -3,5 | 5,4 | -4,2 | -2,0 |
| Ouin | 2030 | 11,5 | -20,0 | -24,5 | 8,8 | -19,6 | -23,1 |
| | 2050 | -4,7 | -22,3 | -21,5 | -1,2 | -21,1 | -21,7 |
| | 2070 | 2,7 | -35,2 | -33,6 | 7,7 | -31,5 | -31,2 |

Le Tableau 124 présente les évolutions de différents **quantiles de débits**, de Q1 (bas débits) à Q99 (hautes eaux). Les quantiles correspondant aux débits les plus bas (Q1, Q5, Q25 et même Q50) montrent ainsi des évolutions très proches de ce que l'on a pu voir précédemment avec les QMNA et les VCN. En effet, des baisses fortes sont notées, et elles seront d'autant plus fortes que l'on se situera dans un futur lointain. Si la Moine semble ici aussi épargnée pour le Q1 et le Q5, elle présente en revanche, comme les autres UG, des baisses fortes pour le Q25 et le Q50.

Le **Q75** présente des hausses modérées en 2030, des baisses modérées en 2050 et des baisses encore plus faibles en 2070. Le **Q90** présente des hausses modérées en 2030, des baisses modérées en 2050 et des évolutions plus faibles, à la hausse comme à la baisse selon les UG, en 2070. Enfin, Le **Q99** présente des hausses fortes en 2030, des hausses faibles en 2050 et des hausses fortes en 2070.

Tableau 124: Evolution en pourcents des débits classés désinfluencés pour trois périodes futures et le modèle climatique C2, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Horizon | Evolution des débits classés en pourcent (%) | | | | | | |
|-----------------|---------|----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | | Q1 | Q5 | Q25 | Q50 | Q75 | Q90 | Q99 |
| Sèvre aval | 2030 | -17,1 | -17,5 | -20,5 | -14,1 | 8,4 | 10,4 | 36,6 |
| | 2050 | -24,9 | -18,8 | -25,3 | -23,0 | -7,3 | -9,4 | 8,4 |
| | 2070 | -29,3 | -30,4 | -41,2 | -36,2 | -4,2 | -0,3 | 26,4 |
| Sèvre moyenne 2 | 2030 | -16,3 | -17,5 | -19,4 | -14,9 | 8,0 | 12,0 | 37,6 |
| | 2050 | -24,0 | -18,4 | -24,8 | -24,5 | -8,4 | -8,8 | 3,4 |
| | 2070 | -27,2 | -28,4 | -39,9 | -36,7 | -4,6 | 1,3 | 25,4 |
| Sèvre moyenne 1 | 2030 | -19,9 | -17,4 | -20,2 | -13,9 | 7,3 | 12,8 | 32,8 |
| | 2050 | -30,1 | -19,6 | -25,8 | -25,1 | -8,0 | -7,3 | 4,1 |
| | 2070 | -33,2 | -30,9 | -41,0 | -36,4 | -4,0 | 3,5 | 27,8 |
| Sèvre amont | 2030 | -14,4 | -14,1 | -18,4 | -10,7 | 7,6 | 15,6 | 23,7 |
| | 2050 | -24,5 | -19,0 | -25,3 | -23,3 | -7,1 | -5,2 | -1,9 |
| | 2070 | -26,6 | -28,1 | -40,1 | -35,2 | -3,8 | 5,7 | 19,2 |
| Sanguèze | 2030 | -26,2 | -26,2 | -19,7 | -4,4 | 12,7 | 13,7 | 26,7 |
| | 2050 | -38,0 | -19,9 | -13,6 | -10,2 | -3,1 | -4,6 | 7,5 |
| | 2070 | -50,1 | -45,5 | -45,0 | -30,9 | 0,2 | 6,2 | 22,7 |
| Maine | 2030 | -27,9 | -21,5 | -25,0 | -15,4 | 9,3 | 11,0 | 32,4 |
| | 2050 | -35,5 | -21,2 | -26,2 | -23,1 | -9,2 | -9,2 | 4,7 |
| | 2070 | -42,4 | -41,2 | -50,5 | -40,5 | -5,8 | 1,0 | 19,5 |
| Petite Maine | 2030 | -9,9 | -11,2 | -15,3 | -1,7 | 10,2 | 14,5 | 22,7 |
| | 2050 | -25,5 | -16,3 | -18,6 | -15,3 | -8,3 | -6,2 | 3,8 |
| | 2070 | -25,8 | -32,5 | -48,6 | -33,8 | -3,3 | 8,0 | 19,7 |
| Grande Maine | 2030 | -34,3 | -28,5 | -24,8 | -19,3 | 8,0 | 10,1 | 25,3 |
| | 2050 | -40,5 | -27,9 | -31,4 | -29,7 | -9,9 | -8,7 | 1,0 |
| | 2070 | -46,9 | -44,8 | -52,0 | -45,6 | -10,0 | -2,4 | 13,6 |
| Moine 2 | 2030 | -2,2 | -6,4 | -18,5 | -20,0 | 3,9 | 10,7 | 37,6 |
| | 2050 | -2,6 | -6,5 | -21,0 | -26,3 | -12,7 | -10,9 | 6,1 |
| | 2070 | -4,3 | -9,4 | -32,3 | -39,4 | -11,1 | -2,6 | 22,8 |
| Moine 1 | 2030 | -0,5 | -2,1 | -13,9 | -25,1 | 3,9 | 11,3 | 36,5 |
| | 2050 | -0,6 | -2,3 | -15,4 | -33,8 | -14,0 | -14,8 | -0,4 |
| | 2070 | 0,3 | -3,4 | -23,2 | -44,6 | -11,6 | -2,6 | 22,6 |
| Ouin | 2030 | -29,0 | -23,2 | -22,3 | -16,6 | 8,1 | 10,7 | 31,9 |
| | 2050 | -30,7 | -21,8 | -25,0 | -22,9 | -6,1 | -6,5 | 4,7 |
| | 2070 | -34,6 | -33,5 | -42,2 | -38,2 | -3,2 | 4,3 | 26,0 |

Le Tableau 125 présente l'évolution des **débits mensuels moyens**. On distingue plusieurs éléments notables sur ce tableau. Tout d'abord, les débits mensuels moyens sont à la baisse de juillet à novembre sur l'ensemble des UG et des horizons futurs. De plus, cette baisse est d'autant plus forte que l'on se trouve dans un futur lointain. Encore une fois, la Moine semble présenter des baisses moins fortes que les autres UG. De décembre à février, l'horizon 2030 indique une hausse modérée, l'horizon 2050 indique une baisse modérée et l'horizon 2070 indique des évolutions contrastées selon les UG et les mois. En mars et avril, les débits mensuels moyens augmentent fortement, sauf pour l'horizon 2070 pour lequel l'augmentation est moins forte. Enfin, mai et juin indiquent des évolutions très contrastées entre les UG et les horizons, avec cependant plutôt des augmentations en 2050 et des diminutions aux autres horizons. Pour illustrer ces valeurs, la Figure 137 montre l'évolution des régimes de la Sèvre Nantaise à Nantes entre les différentes périodes. La baisse des débits entre juillet et novembre est aussi observable sur les régimes qui montrent un possible retard de la reprise de l'écoulement sur les périodes 2050 et 2070. Entre décembre et juin, les évolutions sont plus contrastées.

Tableau 125: Evolution en pourcents des débits mensuels moyens désinfluençés pour trois périodes futures et le modèle climatique C2, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Horizon | Evolution des débits moyens mensuels en pourcent (%) | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|------------------------------------------------------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc |
| Sèvre aval | 2030 | 12,8 | 19,1 | 35,8 | 23,2 | 17,1 | -2,2 | -28,9 | -19,3 | -21,0 | -21,7 | -17,3 | 16,4 |
| | 2050 | -12,6 | -9,7 | 25,0 | 42,6 | 1,9 | 17,2 | -22,6 | -15,4 | -35,5 | -57,6 | -39,2 | -14,6 |
| | 2070 | 7,9 | 18,5 | 31,3 | 16,1 | -13,8 | -22,8 | -44,0 | -29,8 | -45,8 | -69,6 | -40,1 | 1,9 |
| Sèvre moyenne 2 | 2030 | 13,5 | 19,0 | 35,8 | 21,1 | 11,3 | -7,2 | -28,7 | -17,3 | -12,7 | -21,7 | -13,8 | 14,2 |
| | 2050 | -12,9 | -9,7 | 25,3 | 38,0 | -1,4 | 11,1 | -25,5 | -15,3 | -27,6 | -55,8 | -41,4 | -17,7 |
| | 2070 | 7,8 | 18,8 | 31,0 | 13,8 | -14,1 | -25,4 | -45,0 | -28,1 | -37,3 | -65,8 | -42,9 | -0,8 |
| Sèvre moyenne 1 | 2030 | 15,5 | 19,1 | 38,4 | 18,8 | 8,0 | -11,0 | -28,4 | -17,4 | -12,2 | -21,6 | -12,6 | 13,2 |
| | 2050 | -11,2 | -8,5 | 26,8 | 35,9 | -3,7 | 3,6 | -26,7 | -15,9 | -28,6 | -55,7 | -43,0 | -19,1 |
| | 2070 | 11,3 | 18,6 | 31,8 | 13,2 | -15,6 | -29,8 | -44,8 | -28,7 | -38,0 | -64,7 | -43,7 | 0,2 |
| Sèvre amont | 2030 | 15,9 | 21,5 | 41,6 | 20,1 | 4,7 | -18,5 | -32,1 | -16,4 | -6,8 | -24,2 | -8,2 | 16,2 |
| | 2050 | -9,9 | -7,5 | 30,9 | 37,9 | -8,1 | -8,2 | -33,2 | -17,3 | -31,5 | -55,4 | -40,4 | -15,6 |
| | 2070 | 13,8 | 19,7 | 33,0 | 14,5 | -17,7 | -36,5 | -48,7 | -29,0 | -39,8 | -64,5 | -40,8 | 7,5 |
| Sanguèze | 2030 | 5,6 | 19,8 | 31,1 | 47,8 | 60,7 | 27,5 | -41,4 | -34,8 | -6,8 | -15,3 | -14,3 | 31,6 |
| | 2050 | -10,5 | -9,8 | 24,1 | 81,0 | 19,8 | 60,9 | -21,3 | -20,5 | -41,3 | -56,2 | -25,9 | 6,6 |
| | 2070 | 9,6 | 23,4 | 34,3 | 42,3 | -14,1 | 5,9 | -40,0 | -40,9 | -64,1 | -77,2 | -26,5 | 25,1 |
| Maine | 2030 | 12,8 | 21,8 | 37,4 | 26,7 | 25,7 | 4,9 | -28,3 | -26,2 | -47,0 | -25,3 | -21,9 | 17,8 |
| | 2050 | -11,9 | -9,8 | 27,9 | 49,2 | 5,7 | 30,7 | -11,8 | -16,6 | -61,6 | -62,1 | -38,2 | -13,7 |
| | 2070 | 6,8 | 17,9 | 33,0 | 16,4 | -12,9 | -21,1 | -42,4 | -38,1 | -71,9 | -74,9 | -37,8 | 3,9 |
| Petite Maine | 2030 | 18,2 | 24,1 | 47,7 | 30,8 | 37,6 | 12,4 | -24,5 | -26,6 | -57,3 | -17,9 | -20,4 | 21,3 |
| | 2050 | -8,0 | -7,2 | 33,0 | 59,2 | 10,8 | 51,6 | 0,7 | -13,1 | -74,8 | -53,6 | -31,8 | -9,9 |
| | 2070 | 14,7 | 18,7 | 39,4 | 25,6 | -6,7 | -8,6 | -34,9 | -40,1 | -82,9 | -66,4 | -30,2 | 13,4 |
| Grande Maine | 2030 | 11,7 | 20,8 | 34,9 | 21,1 | 18,3 | 8,3 | -21,5 | -20,6 | -25,2 | -26,8 | -20,5 | 15,0 |
| | 2050 | -12,8 | -11,4 | 29,4 | 42,0 | 2,4 | 42,1 | -15,1 | -17,0 | -42,6 | -63,4 | -44,2 | -18,5 |
| | 2070 | 3,6 | 17,9 | 33,0 | 10,3 | -15,0 | -19,8 | -43,4 | -35,9 | -55,6 | -71,8 | -45,5 | -0,9 |

| UG | Horizon | Evolution des débits moyens mensuels en pourcent (%) | | | | | | | | | | | |
|---------|---------|------------------------------------------------------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc |
| Moine 2 | 2030 | 7,8 | 20,2 | 29,1 | 28,6 | 17,4 | -3,5 | -33,6 | -16,8 | -9,6 | -23,2 | -13,0 | 14,5 |
| | 2050 | -19,1 | -14,5 | 21,6 | 43,0 | 2,8 | 27,8 | -28,9 | -17,4 | -24,1 | -55,3 | -40,4 | -16,7 |
| | 2070 | -2,5 | 19,5 | 28,9 | 13,7 | -7,8 | -15,0 | -51,5 | -26,6 | -32,3 | -65,9 | -44,0 | -3,7 |
| Moine 1 | 2030 | 9,9 | 22,1 | 41,7 | 29,9 | 19,9 | -9,5 | -48,7 | -12,5 | -1,8 | -23,2 | -12,0 | 13,4 |
| | 2050 | -23,9 | -16,0 | 29,9 | 45,7 | 7,0 | 24,5 | -47,6 | -11,9 | -15,1 | -59,6 | -53,5 | -25,3 |
| | 2070 | -2,6 | 25,4 | 39,4 | 18,9 | 4,3 | -15,4 | -65,6 | -19,2 | -18,4 | -64,3 | -55,0 | -5,6 |
| Ouin | 2030 | 13,8 | 18,5 | 38,7 | 20,2 | 11,7 | -6,9 | -30,5 | -23,6 | -19,8 | -25,7 | -15,1 | 19,9 |
| | 2050 | -7,4 | -8,6 | 31,5 | 40,3 | 1,8 | 20,7 | -26,5 | -19,2 | -35,5 | -61,9 | -40,9 | -12,4 |
| | 2070 | 13,3 | 22,5 | 37,5 | 9,6 | -6,8 | -21,5 | -47,2 | -32,8 | -44,7 | -70,4 | -40,7 | 9,5 |

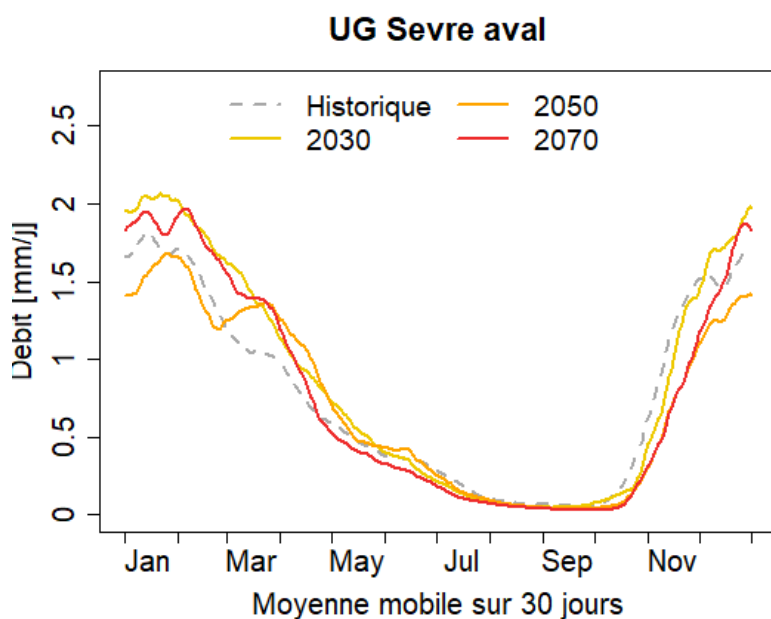


Figure 137: Evolution du régime désinfluencé de la Sèvre Nantaise aval selon le scénario C2

Le Tableau 126 présente l'évolution des débits mensuels quinquennaux secs. On note généralement de mai à novembre des diminutions modérées à extrêmement fortes de ces indicateurs. Les seules exceptions sur cette période sont l'horizon 2050 pour toutes les UG en mai et en juillet et pour la Sanguèze et la Maine en juin. Ces diminutions sont en revanche extrêmement fortes en octobre et novembre.

Des augmentations modérées (décembre) à faibles (janvier) sont à noter à l'horizon 2030 ainsi qu'en janvier à l'horizon 2070, en revanche des baisses modérées sont à noter aux autres horizons

de ces mois. En mars et avril, les augmentations sont généralisées sauf pour avril à l'horizon 2070 mais elles seraient faibles à modérées.

Tableau 126: Evolution en pourcents des débits mensuels quinquennaux secs désinfluencés pour trois périodes futures et le modèle climatique C2, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Horizon | Evolution des débits mensuels quinquennaux secs en pourcent (%) | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|-----------------------------------------------------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc |
| Sèvre aval | 2030 | 2,1 | -11,5 | 27,3 | 6,2 | -11,0 | -19,1 | -8,6 | -11,2 | -13,6 | -35,1 | -40,2 | 64,5 |
| | 2050 | -17,6 | -31,7 | 4,0 | 9,2 | 5,1 | -1,5 | 5,7 | -2,7 | -8,2 | -37,4 | -63,1 | -9,0 |
| | 2070 | 12,0 | -10,3 | 22,0 | -5,8 | -16,2 | -24,7 | -17,6 | -19,4 | -19,8 | -49,9 | -71,0 | -18,5 |
| Sèvre moyenne 2 | 2030 | 3,1 | -9,4 | 24,4 | 5,5 | -10,8 | -18,4 | -7,6 | -10,5 | -14,8 | -34,2 | -44,8 | 49,0 |
| | 2050 | -17,7 | -29,5 | 3,7 | 9,3 | 2,6 | -5,3 | 4,1 | -3,4 | -7,9 | -35,3 | -63,8 | -15,8 |
| | 2070 | 11,0 | -7,9 | 20,6 | -3,7 | -15,3 | -24,6 | -16,2 | -18,3 | -18,5 | -46,9 | -70,5 | -24,6 |
| Sèvre moyenne 1 | 2030 | 5,2 | -8,2 | 25,5 | 2,9 | -6,7 | -13,8 | -5,7 | -9,6 | -17,0 | -35,3 | -47,5 | 45,7 |
| | 2050 | -18,0 | -28,5 | 4,2 | 7,4 | 3,5 | -4,9 | 4,2 | -3,2 | -10,7 | -35,9 | -65,4 | -20,6 |
| | 2070 | 12,4 | -6,3 | 21,4 | -2,8 | -12,4 | -22,6 | -15,7 | -18,8 | -21,8 | -48,5 | -71,3 | -27,2 |
| Sèvre amont | 2030 | 6,0 | -3,8 | 28,5 | 3,8 | -1,9 | -10,1 | -1,2 | -6,9 | -17,0 | -34,4 | -45,4 | 54,2 |
| | 2050 | -17,6 | -24,6 | 7,4 | 9,2 | 5,3 | -6,4 | 5,6 | -2,5 | -11,6 | -37,2 | -65,5 | -18,0 |
| | 2070 | 17,2 | -3,9 | 22,9 | -0,4 | -9,2 | -19,9 | -11,5 | -16,1 | -20,9 | -48,8 | -70,9 | -23,2 |
| Sanguèze | 2030 | -4,9 | -13,2 | 47,7 | 12,2 | -4,8 | -20,8 | -6,7 | -19,1 | -20,5 | -48,2 | -7,4 | 130,3 |
| | 2050 | -9,8 | -30,7 | 18,3 | 17,8 | 20,3 | 19,9 | 26,6 | 0,6 | -21,2 | -48,4 | -54,9 | 44,1 |
| | 2070 | 28,4 | -7,9 | 39,8 | -9,9 | -13,3 | -20,8 | -16,8 | -29,2 | -38,5 | -70,1 | -74,0 | 22,5 |
| Maine | 2030 | -0,8 | -14,4 | 29,0 | 6,3 | -15,9 | -24,2 | -17,4 | -16,9 | -12,0 | -40,7 | -24,5 | 114,7 |
| | 2050 | -21,3 | -35,6 | 1,7 | 6,0 | 5,7 | 10,2 | 8,6 | -0,7 | -8,4 | -43,3 | -64,6 | 4,5 |
| | 2070 | 8,8 | -14,7 | 20,3 | -12,0 | -23,1 | -29,4 | -26,0 | -25,9 | -25,5 | -62,8 | -76,9 | -12,3 |
| Petite Maine | 2030 | 4,0 | -17,0 | 31,2 | 11,0 | -1,2 | -6,6 | -3,7 | -7,2 | 6,6 | -33,2 | -1,9 | 171,5 |
| | 2050 | -19,8 | -39,1 | -1,4 | 1,2 | 10,1 | 21,5 | 16,5 | 4,1 | -4,0 | -33,8 | -56,9 | 39,4 |
| | 2070 | 16,1 | -14,2 | 24,8 | -7,6 | -14,4 | -21,3 | -21,6 | -21,3 | -17,7 | -62,7 | -74,2 | 15,5 |
| Grande Maine | 2030 | -3,7 | -11,8 | 22,9 | 5,6 | -19,5 | -27,1 | -23,1 | -20,3 | -21,1 | -47,5 | -41,4 | 75,9 |
| | 2050 | -24,6 | -33,5 | 2,8 | 9,9 | 3,2 | 0,2 | -1,3 | -6,6 | -16,0 | -51,7 | -72,7 | -16,7 |
| | 2070 | 3,7 | -12,4 | 17,3 | -11,2 | -25,5 | -34,8 | -31,7 | -30,4 | -33,4 | -66,8 | -81,8 | -33,2 |
| Moine 2 | 2030 | -3,1 | -9,4 | 19,5 | 12,1 | -29,2 | -30,7 | -9,8 | -8,3 | -7,9 | -29,2 | -38,7 | 43,5 |
| | 2050 | -19,7 | -31,8 | 1,9 | 15,3 | -10,6 | -9,2 | 4,2 | -1,0 | 1,0 | -30,1 | -59,4 | -11,7 |
| | 2070 | 7,7 | -11,4 | 15,0 | -3,7 | -30,5 | -30,6 | -11,3 | -8,8 | -0,2 | -36,8 | -66,0 | -21,4 |
| Moine 1 | 2030 | 1,5 | -12,9 | 26,0 | 9,9 | -26,7 | -29,4 | -5,5 | -6,7 | -6,1 | -21,9 | -43,3 | 31,1 |
| | 2050 | -25,2 | -39,4 | -0,5 | 9,7 | -9,3 | -9,2 | 7,1 | -2,5 | 3,9 | -11,3 | -58,3 | -27,7 |
| | 2070 | 11,5 | -10,5 | 22,8 | -2,5 | -32,8 | -30,3 | -4,2 | -7,1 | 2,5 | -18,0 | -62,7 | -32,1 |
| Ouin | 2030 | 3,5 | -8,2 | 22,4 | 3,7 | -17,4 | -23,2 | -15,2 | -15,9 | -19,1 | -41,2 | -45,2 | 55,3 |
| | 2050 | -9,4 | -25,2 | 6,2 | 11,7 | 0,5 | -5,2 | 2,1 | -5,6 | -8,3 | -39,2 | -67,3 | -4,9 |
| | 2070 | 21,3 | -4,0 | 18,5 | -6,8 | -22,6 | -30,7 | -21,4 | -23,0 | -21,0 | -52,3 | -72,8 | -21,2 |

À retenir :

Le scénario C2 est un scénario très chaud toute l'année, notamment l'été, et très sec, avec un printemps incertain et un hiver plus humide, que sur la période de référence 1976-2005. Ce scénario a des impacts forts sur les débits désinfluencés, par rapport à la période historique :

- augmentation du module en 2030, puis baisse en 2050 et peu d'évolution en 2070,
- baisse forte des débits d'étiages sur l'ensemble du bassin, d'autant plus que l'on se situera dans un futur lointain. Seules les UG Moine 1 et Moine 2 montrent des baisses plus modérées,
- évolution des débits les plus forts qui suit celle du module,
- débits hivernaux en hausse,
- débits estivaux en forte baisse, d'autant plus que l'on se situera dans un futur lointain. Seule la Moine montre des baisses plus modérées,
- débits mensuels quinquennaux secs en baisse générale (en particulier en octobre et novembre) à l'exception de mars et avril.

5.3.2 Projection B3

On observe dans le Tableau 127 que le **débit moyen (module)** sera en hausse limitée en 2030 pour toutes les UG, proche de la période historique en 2050, et en diminution limitée en 2070.

Le **QMNA2** et le **QMNA5**, débits caractéristiques d'étiage, indiquent des baisses, et donc l'aggravation des étiages. De plus, on note que les baisses sont plus fortes à mesure que l'on se situe dans un futur lointain, avec pour le QMNA2 environ de -9 à -15 % en 2030, -14 à -35 % en 2050 et -13 à -46 % en 2070 et pour le QMNA5 environ de -8 à +9 % en 2030 (certaines rares hausses sont en effet notées), -2 à -28 % en 2050 et -35 à +1 % en 2070. Seule la Moine semble afficher des baisses plus modérées de ces indicateurs.

Le **coefficient de ruissellement (CR)** suit les mêmes évolutions que le module, avec des hausses faibles aux horizons 2030 et 2050, et des baisses à l'horizon 2070.

Enfin, le **VCN10** et le **VCN30**, indicateurs d'étiage eux aussi, décrivent des évolutions à la baisse très similaires aux QMNA.

Tableau 127: Evolution en pourcents des débits caractéristiques désinfluencés pour trois périodes futures et le modèle climatique B3, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Horizon | Module | Evolution en pourcent (%) | | | | |
|-----------------|---------|--------|---------------------------|-------|------|-------|-------|
| | | | QMNA2 | QMNA5 | CR | VCN10 | VCN30 |
| Sèvre aval | 2030 | 9,3 | -12,6 | -5,1 | 5,9 | -15,5 | -6,3 |
| | 2050 | 1,9 | -24,4 | -17,2 | 0,6 | -26,1 | -19,9 |
| | 2070 | -13,3 | -32,1 | -23,2 | -7,7 | -35,3 | -26,7 |
| Sèvre moyenne 2 | 2030 | 8,5 | -13,3 | -6,9 | 4,3 | -15,5 | -8,1 |
| | 2050 | 0,3 | -23,9 | -17,8 | -0,1 | -25,0 | -19,6 |
| | 2070 | -14,4 | -31,5 | -22,5 | -8,1 | -34,1 | -25,6 |
| Sèvre moyenne 1 | 2030 | 7,8 | -14,0 | -8,0 | 3,1 | -16,1 | -9,9 |
| | 2050 | 0,1 | -25,5 | -20,7 | 0,3 | -26,9 | -22,9 |
| | 2070 | -15,4 | -34,4 | -26,1 | -8,4 | -37,5 | -30,4 |
| Sèvre amont | 2030 | 6,2 | -14,2 | -7,5 | 2,9 | -15,6 | -10,2 |
| | 2050 | 1,3 | -23,2 | -19,5 | 0,7 | -25,0 | -22,7 |
| | 2070 | -13,8 | -34,8 | -26,1 | -6,6 | -36,8 | -30,4 |
| Sanguèze | 2030 | 15,0 | -13,2 | 4,0 | 10,8 | -17,0 | -1,5 |
| | 2050 | 8,3 | -31,0 | -17,1 | 7,5 | -34,2 | -26,5 |
| | 2070 | -1,7 | -36,3 | -29,4 | 3,6 | -43,5 | -39,4 |
| Maine | 2030 | 9,6 | -11,7 | 3,0 | 6,1 | -17,5 | -2,5 |
| | 2050 | 3,2 | -31,9 | -22,4 | 1,8 | -34,1 | -25,9 |
| | 2070 | -14,5 | -40,6 | -31,6 | -9,9 | -44,0 | -35,0 |
| Petite Maine | 2030 | 11,0 | -9,1 | 9,2 | 7,2 | -13,0 | 5,1 |
| | 2050 | 5,0 | -29,0 | -14,3 | 5,0 | -29,4 | -16,8 |
| | 2070 | -12,8 | -35,8 | -27,2 | -5,0 | -36,7 | -29,2 |
| Grande Maine | 2030 | 9,4 | -15,9 | -5,2 | 5,6 | -20,4 | -8,6 |
| | 2050 | 1,0 | -35,7 | -28,0 | 1,1 | -37,5 | -30,0 |
| | 2070 | -16,6 | -45,9 | -35,3 | -9,3 | -49,0 | -38,3 |
| Moine 2 | 2030 | 10,0 | -9,4 | -2,1 | 5,7 | -9,3 | -2,8 |
| | 2050 | -1,0 | -14,7 | -5,7 | -2,1 | -12,7 | -6,2 |
| | 2070 | -13,1 | -18,7 | -4,2 | -9,0 | -16,0 | -5,1 |
| Moine 1 | 2030 | 9,6 | -7,3 | 0,7 | 5,9 | -5,5 | -0,8 |
| | 2050 | -4,4 | -10,8 | -2,5 | -2,5 | -7,3 | -2,8 |
| | 2070 | -16,0 | -12,7 | 0,8 | -9,1 | -8,6 | 0,7 |
| Ouin | 2030 | 9,4 | -15,3 | -7,1 | 4,6 | -19,4 | -11,5 |
| | 2050 | -1,7 | -28,5 | -20,6 | -0,8 | -31,7 | -25,2 |
| | 2070 | -15,5 | -36,0 | -25,5 | -7,8 | -40,5 | -31,0 |

Le Tableau 128 présente les évolutions de différents **quantiles de débits**, de Q1 (bas débits) à Q99 (hautes eaux). Les quantiles correspondant aux débits les plus bas (**Q1, Q5, Q25** et même **Q50**) montrent ainsi des évolutions très proches de ce que l'on a pu voir précédemment avec les QMNA et les VCN. En effet, des baisses fortes sont notées, et elles seront d'autant plus fortes que l'on se situera dans un futur lointain. De manière similaire au scénario C2, si la Moine semble ici aussi épargnée pour le Q1 et le Q5, elle présente en revanche, comme les autres UG, des baisses fortes

pour le Q25 et le Q50. A noter, pour 2030 les baisses sont moins fortes et que l'on peut noter de légères augmentations pour le Q1 et le Q50.

Le **Q75**, le **Q90** et le **Q99** présentent des augmentations plutôt faibles à modérées pour 2030 et 2050 et des diminutions faibles à modérées pour 2070.

Tableau 128: Evolution en pourcents des débits classés désinfluencés pour trois périodes futures et le modèle climatique B3, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Horizon | Evolution des débits classés en pourcent (%) | | | | | | |
|-----------------|---------|----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Q1 | Q5 | Q25 | Q50 | Q75 | Q90 | Q99 |
| Sèvre aval | 2030 | 3,5 | -9,4 | -10,4 | 1,7 | 12,6 | 11,1 | 8,0 |
| | 2050 | -10,4 | -23,9 | -26,9 | -15,2 | 6,9 | 7,4 | 2,5 |
| | 2070 | -17,6 | -30,3 | -40,8 | -40,0 | -17,8 | -9,1 | -6,6 |
| Sèvre moyenne 2 | 2030 | 1,7 | -10,4 | -12,7 | 0,5 | 11,0 | 9,9 | 9,2 |
| | 2050 | -9,9 | -23,3 | -27,3 | -14,7 | 5,3 | 4,9 | 1,0 |
| | 2070 | -17,2 | -29,0 | -40,6 | -39,7 | -17,8 | -10,4 | -6,1 |
| Sèvre moyenne 1 | 2030 | -1,1 | -10,3 | -12,3 | 2,3 | 11,3 | 7,6 | 9,0 |
| | 2050 | -14,8 | -24,8 | -27,8 | -10,6 | 5,8 | 2,5 | 2,7 |
| | 2070 | -23,9 | -32,5 | -42,7 | -37,7 | -17,8 | -12,2 | -6,2 |
| Sèvre amont | 2030 | -5,8 | -7,4 | -11,1 | 2,8 | 8,6 | 5,1 | 4,1 |
| | 2050 | -19,0 | -21,9 | -22,9 | -6,0 | 7,0 | 3,0 | -1,5 |
| | 2070 | -25,4 | -30,3 | -39,9 | -33,7 | -17,6 | -11,2 | -2,2 |
| Sanguèze | 2030 | 4,9 | 1,2 | -14,4 | 7,1 | 21,8 | 14,8 | 10,6 |
| | 2050 | -18,0 | -26,2 | -32,8 | -10,8 | 11,0 | 10,5 | 5,9 |
| | 2070 | -29,5 | -39,9 | -40,7 | -34,1 | -13,8 | -0,5 | 7,7 |
| Maine | 2030 | 9,6 | -7,0 | -7,2 | 1,8 | 12,4 | 11,1 | 4,7 |
| | 2050 | -16,9 | -29,2 | -30,9 | -18,0 | 7,3 | 8,1 | 1,1 |
| | 2070 | -22,7 | -38,5 | -46,6 | -46,1 | -20,6 | -11,6 | -10,7 |
| Petite Maine | 2030 | 8,4 | 6,9 | -0,2 | 6,7 | 16,0 | 10,6 | 5,7 |
| | 2050 | -10,7 | -17,5 | -27,5 | -10,4 | 12,4 | 8,1 | 2,4 |
| | 2070 | -21,6 | -29,0 | -39,8 | -37,8 | -15,3 | -9,8 | -9,5 |
| Grande Maine | 2030 | 0,1 | -16,3 | -8,4 | 0,3 | 9,3 | 9,0 | 2,7 |
| | 2050 | -22,9 | -38,0 | -38,5 | -24,7 | 2,5 | 1,7 | 1,0 |
| | 2070 | -30,3 | -43,5 | -53,3 | -51,1 | -23,6 | -15,1 | -12,7 |
| Moine 2 | 2030 | 1,0 | -1,9 | -14,3 | -3,5 | 11,6 | 11,0 | 8,5 |
| | 2050 | -1,3 | -7,1 | -24,6 | -24,2 | 1,7 | 3,8 | -2,8 |
| | 2070 | -1,4 | -8,0 | -32,5 | -46,5 | -20,2 | -8,9 | -7,7 |
| Moine 1 | 2030 | 0,6 | -1,5 | -8,0 | -6,2 | 12,5 | 9,5 | 6,7 |
| | 2050 | -0,4 | -3,6 | -19,5 | -32,4 | -3,0 | -1,5 | -3,0 |
| | 2070 | -0,3 | -3,2 | -24,1 | -51,6 | -24,1 | -14,0 | -12,0 |
| Ouin | 2030 | 4,6 | -15,1 | -12,4 | 2,1 | 13,7 | 8,7 | 6,7 |
| | 2050 | -11,9 | -29,5 | -34,3 | -20,9 | 2,0 | 0,7 | -2,4 |
| | 2070 | -22,1 | -34,3 | -44,2 | -41,3 | -18,4 | -12,6 | -11,3 |

Le Tableau 129 présente l'évolution des **débits mensuels moyens**. On distingue plusieurs éléments notables sur ce tableau. Tout d'abord, les débits mensuels moyens sont à la baisse de juin à novembre sur l'ensemble des UG et des horizons futurs (à l'exception de l'horizon 2050 pour certains mois pour la Sanguèze et la Petite Maine). De plus, cette baisse est d'autant plus forte que l'on se trouve dans un futur lointain, et le mois d'octobre semble le plus impacté. En décembre, les horizons 2030 et 2050 indiquent une hausse et 2070 une hausse faible. De janvier à février, les évolutions restent limitées (légères hausses pour 2030, et légères baisses pour 2050 et 2070). Mars indique des évolutions faibles à tous les horizons, alors qu'avril et mai indiquent des évolutions très contrastées selon l'horizon. La Figure 138 confirme ces observations. Elle montre clairement une baisse des débits en mai et juin qui n'était pas forcément observable pour le scénario C2.

Tableau 129: Evolution en pourcents des débits mensuels moyens désinfluencés pour trois périodes futures et le modèle climatique B3, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Horizon | Evolution des débits moyens mensuels en pourcent (%) | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|------------------------------------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc |
| Sèvre aval | 2030 | 13,8 | 16,0 | -3,9 | 17,9 | 10,2 | -13,5 | -24,5 | -11,8 | -15,8 | -27,2 | -10,6 | 30,3 |
| | 2050 | -4,0 | -1,1 | 4,3 | 3,2 | -11,0 | -37,6 | -37,8 | -28,2 | -33,2 | -38,1 | -7,2 | 40,8 |
| | 2070 | -14,7 | -0,5 | 2,2 | -9,9 | -15,6 | -37,3 | -41,8 | -37,0 | -38,9 | -59,9 | -33,7 | -7,7 |
| Sèvre moyenne 2 | 2030 | 14,0 | 14,4 | -3,2 | 16,3 | 8,0 | -12,1 | -18,8 | -11,2 | -19,0 | -27,2 | -9,7 | 27,7 |
| | 2050 | -4,7 | -1,2 | 4,1 | 4,5 | -11,5 | -35,9 | -32,6 | -26,0 | -31,8 | -38,0 | -12,0 | 36,5 |
| | 2070 | -15,9 | -1,5 | 2,6 | -9,4 | -16,6 | -37,5 | -38,7 | -34,3 | -36,8 | -59,6 | -36,3 | -10,4 |
| Sèvre moyenne 1 | 2030 | 13,3 | 13,1 | -3,8 | 10,9 | 9,8 | -9,3 | -15,6 | -10,6 | -24,5 | -24,7 | -8,8 | 26,4 |
| | 2050 | -4,4 | -2,3 | 3,4 | 4,0 | -8,1 | -32,8 | -30,5 | -26,2 | -29,0 | -31,5 | -13,2 | 34,9 |
| | 2070 | -17,3 | -1,7 | 2,6 | -9,8 | -15,7 | -35,0 | -38,3 | -34,6 | -36,2 | -58,5 | -38,0 | -13,9 |
| Sèvre amont | 2030 | 12,9 | 11,0 | -5,8 | 3,1 | 6,4 | -8,8 | -17,4 | -13,4 | -23,0 | -23,2 | -7,1 | 23,8 |
| | 2050 | -4,4 | -2,4 | 2,6 | 5,9 | -8,3 | -30,6 | -30,5 | -25,5 | -10,4 | -18,2 | -8,4 | 34,2 |
| | 2070 | -16,9 | -0,6 | 5,3 | -6,6 | -16,4 | -36,2 | -39,5 | -35,6 | -21,0 | -48,4 | -32,1 | -13,8 |
| Sanguèze | 2030 | 15,2 | 21,3 | 1,7 | 38,2 | 35,5 | -10,5 | -48,8 | -15,3 | 36,7 | -30,8 | -4,9 | 36,2 |
| | 2050 | -6,1 | -1,9 | 12,3 | 10,6 | 4,8 | -35,8 | -54,9 | -30,3 | -32,7 | -43,0 | 13,9 | 49,5 |
| | 2070 | -3,6 | -0,5 | 8,3 | -3,2 | 9,3 | -20,7 | -46,9 | -51,7 | -33,4 | -49,3 | -7,8 | 13,1 |
| Maine | 2030 | 13,4 | 17,0 | -6,8 | 19,8 | 10,2 | -18,8 | -39,5 | -11,2 | -8,3 | -23,0 | -11,2 | 32,8 |
| | 2050 | -3,5 | -1,3 | 3,8 | 0,6 | -15,9 | -44,6 | -52,7 | -38,8 | -33,3 | -34,1 | -3,1 | 44,9 |
| | 2070 | -15,4 | -0,1 | 1,3 | -11,8 | -18,2 | -41,9 | -51,9 | -48,6 | -43,2 | -65,9 | -34,3 | -8,9 |
| Petite Maine | 2030 | 13,5 | 16,8 | -6,2 | 7,2 | 24,9 | -7,5 | -39,8 | -2,4 | -5,0 | -8,3 | -5,6 | 33,5 |
| | 2050 | -2,9 | -5,8 | 2,0 | -6,3 | -3,4 | -31,7 | -52,4 | -47,6 | 4,2 | -12,2 | 3,2 | 45,9 |
| | 2070 | -15,1 | 2,2 | 4,3 | -13,1 | -13,4 | -22,6 | -44,5 | -44,6 | -3,3 | -60,5 | -27,9 | -9,4 |
| Grande Maine | 2030 | 13,1 | 15,8 | -7,6 | 21,6 | 3,2 | -12,6 | -31,7 | -10,8 | -11,7 | -24,7 | -10,6 | 33,8 |
| | 2050 | -5,0 | -0,1 | 3,3 | 1,7 | -21,3 | -41,9 | -48,4 | -45,1 | -56,3 | -48,0 | -8,8 | 42,6 |
| | 2070 | -16,5 | -1,6 | 1,6 | -10,5 | -22,3 | -44,4 | -56,2 | -52,3 | -62,1 | -78,6 | -39,4 | -11,4 |
| Moine 2 | 2030 | 16,6 | 16,3 | -0,9 | 33,7 | -1,6 | -21,6 | -30,2 | -11,4 | -8,6 | -29,5 | -12,6 | 27,2 |
| | 2050 | -7,6 | 0,5 | 6,1 | 9,1 | -26,1 | -48,0 | -38,9 | -22,2 | -33,8 | -48,1 | -13,3 | 36,0 |
| | 2070 | -13,5 | -3,9 | 2,5 | -9,1 | -23,0 | -48,4 | -40,1 | -31,7 | -31,1 | -60,1 | -32,4 | -3,5 |

| UG | Horizon | Evolution des débits moyens mensuels en pourcent (%) | | | | | | | | | | | |
|---------|---------|------------------------------------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc |
| Moine 1 | 2030 | 17,5 | 13,4 | -1,6 | 34,9 | -2,3 | -22,1 | -24,0 | -0,1 | -15,5 | -33,5 | -20,6 | 25,7 |
| | 2050 | -12,4 | -2,6 | 4,9 | 5,4 | -28,5 | -49,8 | -35,9 | -14,4 | -34,0 | -51,6 | -26,7 | 32,1 |
| | 2070 | -18,8 | -6,2 | 3,0 | -17,4 | -26,3 | -46,9 | -37,3 | -20,8 | -12,0 | -63,3 | -39,6 | -9,4 |
| Ouin | 2030 | 13,0 | 13,0 | -3,1 | 26,7 | 12,1 | -16,1 | -19,8 | -1,0 | -27,1 | -21,0 | -4,3 | 25,9 |
| | 2050 | -7,8 | -3,7 | 6,1 | 6,2 | -15,8 | -44,6 | -37,2 | -30,7 | -48,1 | -39,2 | -10,6 | 30,1 |
| | 2070 | -14,7 | -3,2 | 2,1 | -13,3 | -18,4 | -40,0 | -37,3 | -35,4 | -47,4 | -68,2 | -35,6 | -9,5 |

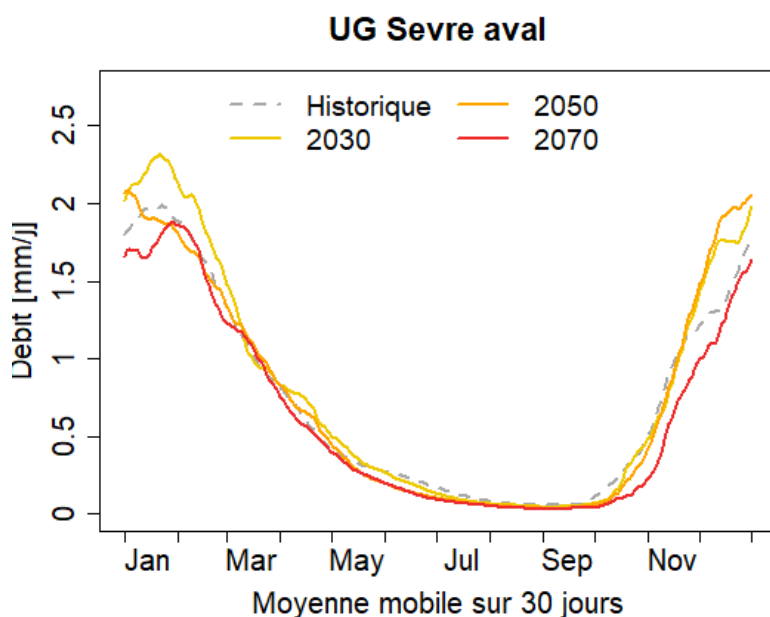


Figure 138: Evolution du régime désinfluencé de la Sèvre Nantaise aval selon le scénario B3

Le Tableau 130 présente l'évolution des débits mensuels quinquennaux secs. On note généralement de mars à novembre des diminutions faibles à modérées de ces indicateurs, sauf à l'horizon 2030 pour avril et novembre. Ces diminutions sont plus fortes à l'horizon 2070, notamment en octobre et novembre. Les mois de décembre et janvier indiquent des diminutions fortes à l'horizon 2070, mais des augmentations fortes aux horizons 2030 et 2050. Enfin, février indique des augmentations fortes vers 2030, faibles vers 2050 et indéterminées vers 2070. Notons que les diminutions du QMM5 pour ce scénario sont proportionnellement plus faibles que celles du débit moyen mensuel (Tableau 129).

Tableau 130: Evolution en pourcents des débits mensuels quinquennaux secs désinfluencés pour trois périodes futures et le modèle climatique B3, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Horizon | Evolution des débits mensuels quinquennaux secs en pourcent (%) | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|-----------------------------------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc |
| Sèvre aval | 2030 | 22,2 | 45,0 | -4,7 | 7,3 | -4,7 | -4,3 | -4,6 | -4,1 | -11,8 | -7,2 | 39,3 | 36,1 |
| | 2050 | 16,6 | 10,2 | -9,8 | 1,7 | -17,4 | -22,0 | -18,5 | -17,6 | -22,2 | -23,5 | -4,9 | 31,1 |
| | 2070 | -37,2 | 1,4 | -22,0 | -7,4 | -16,6 | -26,5 | -18,6 | -18,6 | -26,6 | -38,5 | -54,1 | -47,4 |
| Sèvre moyenne 2 | 2030 | 23,4 | 42,7 | -2,8 | 6,6 | -3,7 | -6,1 | -6,6 | -6,4 | -11,0 | -12,5 | 33,8 | 34,4 |
| | 2050 | 16,2 | 9,4 | -8,6 | 1,5 | -15,8 | -22,0 | -19,5 | -17,7 | -21,2 | -25,7 | -12,2 | 24,0 |
| | 2070 | -37,3 | -1,2 | -19,8 | -5,3 | -14,0 | -24,6 | -17,7 | -18,0 | -24,8 | -38,8 | -57,4 | -50,1 |
| Sèvre moyenne 1 | 2030 | 22,8 | 41,8 | -4,0 | 6,1 | -1,3 | -6,2 | -7,0 | -8,5 | -9,4 | -14,8 | 33,0 | 35,7 |
| | 2050 | 15,6 | 9,2 | -9,2 | 2,6 | -11,3 | -21,0 | -20,7 | -19,9 | -24,6 | -29,8 | -15,5 | 22,2 |
| | 2070 | -39,5 | -1,6 | -19,8 | -2,4 | -8,9 | -22,2 | -18,6 | -19,9 | -29,1 | -41,7 | -60,7 | -54,7 |
| Sèvre amont | 2030 | 27,4 | 40,6 | -5,6 | 3,3 | 0,0 | -7,0 | -5,9 | -7,0 | -10,9 | -12,7 | 33,5 | 36,8 |
| | 2050 | 17,7 | 9,9 | -10,0 | 4,7 | -7,7 | -18,6 | -17,8 | -18,3 | -28,6 | -27,9 | -9,5 | 29,2 |
| | 2070 | -36,4 | 1,7 | -17,8 | 2,9 | -4,0 | -17,1 | -15,3 | -18,1 | -35,2 | -42,1 | -59,5 | -53,1 |
| Sanguèze | 2030 | 28,6 | 59,3 | 1,0 | 18,8 | 4,1 | 10,0 | 13,1 | 9,1 | -25,7 | 11,9 | 25,8 | 48,2 |
| | 2050 | 20,5 | 13,9 | -1,7 | 9,7 | -10,2 | -14,1 | -6,9 | -19,9 | -42,6 | -12,7 | -0,7 | 97,4 |
| | 2070 | -25,6 | 15,5 | -21,4 | -5,7 | -17,4 | -26,8 | -17,7 | -22,7 | -46,2 | -37,9 | -37,9 | -16,1 |
| Maine | 2030 | 23,0 | 46,5 | -11,1 | 6,4 | -9,4 | -2,8 | -2,8 | -1,0 | -12,1 | 9,1 | 57,0 | 39,0 |
| | 2050 | 18,8 | 11,9 | -14,8 | -1,6 | -25,0 | -28,3 | -23,4 | -23,0 | -29,5 | -22,8 | 10,9 | 42,4 |
| | 2070 | -40,7 | 5,4 | -27,1 | -16,0 | -25,3 | -34,0 | -26,1 | -24,9 | -36,3 | -49,1 | -53,1 | -48,9 |
| Petite Maine | 2030 | 19,4 | 48,1 | -8,5 | 6,3 | 3,2 | 9,3 | 7,2 | 13,9 | -5,0 | 28,4 | 57,4 | 35,9 |
| | 2050 | 18,9 | 8,7 | -9,4 | 3,3 | -7,0 | -12,9 | -11,4 | -9,7 | -28,6 | -13,0 | 27,9 | 62,1 |
| | 2070 | -36,6 | 6,6 | -24,6 | -14,6 | -13,3 | -25,5 | -18,8 | -19,6 | -36,9 | -41,8 | -41,5 | -42,2 |
| Grande Maine | 2030 | 23,8 | 43,1 | -13,5 | 8,0 | -10,4 | -10,9 | -10,0 | -9,1 | -17,8 | -1,7 | 74,4 | 40,1 |
| | 2050 | 17,8 | 12,3 | -17,7 | -3,5 | -28,6 | -36,4 | -31,2 | -24,6 | -28,2 | -33,7 | -1,3 | 19,1 |
| | 2070 | -45,3 | -1,1 | -28,7 | -16,3 | -25,9 | -37,8 | -28,5 | -25,7 | -33,3 | -54,0 | -64,7 | -59,5 |
| Moine 2 | 2030 | 28,4 | 45,5 | 4,4 | 8,7 | -9,9 | -12,6 | -2,5 | -3,4 | -12,4 | -10,2 | 19,0 | 28,2 |
| | 2050 | 14,7 | 8,5 | -7,2 | -2,2 | -29,8 | -30,9 | -12,7 | -10,6 | -7,4 | -14,9 | -8,4 | 16,8 |
| | 2070 | -32,5 | -4,5 | -19,2 | -10,5 | -29,9 | -35,4 | -15,4 | -7,6 | -11,9 | -26,0 | -49,6 | -40,8 |
| Moine 1 | 2030 | 23,2 | 59,6 | 7,6 | 9,5 | -3,9 | -9,9 | -2,1 | -7,0 | -1,3 | -5,7 | 10,8 | 35,8 |
| | 2050 | 2,9 | 5,6 | -10,9 | -6,5 | -24,4 | -27,8 | -12,5 | -10,2 | 6,7 | -13,0 | -12,6 | 4,6 |
| | 2070 | -36,7 | -7,9 | -25,1 | -13,6 | -23,0 | -32,9 | -13,7 | -4,0 | -10,4 | -17,0 | -52,7 | -50,3 |
| Ouin | 2030 | 21,4 | 37,5 | -3,7 | 7,1 | -4,4 | -8,2 | -8,0 | -15,4 | -12,0 | -12,2 | 46,5 | 28,9 |
| | 2050 | 10,0 | 6,4 | -11,1 | -5,3 | -20,1 | -28,1 | -25,2 | -25,8 | -22,6 | -32,7 | -16,3 | 20,7 |
| | 2070 | -34,2 | 3,3 | -17,8 | -9,8 | -16,0 | -30,7 | -25,2 | -26,5 | -26,0 | -45,8 | -61,5 | -49,4 |

À retenir :

Le scénario B3 est un scénario sec et chaud à l'année, avec notamment une augmentation de la précipitation plus faible que d'autres scénarios l'hiver (moins de recharge). Ce scénario a lui aussi des impacts non négligeables sur les débits désinfluencés, par rapport à la période historique :

- augmentation faible du module vers 2030 mais diminution faible vers 2070 par rapport à la période historique,
- baisse forte des débits d'étiages sur l'ensemble du bassin (QMNA, VCN, quantiles faibles à l'exception du Q1), d'autant plus que l'on se situera dans un futur lointain,
- évolution des débits les plus forts qui suit celle du module,
- débits hivernaux et de novembre en baisse vers 2070, mais pas aux précédents horizons,
- débits printaniers et estivaux en baisse, d'autant plus que l'on se situera dans un futur lointain,
- débits mensuels quinquennaux secs en baisse sur de nombreux mois et de nombreux horizons.

5.3.3 Projection F4

On observe dans le Tableau 131 que le **débit moyen (module)** sera, à quelques exceptions près vers 2030, en baisse faible à modérée. Les baisses seront plus importantes à mesure que l'on s'éloigne dans le temps. Cela traduit que ce scénario est un scénario climatique plutôt sec en comparaison des autres.

Le **QMNA2** et le **QMNA5** montrent des baisses plus importantes, et donc une aggravation nette des étiages. De plus, comme pour le module, on note que les baisses sont plus fortes à mesure que l'on se situe dans un futur lointain, avec pour le QMNA2 environ de -5 à -23 % en 2030, -6 à -33 % en 2050 et -8 à -40 % en 2070 et pour le QMNA5 environ de -6 à -25 % en 2030, -3 à -35 % en 2050 et -3 à -40 % en 2070. Seule la Moine semble afficher des baisses plus modérées de ces indicateurs.

Le **coefficient de ruissellement (CR)** n'évolue que peu, avec quelques hausses faibles vers 2030, et des baisses faibles le reste du temps.

Enfin, le **VCN10** et le **VCN30**, indicateurs d'étiage eux aussi, décrivent des évolutions à la baisse très similaires aux QMNA.

Tableau 131: Evolution en pourcents des débits caractéristiques désinfluencés pour trois périodes futures et le modèle climatique F4, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Horizon | Module | Evolution en pourcent (%) | | | | |
|-----------------|---------|--------|---------------------------|-------|------|-------|-------|
| | | | QMNA2 | QMNA5 | CR | VCN10 | VCN30 |
| Sèvre aval | 2030 | -2,6 | -15,4 | -14,2 | 1,1 | -14,9 | -14,4 |
| | 2050 | -5,9 | -20,5 | -16,4 | 0,8 | -20,0 | -16,3 |
| | 2070 | -8,5 | -23,8 | -19,1 | -2,6 | -22,6 | -18,3 |
| Sèvre moyenne 2 | 2030 | -3,2 | -15,3 | -14,4 | -0,3 | -14,0 | -13,0 |
| | 2050 | -5,6 | -18,6 | -14,7 | -0,8 | -18,5 | -14,2 |
| | 2070 | -8,0 | -22,5 | -18,2 | -3,2 | -21,4 | -16,9 |
| Sèvre moyenne 1 | 2030 | -3,7 | -17,0 | -16,1 | -0,5 | -15,9 | -14,6 |
| | 2050 | -5,3 | -20,2 | -16,9 | -0,3 | -21,0 | -16,7 |
| | 2070 | -7,7 | -25,3 | -23,2 | -2,3 | -25,1 | -21,5 |
| Sèvre amont | 2030 | -3,1 | -16,8 | -14,4 | -0,8 | -14,8 | -13,3 |
| | 2050 | -4,6 | -18,5 | -12,9 | -2,1 | -20,0 | -14,8 |
| | 2070 | -5,8 | -25,2 | -21,2 | -3,1 | -24,6 | -19,9 |
| Sanguèze | 2030 | 1,2 | -22,8 | -24,9 | 4,4 | -27,4 | -27,1 |
| | 2050 | -3,8 | -29,3 | -34,7 | 1,5 | -33,9 | -35,0 |
| | 2070 | -5,7 | -39,3 | -40,3 | -1,1 | -40,4 | -37,6 |
| Maine | 2030 | -2,4 | -19,0 | -20,1 | 1,3 | -19,2 | -20,9 |
| | 2050 | -6,7 | -29,1 | -26,7 | -0,1 | -30,6 | -28,6 |
| | 2070 | -10,1 | -36,3 | -34,0 | -4,1 | -34,7 | -32,6 |
| Petite Maine | 2030 | 0,4 | -8,8 | -13,9 | 3,2 | -9,5 | -14,3 |
| | 2050 | -3,2 | -15,5 | -18,1 | 1,9 | -19,2 | -19,9 |
| | 2070 | -8,1 | -33,8 | -33,8 | -2,4 | -30,6 | -31,4 |
| Grande Maine | 2030 | -4,3 | -21,5 | -19,7 | -2,0 | -21,8 | -21,2 |
| | 2050 | -8,3 | -33,3 | -28,5 | -4,1 | -33,3 | -28,5 |
| | 2070 | -12,0 | -38,9 | -34,6 | -7,5 | -37,4 | -33,5 |
| Moine 2 | 2030 | -2,1 | -11,7 | -9,6 | 0,9 | -8,0 | -7,6 |
| | 2050 | -5,7 | -13,6 | -6,5 | -1,2 | -8,9 | -3,8 |
| | 2070 | -8,2 | -14,9 | -6,6 | -4,5 | -9,5 | -4,5 |
| Moine 1 | 2030 | -0,6 | -4,8 | -6,3 | 1,6 | -2,2 | -3,2 |
| | 2050 | -0,8 | -6,4 | -3,8 | 1,5 | -2,7 | -1,4 |
| | 2070 | -3,7 | -7,8 | -3,6 | -1,3 | -3,7 | -1,4 |
| Ouin | 2030 | -2,2 | -15,6 | -15,3 | 0,0 | -13,8 | -13,3 |
| | 2050 | -2,8 | -23,2 | -21,7 | 0,7 | -21,7 | -19,2 |
| | 2070 | -6,2 | -26,7 | -27,2 | -2,1 | -25,1 | -24,1 |

Le Tableau 132 présente les évolutions de différents **quantiles de débits**, de Q1 (bas débits) à Q99 (hautes eaux). Les quantiles **Q1, Q5, Q25, Q50, Q75** et même **Q90** montrent des baisses. Ces baisses seront d'autant plus fortes que l'on se situera dans un futur lointain. Notons toutefois que les baisses sont moins fortes pour les quantiles Q75 et Q90.

Le **Q99**, quant à lui, présente des augmentations plutôt faibles à modérées, montrant que les extrêmes de crue ont tendance à se stabiliser voire à augmenter contrairement au reste de l'hydrogramme.

Tableau 132: Evolution en pourcents des débits classés désinfluençés pour trois périodes futures et le modèle climatique F4, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Horizon | Evolution des débits classés en pourcent (%) | | | | | | |
|-----------------|---------|----------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| | | Q1 | Q5 | Q25 | Q50 | Q75 | Q90 | Q99 |
| Sèvre aval | 2030 | -13,3 | -14,4 | -24,1 | -18,6 | -7,0 | -4,0 | 9,0 |
| | 2050 | -18,2 | -20,0 | -28,8 | -31,7 | -10,9 | -6,0 | 10,9 |
| | 2070 | -20,8 | -20,8 | -34,5 | -35,8 | -12,3 | -7,5 | 6,8 |
| Sèvre moyenne 2 | 2030 | -11,4 | -13,9 | -24,6 | -17,2 | -9,6 | -3,2 | 11,5 |
| | 2050 | -15,6 | -18,4 | -28,2 | -28,9 | -11,4 | -4,7 | 11,3 |
| | 2070 | -18,5 | -19,9 | -34,1 | -33,4 | -12,0 | -5,1 | 8,0 |
| Sèvre moyenne 1 | 2030 | -14,2 | -15,7 | -24,8 | -16,7 | -9,6 | -3,3 | 14,0 |
| | 2050 | -18,4 | -20,2 | -28,5 | -27,3 | -11,3 | -3,7 | 11,3 |
| | 2070 | -22,5 | -23,7 | -34,7 | -32,7 | -11,2 | -3,6 | 7,8 |
| Sèvre amont | 2030 | -11,4 | -12,8 | -24,2 | -19,3 | -8,6 | -2,6 | 8,0 |
| | 2050 | -14,0 | -17,0 | -26,0 | -26,0 | -10,3 | -1,4 | 10,4 |
| | 2070 | -22,6 | -22,0 | -31,8 | -31,8 | -8,3 | -0,8 | 7,7 |
| Sanguèze | 2030 | -18,1 | -28,5 | -26,8 | -19,1 | -2,1 | 0,8 | 7,5 |
| | 2050 | -35,6 | -39,6 | -34,0 | -28,0 | -8,6 | -7,2 | 10,3 |
| | 2070 | -35,8 | -41,4 | -42,5 | -37,0 | -9,1 | -6,4 | 9,0 |
| Maine | 2030 | -20,9 | -21,2 | -21,7 | -16,6 | -5,0 | -4,6 | 6,6 |
| | 2050 | -31,9 | -32,7 | -34,0 | -36,3 | -11,8 | -9,0 | 9,9 |
| | 2070 | -32,5 | -35,5 | -39,4 | -42,0 | -14,7 | -9,9 | 7,4 |
| Petite Maine | 2030 | -17,2 | -17,4 | -10,6 | -7,7 | 0,8 | -2,8 | 9,7 |
| | 2050 | -28,7 | -26,3 | -24,9 | -24,6 | -7,8 | -5,8 | 11,5 |
| | 2070 | -37,1 | -33,3 | -36,4 | -35,8 | -13,9 | -9,8 | 6,9 |
| Grande Maine | 2030 | -21,2 | -19,7 | -31,0 | -23,2 | -9,2 | -6,5 | 2,2 |
| | 2050 | -32,9 | -32,9 | -40,9 | -42,4 | -14,2 | -8,8 | 2,7 |
| | 2070 | -32,1 | -34,6 | -45,2 | -47,8 | -19,0 | -9,8 | -1,3 |
| Moine 2 | 2030 | -3,3 | -5,8 | -21,6 | -18,3 | -9,1 | -3,3 | 6,7 |
| | 2050 | -4,8 | -7,2 | -24,1 | -32,2 | -11,5 | -6,2 | 9,2 |
| | 2070 | -4,8 | -7,9 | -25,6 | -35,0 | -13,1 | -5,9 | 3,7 |
| Moine 1 | 2030 | -2,6 | -3,7 | -14,8 | -18,4 | -9,6 | -0,8 | 8,5 |
| | 2050 | -3,4 | -3,6 | -16,1 | -30,3 | -8,8 | -1,8 | 10,9 |
| | 2070 | -3,7 | -3,9 | -18,6 | -31,9 | -10,3 | -0,2 | 5,9 |
| Ouin | 2030 | -12,2 | -14,9 | -24,0 | -14,6 | -6,8 | -1,4 | 3,7 |
| | 2050 | -20,3 | -23,9 | -28,2 | -28,8 | -6,2 | -1,9 | 7,0 |
| | 2070 | -22,3 | -25,0 | -34,9 | -32,5 | -8,1 | -1,6 | 1,5 |

Le Tableau 133 présente l'évolution des **débits mensuels moyens**. On distingue plusieurs éléments notables sur ce tableau. Tout d'abord, les débits mensuels moyens sont à la baisse d'avril à décembre sur l'ensemble des UG et des horizons futurs, à quelques rares exceptions près pour 2030. De plus, cette baisse est d'autant plus forte que l'on se trouve dans un futur lointain, et elle semble d'autant plus forte en juin, juillet et octobre, novembre. En novembre, les horizons 2030 et 2050 indiquent une hausse modérée et 2070 une hausse faible. En janvier, les débits sont à la hausse, notamment pour 2050. Les débits sont à la légère baisse ou stagnent en février, et augmentent pour les horizons 2030 et 2050 et diminuent pour 2070 en mars. Ces observations sont confirmées par les régimes (Figure 139). Les régimes montrent aussi une augmentation significative en mars pour 2030, à cet horizon, les débits de mars dépasseront même ceux de février.

Tableau 133: Evolution en pourcents des débits mensuels moyens désinfluencés pour trois périodes futures et le modèle climatique F4, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Horizon | Evolution des débits moyens mensuels en pourcent (%) | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc |
| Sèvre aval | 2030 | 10,7 | -1,7 | 28,1 | -3,6 | -19,8 | 3,2 | -19,3 | -7,9 | -8,5 | -67,5 | -39,1 | -10,8 |
| | 2050 | 22,5 | -6,2 | 9,0 | -5,0 | -20,0 | -6,9 | -29,4 | -23,7 | -19,2 | -58,0 | -50,0 | -13,3 |
| | 2070 | 14,8 | -1,7 | -5,4 | -13,8 | -23,1 | -41,3 | -43,0 | -29,2 | -19,9 | -54,4 | -38,3 | -8,4 |
| Sèvre moyenne 2 | 2030 | 9,2 | -1,7 | 27,1 | -2,7 | -19,9 | -3,8 | -18,6 | -9,3 | -12,6 | -64,0 | -37,8 | -12,1 |
| | 2050 | 21,2 | -5,6 | 9,2 | -3,2 | -20,3 | -8,9 | -28,0 | -23,3 | -18,1 | -49,2 | -47,7 | -13,8 |
| | 2070 | 14,3 | -1,2 | -3,8 | -10,9 | -23,6 | -40,0 | -39,9 | -27,9 | -18,1 | -48,4 | -38,2 | -7,9 |
| Sèvre moyenne 1 | 2030 | 9,5 | -1,9 | 27,4 | -1,8 | -18,9 | -10,3 | -18,4 | -10,6 | -14,1 | -63,6 | -38,8 | -13,2 |
| | 2050 | 21,5 | -5,2 | 9,5 | -1,3 | -18,9 | -13,6 | -28,0 | -24,7 | -19,7 | -45,2 | -47,0 | -13,4 |
| | 2070 | 15,0 | 0,0 | -2,5 | -8,9 | -25,3 | -38,2 | -41,8 | -29,5 | -18,3 | -45,6 | -39,9 | -7,2 |
| Sèvre amont | 2030 | 13,3 | -1,4 | 28,0 | -2,3 | -18,6 | -17,7 | -20,1 | -14,1 | -15,7 | -64,6 | -33,1 | -12,5 |
| | 2050 | 24,1 | -7,7 | 10,6 | -0,6 | -19,2 | -17,3 | -27,5 | -28,2 | -17,7 | -39,5 | -41,9 | -10,9 |
| | 2070 | 19,5 | 1,4 | -1,4 | -7,1 | -28,9 | -37,1 | -40,6 | -30,4 | -12,7 | -40,6 | -37,2 | -4,1 |
| Sanguèze | 2030 | 24,9 | 0,2 | 34,0 | -12,3 | -20,9 | -0,6 | -38,9 | -21,7 | 14,3 | -73,5 | -31,2 | -3,0 |
| | 2050 | 34,6 | -10,9 | 9,2 | -18,6 | -21,4 | -11,1 | -44,4 | -40,3 | -21,2 | -72,9 | -45,9 | -0,5 |
| | 2070 | 25,1 | -3,2 | -11,9 | -26,5 | 1,7 | -55,5 | -61,6 | -40,7 | -31,4 | -63,8 | -28,5 | -1,4 |
| Maine | 2030 | 10,2 | -1,6 | 30,3 | -6,4 | -20,0 | 42,6 | -13,1 | 7,3 | 15,6 | -76,1 | -41,6 | -10,1 |
| | 2050 | 23,5 | -6,5 | 9,3 | -7,2 | -19,0 | 6,3 | -30,1 | -21,3 | -22,8 | -76,5 | -53,8 | -14,7 |
| | 2070 | 14,4 | -2,2 | -8,8 | -17,2 | -26,2 | -46,5 | -51,7 | -33,4 | -29,2 | -67,5 | -40,3 | -10,8 |
| Petite Maine | 2030 | 10,5 | 0,6 | 35,5 | 1,3 | -12,8 | 97,9 | 24,2 | 16,7 | 57,6 | -73,4 | -35,5 | -6,0 |
| | 2050 | 28,4 | -2,1 | 12,2 | -0,2 | -9,5 | 31,3 | -5,5 | -10,3 | -5,9 | -73,1 | -49,3 | -9,4 |
| | 2070 | 15,3 | 4,8 | -8,9 | -14,8 | -20,1 | -32,8 | -42,2 | -29,9 | -21,6 | -63,3 | -39,9 | -7,2 |
| Grande Maine | 2030 | 7,7 | -4,6 | 28,7 | -9,3 | -23,9 | 23,7 | -24,0 | 1,4 | -5,0 | -78,6 | -45,2 | -9,9 |
| | 2050 | 22,0 | -8,6 | 8,3 | -10,1 | -23,5 | -1,4 | -38,5 | -25,9 | -32,3 | -79,6 | -56,6 | -15,5 |
| | 2070 | 13,0 | -5,1 | -8,8 | -17,6 | -27,5 | -53,2 | -55,9 | -34,7 | -36,4 | -73,9 | -45,3 | -11,7 |
| Moine 2 | 2030 | 7,7 | -0,8 | 26,8 | -5,1 | -25,7 | 13,0 | -21,8 | -8,2 | -13,1 | -63,4 | -33,5 | -10,1 |
| | 2050 | 20,1 | -6,7 | 9,1 | -6,7 | -27,3 | 7,3 | -30,8 | -20,7 | -13,6 | -53,6 | -48,7 | -14,2 |
| | 2070 | 14,1 | -4,1 | -6,1 | -13,5 | -21,4 | -48,4 | -30,4 | -20,1 | -15,9 | -51,7 | -33,8 | -8,3 |

| UG | Horizon | Evolution des débits moyens mensuels en pourcent (%) | | | | | | | | | | | |
|---------|---------|------------------------------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc |
| Moine 1 | 2030 | 3,4 | -0,5 | 34,2 | 9,0 | -24,8 | 17,9 | -17,3 | -6,0 | -11,4 | -67,0 | -38,2 | -11,2 |
| | 2050 | 21,5 | -3,2 | 15,6 | 9,5 | -22,1 | 24,0 | -29,3 | -14,4 | -7,4 | -43,8 | -49,8 | -13,3 |
| | 2070 | 15,2 | -1,3 | -0,5 | -1,7 | -25,5 | -47,9 | -33,7 | -11,4 | -11,0 | -44,1 | -36,6 | -2,1 |
| Ouin | 2030 | 10,7 | -1,0 | 27,6 | -3,1 | -21,1 | 2,8 | -15,6 | -5,3 | -16,2 | -68,7 | -33,5 | -7,6 |
| | 2050 | 27,2 | -3,1 | 7,7 | -2,2 | -18,9 | -3,5 | -31,9 | -21,4 | -19,4 | -47,5 | -42,6 | -5,9 |
| | 2070 | 16,5 | -1,8 | -5,1 | -7,5 | -25,6 | -46,5 | -47,0 | -21,6 | -17,6 | -46,2 | -33,2 | -0,2 |

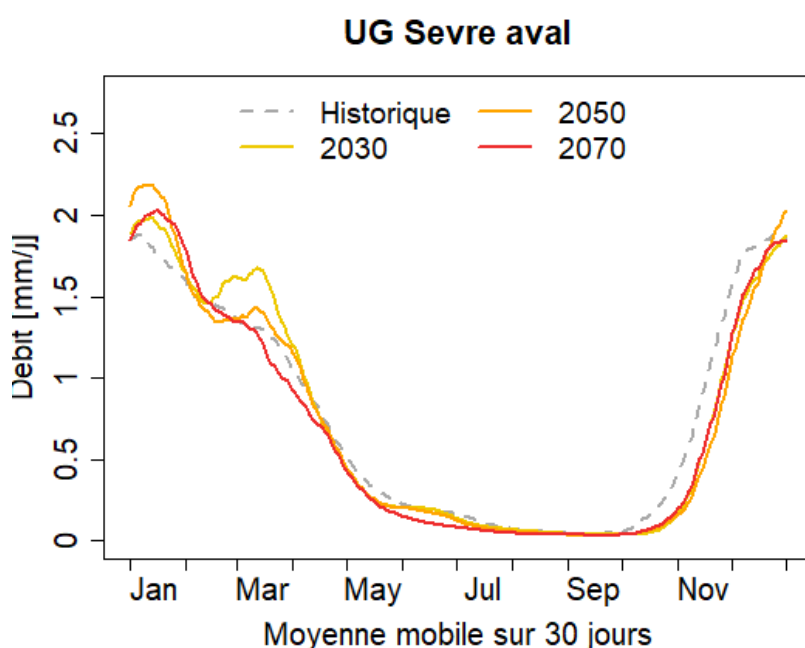


Figure 139: Evolution du régime désinfluencé de la Sèvre Nantaise aval selon le scénario F4

Le Tableau 134 présente l'évolution des débits mensuels quinquennaux secs. A l'exception de janvier, qui indique de fortes hausses, et à de rares exceptions près, on note une baisse générale de cet indicateur tout au long de l'année avec des ordres de grandeurs similaires aux baisses de débit moyen mensuels d'avril à décembre.

Tableau 134: Evolution en pourcents des débits mensuels quinquennaux secs désinfluencés pour trois périodes futures et le modèle climatique F4, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Horizon | Evolution des débits mensuels quinquennaux secs en pourcent (%) | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|-----------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc |
| Sèvre aval | 2030 | 53,6 | -9,3 | -11,1 | -16,0 | -25,7 | -8,5 | -14,1 | -19,4 | -12,9 | -27,0 | -22,7 | -24,3 |
| | 2050 | 84,3 | -1,6 | -20,7 | -22,9 | -32,2 | -16,6 | -14,6 | -19,8 | -16,8 | -30,9 | -46,7 | -36,9 |
| | 2070 | 35,2 | -22,2 | -15,0 | -25,7 | -37,4 | -26,1 | -22,8 | -21,7 | -18,7 | -32,4 | -47,7 | -9,0 |
| Sèvre moyenne 2 | 2030 | 49,6 | -9,5 | -12,0 | -14,9 | -23,5 | -7,2 | -13,9 | -17,3 | -12,2 | -27,0 | -23,2 | -21,6 |
| | 2050 | 82,5 | 0,0 | -21,3 | -20,7 | -29,7 | -14,8 | -13,1 | -17,1 | -13,9 | -30,5 | -44,5 | -32,6 |
| | 2070 | 30,9 | -19,4 | -13,2 | -23,6 | -35,1 | -24,4 | -21,6 | -20,2 | -17,2 | -33,2 | -45,6 | -8,8 |
| Sèvre moyenne 1 | 2030 | 47,8 | -8,0 | -12,3 | -14,0 | -22,3 | -4,1 | -11,4 | -15,9 | -13,4 | -31,4 | -25,2 | -20,2 |
| | 2050 | 78,5 | 3,2 | -21,6 | -18,2 | -27,0 | -12,9 | -12,4 | -17,4 | -15,3 | -35,2 | -44,4 | -31,1 |
| | 2070 | 26,3 | -15,9 | -11,0 | -20,4 | -32,1 | -24,6 | -22,0 | -22,1 | -20,3 | -39,2 | -45,4 | -8,7 |
| Sèvre amont | 2030 | 48,7 | -8,3 | -13,9 | -15,4 | -21,9 | 0,3 | -5,4 | -10,2 | -11,5 | -32,1 | -28,8 | -21,3 |
| | 2050 | 83,4 | 1,1 | -23,9 | -17,2 | -24,9 | -9,9 | -7,0 | -10,9 | -11,5 | -34,1 | -43,8 | -29,7 |
| | 2070 | 32,8 | -14,6 | -9,4 | -19,0 | -30,8 | -22,6 | -19,9 | -18,5 | -17,7 | -40,8 | -46,4 | -7,4 |
| Sanguèze | 2030 | 72,8 | -4,3 | -11,3 | -12,0 | -20,5 | -19,3 | -20,0 | -26,9 | -25,9 | -34,7 | -26,2 | -19,7 |
| | 2050 | 130,3 | -4,6 | -30,0 | -29,1 | -31,1 | -23,4 | -17,6 | -28,9 | -38,4 | -36,0 | -44,7 | -28,3 |
| | 2070 | 69,8 | -27,0 | -28,6 | -34,0 | -41,3 | -31,5 | -29,2 | -36,8 | -41,2 | -42,7 | -48,1 | 10,5 |
| Maine | 2030 | 61,7 | -11,1 | -9,5 | -23,4 | -34,8 | -17,5 | -18,8 | -28,0 | -20,4 | -35,6 | -20,1 | -26,4 |
| | 2050 | 88,3 | -6,0 | -19,1 | -29,8 | -41,4 | -25,3 | -24,3 | -32,2 | -31,1 | -43,1 | -57,6 | -46,1 |
| | 2070 | 40,6 | -28,3 | -18,9 | -32,2 | -44,5 | -33,5 | -30,4 | -35,9 | -36,4 | -47,0 | -53,4 | -11,2 |
| Petite Maine | 2030 | 62,5 | -5,4 | -9,8 | -21,3 | -30,6 | -21,2 | -18,1 | -24,4 | -14,6 | -31,4 | -1,8 | -16,0 |
| | 2050 | 90,0 | 6,6 | -20,0 | -24,6 | -33,9 | -21,6 | -20,6 | -28,9 | -27,1 | -31,9 | -47,4 | -42,4 |
| | 2070 | 36,7 | -21,8 | -20,2 | -25,8 | -37,9 | -34,1 | -31,2 | -36,7 | -40,3 | -45,7 | -40,7 | -5,9 |
| Grande Maine | 2030 | 60,7 | -14,3 | -11,2 | -23,0 | -35,0 | -15,1 | -20,6 | -28,7 | -19,7 | -35,4 | -24,2 | -22,4 |
| | 2050 | 87,6 | -9,3 | -20,6 | -30,4 | -42,7 | -25,4 | -26,0 | -32,3 | -27,6 | -44,1 | -61,1 | -44,2 |
| | 2070 | 29,8 | -30,3 | -19,6 | -32,1 | -45,6 | -31,3 | -31,1 | -36,5 | -33,1 | -49,2 | -60,1 | -17,3 |
| Moine 2 | 2030 | 54,5 | -12,9 | -11,8 | -20,7 | -26,9 | -12,0 | -20,2 | -17,5 | -9,5 | -14,5 | -19,6 | -22,0 |
| | 2050 | 102,4 | -7,8 | -20,9 | -29,3 | -38,5 | -19,3 | -14,3 | -11,4 | -13,5 | -18,3 | -41,6 | -28,2 |
| | 2070 | 44,1 | -26,9 | -19,1 | -34,7 | -43,7 | -20,6 | -20,0 | -12,2 | -14,1 | -18,2 | -44,6 | -4,8 |
| Moine 1 | 2030 | 68,5 | -10,3 | -9,1 | -14,1 | -26,9 | -16,2 | -16,4 | -9,8 | -3,9 | -5,1 | -10,4 | -23,2 |
| | 2050 | 151,5 | 4,0 | -21,3 | -23,9 | -37,9 | -25,4 | -10,9 | -5,7 | -3,5 | -12,7 | -33,7 | -25,1 |
| | 2070 | 59,2 | -17,6 | -10,4 | -31,1 | -42,8 | -27,2 | -16,8 | -11,2 | -6,4 | -14,5 | -29,6 | 9,7 |
| Ouin | 2030 | 52,9 | -9,8 | -11,4 | -13,5 | -23,1 | -8,1 | -18,1 | -18,0 | -12,7 | -35,7 | -14,8 | -14,8 |
| | 2050 | 96,1 | -0,9 | -20,4 | -20,8 | -30,6 | -17,3 | -19,4 | -22,6 | -20,3 | -42,7 | -44,1 | -24,1 |
| | 2070 | 41,9 | -14,5 | -11,5 | -24,2 | -34,1 | -25,8 | -25,3 | -29,7 | -28,6 | -45,8 | -36,6 | 5,1 |

À retenir :

Le scénario F4 est un scénario sec, avec une augmentation faible voire une baisse de la précipitation l'hiver (moins de recharge), et une baisse de la précipitation au printemps (moins de recharge). Ce scénario a lui aussi des impacts conséquents sur les débits désinfluencés, par rapport à la période historique :

- baisse faible à modérée du module,
- baisse forte des débits d'étiages sur l'ensemble du bassin (QMNA, VCN, quantiles faibles jusqu'au Q75), d'autant plus que l'on se situera dans un futur lointain,
- débits les plus forts (Q99) en légère augmentation,
- débits estivaux en baisse toute l'année sauf de janvier à mars, où des augmentations peuvent parfois être notées,
- débits mensuels quinquennaux secs en baisse en toute l'année sauf en janvier.

5.3.4 Projection A1

On observe dans le Tableau 135 que le **débit moyen (module)** sera en faible hausse en 2030 pour toutes les UG, en hausse un peu plus élevée mais faible en 2050, et à un niveau similaire à l'historique en 2070. Cela traduit que ce scénario est un scénario climatique plutôt humide.

Le **QMNA2** et le **QMNA5**, débits caractéristiques d'étiage, restent néanmoins impactés négativement avec ce scénario. En effet, les baisses de ces indicateurs, et donc l'aggravation des étiages, sont nettes. Là encore, on note que les baisses sont plus fortes à mesure que l'on se situe dans un futur lointain, avec pour le QMNA2 environ de -11 à -24 % en 2030, -8 à -26 % en 2050 et -13 à -40 % en 2070 et pour le QMNA5 environ de -1 à -8 % en 2030, -8 à -16 % en 2050 et -9 à -25 % en 2070.

Le **coefficient de ruissellement (CR)** suit les mêmes évolutions que le module, avec des hausses faibles aux horizons 2030 et 2050, et nulle à l'horizon 2070.

Enfin, le **VCN10** et le **VCN30**, indicateurs d'étiage eux aussi, décrivent des évolutions à la baisse très similaires aux QMNA.

Tableau 135: Evolution en pourcents des débits caractéristiques désinfluencés pour trois périodes futures et le modèle climatique A1, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Horizon | Module | Evolution en pourcent (%) | | | | |
|-----------------|---------|--------|---------------------------|-------|------|-------|-------|
| | | | QMNA2 | QMNA5 | CR | VCN10 | VCN30 |
| Sèvre aval | 2030 | 2,2 | -17,6 | -3,7 | 0,5 | -15,5 | -5,3 |
| | 2050 | 6,0 | -17,3 | -11,0 | 2,7 | -15,1 | -11,1 |
| | 2070 | 0,7 | -31,7 | -20,1 | 0,7 | -29,0 | -20,0 |
| Sèvre moyenne 2 | 2030 | 2,3 | -17,1 | -5,8 | 1,4 | -15,0 | -5,6 |
| | 2050 | 5,8 | -17,0 | -12,0 | 2,7 | -14,6 | -11,0 |
| | 2070 | 0,0 | -31,4 | -20,8 | 0,4 | -28,6 | -19,6 |
| Sèvre moyenne 1 | 2030 | 2,7 | -17,8 | -7,0 | 1,6 | -16,3 | -6,0 |
| | 2050 | 5,9 | -17,4 | -11,0 | 2,6 | -16,3 | -10,6 |
| | 2070 | 0,5 | -33,2 | -20,6 | 1,6 | -31,9 | -20,9 |
| Sèvre amont | 2030 | 4,0 | -16,1 | -6,8 | 1,5 | -15,7 | -5,3 |
| | 2050 | 6,8 | -17,1 | -10,5 | 2,6 | -16,1 | -9,7 |
| | 2070 | 2,6 | -31,7 | -19,0 | 2,9 | -31,7 | -20,0 |
| Sanguèze | 2030 | 4,5 | -17,8 | -1,3 | 3,2 | -17,1 | -3,7 |
| | 2050 | 10,3 | -25,5 | -13,4 | 6,9 | -22,3 | -12,5 |
| | 2070 | 5,0 | -38,5 | -22,6 | 5,2 | -37,9 | -26,7 |
| Maine | 2030 | 1,4 | -21,4 | -1,9 | -0,1 | -18,9 | -3,8 |
| | 2050 | 5,2 | -20,5 | -12,2 | 2,0 | -18,6 | -13,0 |
| | 2070 | 1,1 | -34,7 | -18,7 | 1,1 | -34,0 | -23,2 |
| Petite Maine | 2030 | 2,4 | -23,5 | -4,0 | 1,2 | -20,9 | -6,9 |
| | 2050 | 6,4 | -21,7 | -13,6 | 3,7 | -18,2 | -11,9 |
| | 2070 | 3,4 | -31,6 | -15,4 | 4,0 | -28,7 | -15,4 |
| Grande Maine | 2030 | 0,5 | -23,8 | -4,5 | -0,6 | -20,1 | -3,8 |
| | 2050 | 4,5 | -23,0 | -16,1 | 1,8 | -19,5 | -14,1 |
| | 2070 | 0,2 | -40,6 | -25,9 | 0,8 | -37,7 | -26,2 |
| Moine 2 | 2030 | 2,0 | -10,9 | -4,9 | 0,7 | -7,5 | -5,9 |
| | 2050 | 5,9 | -8,9 | -14,7 | 2,5 | -6,0 | -11,2 |
| | 2070 | -1,7 | -19,7 | -19,3 | -1,9 | -14,4 | -14,6 |
| Moine 1 | 2030 | 4,5 | -10,8 | -0,4 | 2,7 | -6,7 | -1,5 |
| | 2050 | 8,9 | -8,6 | -8,0 | 5,1 | -4,7 | -4,1 |
| | 2070 | 0,7 | -13,0 | -8,9 | 2,0 | -7,6 | -4,1 |
| Ouin | 2030 | 2,9 | -19,9 | -7,8 | 1,6 | -16,7 | -7,1 |
| | 2050 | 5,6 | -18,4 | -13,4 | 2,4 | -14,8 | -10,8 |
| | 2070 | -0,4 | -35,9 | -25,5 | 1,0 | -31,9 | -22,5 |

Le Tableau 136 présente les évolutions de différents **quantiles de débits**, de Q1 (bas débits) à Q99 (hautes eaux). Le quantile le plus bas (**Q1**) montre des augmentations faibles à modérées ou des stagnations. En revanche, les quantiles **Q5**, **Q25** et **Q50** montrent ainsi des évolutions très proches de ce que l'on a pu voir précédemment avec les QMNA et les VCN. En effet, des baisses faibles à fortes sont notées, et elles seront d'autant plus fortes que l'on se situera dans un futur lointain.

A l'image du module, le **Q75**, le **Q90** et le **Q99** présentent des augmentations plutôt faibles à modérées.

Tableau 136: Evolution en pourcents des débits classés désinfluencés pour trois périodes futures et le modèle climatique A1, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Horizon | Evolution des débits classés en pourcent (%) | | | | | | | |
|-----------------|---------|----------------------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|--|
| | | Q1 | Q5 | Q25 | Q50 | Q75 | Q90 | Q99 | |
| Sèvre aval | 2030 | 13,5 | -0,8 | -18,1 | -5,7 | 5,8 | 2,8 | 5,7 | |
| | 2050 | 11,0 | -5,0 | -16,8 | -5,1 | 14,6 | 6,5 | 7,3 | |
| | 2070 | 2,0 | -17,6 | -36,2 | -23,6 | 6,4 | 6,4 | 0,5 | |
| Sèvre moyenne 2 | 2030 | 9,5 | -3,0 | -17,6 | -3,8 | 3,7 | 3,6 | 6,5 | |
| | 2050 | 7,9 | -6,7 | -16,5 | -4,4 | 10,3 | 7,2 | 8,6 | |
| | 2070 | 1,7 | -18,3 | -35,4 | -21,5 | 3,9 | 6,1 | 3,8 | |
| Sèvre moyenne 1 | 2030 | 11,3 | -4,5 | -17,8 | -2,5 | 2,8 | 4,1 | 8,4 | |
| | 2050 | 8,6 | -8,2 | -16,3 | -4,1 | 9,1 | 7,9 | 10,4 | |
| | 2070 | 0,9 | -20,5 | -34,7 | -19,8 | 4,1 | 8,3 | 5,3 | |
| Sèvre amont | 2030 | 12,0 | -4,0 | -17,9 | -2,6 | 2,3 | 6,2 | 11,5 | |
| | 2050 | 4,4 | -6,4 | -15,2 | -5,2 | 8,4 | 10,0 | 14,1 | |
| | 2070 | 0,9 | -18,6 | -33,7 | -19,7 | 5,2 | 11,1 | 11,8 | |
| Sanguèze | 2030 | 36,1 | 6,2 | -20,9 | -11,5 | 12,4 | -1,0 | 7,9 | |
| | 2050 | 30,5 | 7,8 | -21,1 | -2,3 | 22,1 | 6,6 | 8,0 | |
| | 2070 | 13,7 | -11,5 | -39,9 | -23,4 | 11,0 | 3,4 | 4,6 | |
| Maine | 2030 | 32,4 | 2,4 | -23,9 | -11,6 | 6,4 | 0,5 | 1,7 | |
| | 2050 | 22,0 | -2,5 | -20,8 | -5,6 | 14,9 | 3,5 | 5,2 | |
| | 2070 | 10,0 | -17,3 | -43,3 | -26,3 | 4,2 | 4,0 | 3,7 | |
| Petite Maine | 2030 | 10,4 | 0,1 | -24,0 | -13,1 | 10,4 | -0,8 | 1,5 | |
| | 2050 | 2,7 | -1,2 | -22,1 | 0,5 | 19,1 | 3,2 | 1,8 | |
| | 2070 | 6,4 | -7,8 | -38,9 | -19,4 | 6,2 | 5,4 | -0,7 | |
| Grande Maine | 2030 | 37,8 | -0,5 | -25,0 | -10,7 | 3,1 | 1,6 | 0,6 | |
| | 2050 | 27,3 | -8,1 | -19,0 | -7,2 | 10,4 | 5,1 | 2,1 | |
| | 2070 | 9,9 | -26,1 | -44,0 | -29,7 | 2,2 | 4,1 | 3,1 | |
| Moine 2 | 2030 | 0,9 | -0,4 | -16,4 | -5,5 | 0,6 | 3,2 | 7,7 | |
| | 2050 | 2,1 | -2,1 | -17,3 | -0,1 | 5,6 | 6,8 | 9,8 | |
| | 2070 | 0,7 | -6,2 | -33,6 | -22,6 | -2,4 | 1,9 | 2,1 | |
| Moine 1 | 2030 | -0,2 | -0,2 | -13,2 | 1,4 | 0,4 | 4,7 | 5,1 | |
| | 2050 | -0,3 | -0,4 | -12,6 | 2,9 | 7,3 | 8,4 | 10,3 | |
| | 2070 | -0,2 | -0,8 | -25,8 | -22,3 | -1,3 | 3,7 | 0,3 | |
| Ouin | 2030 | 8,3 | -2,7 | -21,0 | -6,8 | 4,9 | 4,8 | 9,9 | |
| | 2050 | 15,0 | -6,0 | -19,1 | -3,9 | 10,0 | 5,7 | 7,7 | |
| | 2070 | -0,3 | -21,1 | -40,1 | -24,1 | 3,2 | 3,0 | 4,8 | |

Le Tableau 137 présente l'évolution des **débits mensuels moyens**. On distingue plusieurs éléments notables sur ce tableau. Tout d'abord, les débits mensuels moyens sont à la baisse de juillet à octobre sur l'ensemble des UG et des horizons futurs. De plus, cette baisse est d'autant plus forte que l'on se trouve dans un futur lointain, et le mois d'octobre semble, là encore, le plus impacté. En novembre, les horizons 2030 et 2050 indiquent une hausse modérée et 2070 une hausse plus faible par rapport à la référence historique. De décembre à janvier, les évolutions restent limitées (légères hausses et légères baisses). Février et avril indiquent une hausse claire à tous les horizons, alors que mars, mai et juin indiquent des évolutions très contrastées selon l'horizon et l'UG. Les régimes (Figure 140) montrent un évolution similaire. Bien que les augmentations et diminutions soient relativement faibles comparées aux autres scénarios, les régimes montrent clairement une période de baisse des débits entre juillet et octobre et une période de hausse entre décembre et février. Les autres mois forment des périodes de transition plus incertaines.

Tableau 137: Evolution en pourcents des débits mensuels moyens désinfluencés pour trois périodes futures et le modèle climatique A1, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Horizon | Evolution des débits moyens mensuels en pourcent (%) | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|------------------------------------------------------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| | | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc |
| Sèvre aval | 2030 | -4,4 | 22,5 | 0,0 | 6,9 | -11,8 | 23,5 | 0,3 | -9,3 | -41,7 | -9,1 | 17,0 | -6,1 |
| | 2050 | 4,1 | 31,5 | 11,9 | 15,6 | -4,3 | -7,6 | -22,4 | -25,1 | -53,4 | -13,4 | 19,8 | -9,2 |
| | 2070 | -1,2 | 17,1 | -7,1 | 14,9 | 9,2 | 2,0 | -29,7 | -37,7 | -68,6 | -52,5 | 9,3 | 4,7 |
| Sèvre moyenne 2 | 2030 | -2,5 | 21,5 | -0,1 | 3,8 | -11,5 | 22,0 | -0,2 | -8,8 | -41,3 | -7,5 | 18,9 | -6,1 |
| | 2050 | 6,6 | 30,4 | 11,4 | 12,3 | -2,5 | -7,2 | -20,7 | -22,8 | -51,1 | -17,3 | 19,4 | -9,1 |
| | 2070 | 0,1 | 16,2 | -5,8 | 12,8 | 8,8 | -1,8 | -28,7 | -35,6 | -65,6 | -53,4 | 4,7 | 4,2 |
| Sèvre moyenne 1 | 2030 | 0,0 | 21,5 | 0,1 | 1,8 | -8,6 | 20,1 | 2,8 | -9,6 | -42,8 | -7,3 | 21,1 | -7,3 |
| | 2050 | 9,2 | 30,6 | 12,1 | 10,9 | -0,5 | -6,0 | -17,6 | -23,3 | -52,7 | -21,0 | 19,8 | -10,6 |
| | 2070 | 2,7 | 17,2 | -3,7 | 12,9 | 9,3 | -6,6 | -26,6 | -36,6 | -66,3 | -55,8 | 3,5 | 4,2 |
| Sèvre amont | 2030 | 3,3 | 24,2 | -0,7 | -2,6 | -7,8 | 20,3 | 2,2 | -14,1 | -41,3 | 4,3 | 26,9 | -8,2 |
| | 2050 | 13,7 | 33,5 | 10,8 | 5,9 | 0,0 | -7,3 | -16,5 | -25,8 | -54,2 | -14,4 | 24,4 | -11,6 |
| | 2070 | 5,6 | 21,3 | -2,3 | 10,9 | 12,2 | -8,7 | -25,4 | -38,4 | -67,6 | -49,5 | 10,3 | 5,4 |
| Sanguèze | 2030 | -8,1 | 35,6 | -3,7 | 21,7 | -24,7 | 43,8 | -3,8 | -10,1 | -1,6 | 23,4 | 14,6 | -7,1 |
| | 2050 | 0,5 | 40,3 | 10,9 | 28,1 | -17,6 | -14,4 | -38,3 | -42,2 | -63,4 | 42,9 | 33,5 | -8,5 |
| | 2070 | -4,3 | 20,0 | -15,9 | 20,6 | 19,8 | 74,8 | -35,5 | -53,1 | -82,3 | -16,1 | 23,0 | 8,8 |
| Maine | 2030 | -7,3 | 24,0 | 0,3 | 12,7 | -12,4 | 29,7 | 2,0 | -11,0 | -54,8 | -17,6 | 10,3 | -4,6 |
| | 2050 | 0,6 | 35,3 | 11,7 | 20,8 | -5,8 | -10,3 | -27,6 | -34,1 | -61,5 | -16,9 | 12,2 | -9,1 |
| | 2070 | -3,8 | 21,2 | -8,5 | 18,9 | 9,9 | -0,1 | -37,1 | -48,5 | -80,1 | -57,3 | 13,1 | 5,2 |
| Petite Maine | 2030 | -6,3 | 26,4 | 2,0 | 18,6 | -6,8 | 31,9 | 10,1 | -7,3 | -49,2 | -14,9 | 9,0 | -4,6 |
| | 2050 | 2,3 | 39,6 | 13,8 | 32,3 | 1,9 | 2,5 | -23,7 | -28,3 | -60,7 | -13,3 | 7,9 | -10,7 |
| | 2070 | -1,6 | 23,4 | -7,6 | 28,5 | 13,5 | 6,9 | -31,0 | -44,6 | -80,0 | -49,9 | 17,5 | 6,8 |
| Grande Maine | 2030 | -6,9 | 23,0 | -0,8 | 11,1 | -13,9 | 28,7 | 0,6 | -11,7 | -65,2 | -21,9 | 8,0 | -4,4 |
| | 2050 | 1,7 | 35,7 | 11,3 | 17,8 | -1,9 | -13,3 | -26,9 | -35,3 | -68,7 | -27,4 | 9,9 | -9,2 |
| | 2070 | -3,3 | 21,8 | -7,2 | 17,7 | 6,7 | -11,8 | -39,9 | -50,9 | -84,0 | -63,7 | 7,5 | 6,5 |

| UG | Horizon | Evolution des débits moyens mensuels en pourcent (%) | | | | | | | | | | | |
|---------|---------|------------------------------------------------------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| | | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc |
| Moine 2 | 2030 | -6,8 | 23,2 | -2,0 | 6,6 | -21,1 | 33,1 | -11,3 | -7,3 | -36,2 | -5,3 | 14,0 | -0,9 |
| | 2050 | 2,5 | 32,3 | 8,9 | 12,8 | -6,5 | -11,0 | -30,7 | -18,9 | -45,8 | -9,7 | 14,3 | -4,2 |
| | 2070 | -5,6 | 15,5 | -11,1 | 10,8 | 7,1 | 8,5 | -38,7 | -32,0 | -63,0 | -45,0 | 2,7 | 4,3 |
| Moine 1 | 2030 | -5,1 | 28,5 | -2,2 | 7,8 | -22,4 | 36,6 | 3,2 | 1,4 | -37,2 | -6,4 | 17,4 | 3,0 |
| | 2050 | 5,9 | 38,5 | 11,9 | 18,5 | -2,7 | -12,1 | -27,6 | -16,1 | -51,3 | -17,9 | 11,8 | -3,3 |
| | 2070 | -4,2 | 18,2 | -9,1 | 19,4 | 10,7 | 8,6 | -33,1 | -24,1 | -59,9 | -50,0 | -3,2 | 7,3 |
| Ouin | 2030 | -1,5 | 24,8 | -0,6 | 4,4 | -14,6 | 26,2 | 1,1 | -6,7 | -40,8 | -6,9 | 15,2 | -4,5 |
| | 2050 | 6,8 | 33,5 | 11,1 | 12,0 | -4,3 | -10,5 | -24,3 | -22,0 | -58,9 | -10,2 | 14,6 | -8,9 |
| | 2070 | -1,3 | 17,5 | -4,9 | 14,6 | 8,7 | -7,9 | -34,6 | -39,7 | -74,1 | -48,7 | 3,7 | 4,6 |

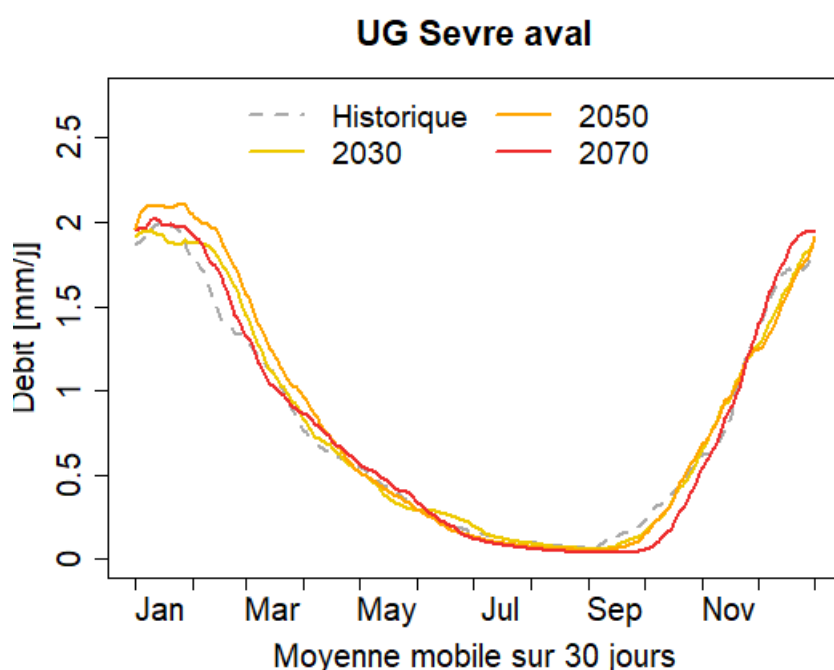


Figure 140 : Evolution du régime désinfluencé de la Sèvre Nantaise aval selon le scénario A1

Le Tableau 138 présente l'évolution des débits mensuels quinquennaux secs. On note généralement de mai à novembre des diminutions faibles à modérées de ces indicateurs. Ces diminutions sont plus fortes à l'horizon 2070. Le mois de décembre indique des diminutions fortes de ces indicateurs quel que soit l'horizon et quel que soit l'UG. Janvier est un mois transitoire, avec des diminutions aux horizons 2030 et 2070 et des augmentations à l'horizon 2050. Globalement, les QMM5 semblent avoir plus tendance à la diminution que les débits moyens mensuels ce qui indique un assèchement plus marqué lors des années les plus sèches.

Des augmentations modérées (février) à fortes (mars) sont à noter, l'horizon 2050 en février allant même jusqu'à des augmentations très fortes. Enfin, avril indique des augmentations limitées.

Tableau 138: Evolution en pourcents des débits mensuels quinquennaux secs désinfluencés pour trois périodes futures et le modèle climatique A1, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Horizon | Evolution des débits mensuels quinquennaux secs en pourcent (%) | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|-----------------------------------------------------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc |
| Sèvre aval | 2030 | -10,9 | 32,6 | 14,5 | 2,6 | -1,8 | -1,8 | -2,3 | -9,7 | -3,9 | -10,5 | -0,6 | -49,9 |
| | 2050 | 23,4 | 67,4 | 27,7 | 7,8 | -5,2 | 4,5 | 6,3 | -1,8 | -8,0 | 0,2 | -1,5 | -43,0 |
| | 2070 | -8,9 | 21,1 | 22,2 | 2,0 | -12,1 | -16,1 | -9,9 | -16,1 | -14,3 | -21,4 | -31,0 | -39,3 |
| Sèvre moyenne 2 | 2030 | -10,1 | 27,4 | 12,1 | 3,8 | -1,1 | -1,3 | -2,0 | -7,8 | -3,2 | -10,7 | -4,5 | -49,5 |
| | 2050 | 23,4 | 61,1 | 25,5 | 7,4 | -4,0 | 4,2 | 5,1 | -0,9 | -7,2 | -0,1 | -3,4 | -41,6 |
| | 2070 | -7,3 | 16,8 | 20,3 | 2,4 | -12,1 | -15,2 | -9,6 | -14,8 | -14,9 | -23,2 | -31,9 | -38,2 |
| Sèvre moyenne 1 | 2030 | -12,6 | 20,7 | 10,6 | 6,4 | -0,5 | -1,4 | -1,2 | -6,0 | -2,4 | -8,8 | -7,0 | -51,3 |
| | 2050 | 24,9 | 58,8 | 24,4 | 8,5 | -4,0 | 2,5 | 4,5 | -0,1 | -5,5 | -0,9 | -3,7 | -41,7 |
| | 2070 | -5,2 | 13,5 | 20,0 | 3,3 | -11,9 | -14,0 | -10,0 | -15,4 | -15,4 | -24,8 | -31,7 | -38,6 |
| Sèvre amont | 2030 | -12,2 | 16,7 | 8,5 | 9,1 | -0,6 | -3,3 | -2,1 | -5,5 | -4,4 | -6,5 | -6,4 | -53,7 |
| | 2050 | 26,7 | 58,3 | 19,0 | 7,0 | -5,7 | -0,2 | 3,4 | -1,0 | -6,1 | -0,2 | -3,4 | -42,9 |
| | 2070 | -4,1 | 11,6 | 18,9 | 3,2 | -12,7 | -13,9 | -10,0 | -15,7 | -14,2 | -22,6 | -27,0 | -36,1 |
| Sanguèze | 2030 | 2,3 | 55,4 | 21,3 | -10,3 | -15,3 | -20,4 | -11,8 | -19,0 | -0,9 | 22,4 | 16,1 | -52,9 |
| | 2050 | 39,3 | 99,5 | 36,9 | 3,7 | -10,4 | -0,9 | 9,5 | -7,5 | -3,7 | 35,4 | 2,0 | -47,3 |
| | 2070 | -11,8 | 36,5 | 18,8 | -10,1 | -12,6 | -20,2 | -13,3 | -24,2 | -18,8 | 0,0 | -27,2 | -39,9 |
| Maine | 2030 | -16,6 | 40,9 | 18,4 | 0,6 | 2,4 | 1,7 | 1,0 | -11,4 | -7,6 | -10,8 | -5,0 | -56,0 |
| | 2050 | 26,1 | 86,7 | 33,1 | 7,7 | -5,2 | 9,8 | 12,5 | -1,5 | -15,8 | 0,7 | -11,6 | -49,2 |
| | 2070 | -11,6 | 34,7 | 28,0 | 2,7 | -11,3 | -17,1 | -10,5 | -19,0 | -19,8 | -18,9 | -35,2 | -46,0 |
| Petite Maine | 2030 | -10,5 | 54,1 | 32,2 | -1,0 | -1,6 | -3,9 | -1,0 | -15,9 | -14,2 | -3,5 | -9,3 | -56,8 |
| | 2050 | 47,4 | 108,2 | 58,5 | 12,2 | -6,2 | -0,2 | 10,1 | -7,8 | -18,9 | 12,7 | -7,9 | -44,7 |
| | 2070 | 2,5 | 43,7 | 40,1 | 4,3 | -4,6 | -13,5 | -3,9 | -18,5 | -17,0 | 0,3 | -28,0 | -36,9 |
| Grande Maine | 2030 | -19,5 | 34,6 | 13,9 | 4,6 | 4,2 | 3,8 | 0,8 | -11,0 | -4,8 | -14,7 | -14,8 | -56,9 |
| | 2050 | 28,2 | 84,9 | 30,7 | 10,2 | -4,9 | 12,4 | 9,7 | -1,2 | -14,5 | 1,6 | -18,9 | -48,1 |
| | 2070 | -7,8 | 34,4 | 24,9 | 6,7 | -16,3 | -18,6 | -15,0 | -21,8 | -23,6 | -26,9 | -38,2 | -46,8 |
| Moine 2 | 2030 | -3,4 | 43,0 | 13,0 | 1,1 | -0,8 | 1,9 | -4,9 | -14,2 | -8,6 | -13,7 | 2,5 | -47,3 |
| | 2050 | 23,3 | 73,3 | 27,9 | 4,7 | -2,6 | 13,2 | 2,5 | -6,6 | -13,6 | -0,1 | -1,1 | -43,7 |
| | 2070 | -8,5 | 28,0 | 20,5 | 2,0 | -17,2 | -18,7 | -11,3 | -15,4 | -14,3 | -24,1 | -31,0 | -36,7 |
| Moine 1 | 2030 | 4,1 | 50,2 | 22,6 | 2,5 | -3,4 | -0,4 | -6,8 | -11,6 | -0,8 | -9,6 | -0,3 | -47,8 |
| | 2050 | 36,8 | 102,0 | 44,8 | 9,1 | -3,2 | 4,9 | -0,6 | -4,4 | 1,5 | 7,1 | 15,4 | -37,8 |
| | 2070 | -1,6 | 32,5 | 34,1 | 5,0 | -16,6 | -17,8 | -10,2 | -9,4 | 1,7 | -17,5 | -24,5 | -32,9 |
| Quin | 2030 | -12,4 | 33,2 | 11,9 | 2,8 | -3,3 | 0,2 | -0,2 | -8,8 | -11,7 | -17,2 | -18,0 | -51,9 |
| | 2050 | 27,5 | 68,4 | 25,8 | 5,7 | -3,4 | 7,2 | 5,8 | -3,2 | -10,0 | -3,4 | -14,0 | -41,0 |
| | 2070 | 0,2 | 24,1 | 19,2 | 0,1 | -13,1 | -14,0 | -10,8 | -19,3 | -22,2 | -32,3 | -39,8 | -34,4 |

À retenir :

Le scénario A1 est un scénario plutôt humide et moins chaud que les autres, avec toutes les saisons humides sauf l'été. Ce scénario, malgré des évolutions légèrement inférieures aux autres, a lui aussi des impacts non négligeables :

- augmentation faible du module en 2030,
- baisse forte des débits d'étiages sur l'ensemble du bassin (QMNA, VCN, quantiles faibles à l'exception du Q1), d'autant plus que l'on se situera dans un futur lointain,
- évolution des débits les plus forts qui suit celle du module,
- débits hivernaux et de novembre en hausse,
- débits estivaux en baisse, d'autant plus que l'on se situera dans un futur lointain,
- débits mensuels quinquennaux secs variables, mais en très forte baisse en décembre.

5.3.5 Projection C1

On observe dans le Tableau 139 que le **débit moyen (module)** sera en hausse modérée aux horizons 2030 et 2070 pour toutes les UG, et en hausse faible à l'horizon 2050. Cela traduit que ce scénario est un scénario climatique plutôt humide. Contrairement au scénario A1, ces hausses restent relativement importantes en 2070.

Le **QMNA2** et le **QMNA5**, débits caractéristiques d'étiage, donnent des évolutions très différentes des autres scénarios. En effet, les baisses de ces indicateurs, et donc l'aggravation des étiages, sont plus rares. Certaines unités de gestion (Petite Maine, Sanguèze), donnent des augmentations du QMNA2, les autres indiquent des baisses très faibles, sauf parfois à l'horizon 2070. Concernant le QMNA5, les augmentations sont encore plus fréquentes, et on peut noter un changement important d'un horizon sur l'autre.

Le **coefficient de ruissellement (CR)** suit les mêmes évolutions que le module, avec des hausses faibles aux horizons 2030 et 2070, et nulles ou presque à l'horizon 2050.

Enfin, le **VCN10** et le **VCN30**, indicateurs d'étiage eux aussi, décrivent des évolutions très similaires aux QMNA.

Tableau 139: Evolution en pourcents des débits caractéristiques désinfluencés pour trois périodes futures et le modèle climatique C1, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Horizon | Evolution en pourcent (%) | | | | | |
|-----------------|---------|---------------------------|-------|-------|------|-------|-------|
| | | Module | QMNA2 | QMNA5 | CR | VCN10 | VCN30 |
| Sèvre aval | 2030 | 16,3 | -2,3 | 3,6 | 7,6 | -1,7 | 6,4 |
| | 2050 | 5,0 | -4,1 | 6,4 | -1,1 | 1,6 | 9,5 |
| | 2070 | 18,1 | -15,9 | -8,7 | 6,6 | -13,8 | -10,5 |
| Sèvre moyenne 2 | 2030 | 15,7 | -2,3 | 3,9 | 7,7 | -1,2 | 5,8 |
| | 2050 | 5,2 | -3,5 | 7,5 | -0,2 | 2,2 | 9,1 |
| | 2070 | 16,4 | -16,7 | -8,0 | 5,9 | -13,8 | -11,0 |
| Sèvre moyenne 1 | 2030 | 16,5 | -0,3 | 5,4 | 9,1 | -0,1 | 7,0 |
| | 2050 | 6,3 | -0,5 | 11,1 | 1,8 | 4,0 | 12,0 |
| | 2070 | 15,4 | -17,1 | -9,1 | 6,1 | -16,0 | -13,3 |
| Sèvre amont | 2030 | 19,0 | 0,7 | 7,2 | 8,1 | 0,4 | 8,4 |
| | 2050 | 9,5 | 3,6 | 14,1 | 1,5 | 5,3 | 13,7 |
| | 2070 | 16,7 | -16,9 | -7,8 | 6,4 | -16,9 | -13,1 |
| Sanguèze | 2030 | 18,0 | 0,2 | 8,6 | 9,4 | -1,3 | 10,2 |
| | 2050 | 6,9 | 13,1 | 34,6 | 1,0 | 13,4 | 32,7 |
| | 2070 | 29,5 | 4,4 | 3,9 | 17,0 | -1,2 | -2,6 |
| Maine | 2030 | 17,5 | 0,2 | 6,1 | 7,8 | -3,0 | 6,1 |
| | 2050 | 3,9 | -5,2 | 5,2 | -2,2 | 0,1 | 7,8 |
| | 2070 | 18,7 | -17,1 | -12,4 | 7,2 | -15,3 | -12,4 |
| Petite Maine | 2030 | 20,4 | 13,2 | 15,8 | 11,2 | 8,2 | 13,6 |
| | 2050 | 3,5 | 4,4 | 21,3 | -1,1 | 9,3 | 18,3 |
| | 2070 | 20,7 | -0,1 | 3,1 | 11,3 | 1,6 | 5,7 |
| Grande Maine | 2030 | 14,9 | -7,5 | -0,3 | 6,3 | -7,5 | 4,4 |
| | 2050 | 3,1 | -12,0 | 0,3 | -1,5 | -5,1 | 7,0 |
| | 2070 | 15,4 | -25,6 | -18,8 | 6,4 | -21,5 | -16,8 |
| Moine 2 | 2030 | 14,5 | -1,5 | -0,8 | 5,9 | -3,1 | -0,2 |
| | 2050 | 2,1 | -4,9 | -3,1 | -4,2 | -2,8 | -2,2 |
| | 2070 | 18,5 | -11,3 | -7,2 | 5,6 | -8,2 | -5,8 |
| Moine 1 | 2030 | 18,5 | 2,1 | -2,3 | 10,1 | -1,1 | 1,8 |
| | 2050 | 2,0 | -0,5 | 3,6 | -3,1 | 0,2 | 3,1 |
| | 2070 | 21,5 | -5,0 | -1,7 | 10,4 | -2,2 | 0,1 |
| Ouin | 2030 | 14,5 | -1,0 | 3,7 | 6,7 | -0,7 | 7,1 |
| | 2050 | 3,9 | -3,6 | 11,2 | -1,5 | 0,1 | 12,1 |
| | 2070 | 16,5 | -20,3 | -11,9 | 5,6 | -16,2 | -13,5 |

Le Tableau 140 présente les évolutions de différents **quantiles de débits**, de Q1 (bas débits) à Q99 (hautes eaux). A de rares exceptions près, notamment à l'horizon 2070, l'ensemble des quantiles indique des augmentations faibles à modérées.

Tableau 140: Evolution en pourcents des débits classés désinfluencés pour trois périodes futures et le modèle climatique C1, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Horizon | Evolution des débits classés en pourcent (%) | | | | | | |
|-----------------|---------|----------------------------------------------|-------|-------|------|------|------|------|
| | | Q1 | Q5 | Q25 | Q50 | Q75 | Q90 | Q99 |
| Sèvre aval | 2030 | 9,6 | 5,9 | 7,0 | 8,6 | 14,3 | 15,0 | 22,2 |
| | 2050 | 29,8 | 10,3 | 1,9 | 3,6 | 6,1 | 3,0 | 3,0 |
| | 2070 | 5,5 | -10,7 | -7,5 | 4,9 | 17,8 | 17,9 | 23,7 |
| Sèvre moyenne 2 | 2030 | 10,3 | 6,3 | 5,3 | 6,0 | 13,7 | 15,2 | 22,1 |
| | 2050 | 27,0 | 10,5 | 0,4 | 1,2 | 6,0 | 3,6 | 4,9 |
| | 2070 | 4,9 | -10,4 | -9,1 | 0,7 | 15,0 | 16,9 | 28,2 |
| Sèvre moyenne 1 | 2030 | 15,4 | 11,2 | 6,6 | 6,4 | 14,0 | 17,4 | 20,7 |
| | 2050 | 32,1 | 16,0 | 2,1 | 2,9 | 6,6 | 3,9 | 5,4 |
| | 2070 | 6,4 | -9,8 | -10,7 | 0,3 | 14,0 | 16,1 | 27,6 |
| Sèvre amont | 2030 | 15,0 | 15,5 | 7,3 | 9,0 | 15,1 | 19,8 | 20,6 |
| | 2050 | 29,3 | 19,4 | 7,7 | 5,8 | 7,8 | 6,8 | 6,9 |
| | 2070 | 4,5 | -5,9 | -10,0 | 0,2 | 13,7 | 16,7 | 24,9 |
| Sanguèze | 2030 | 30,1 | 8,0 | 6,2 | 11,7 | 14,5 | 13,2 | 24,1 |
| | 2050 | 123,4 | 34,4 | 15,1 | 12,7 | 10,9 | 2,9 | 4,7 |
| | 2070 | 30,7 | 3,7 | 22,1 | 33,4 | 25,1 | 28,3 | 26,9 |
| Maine | 2030 | 12,9 | 4,4 | 8,2 | 13,3 | 17,6 | 16,2 | 14,8 |
| | 2050 | 42,4 | 5,7 | 2,7 | 4,1 | 7,4 | 3,7 | -2,4 |
| | 2070 | 4,3 | -13,2 | -7,8 | 6,5 | 20,7 | 18,1 | 18,1 |
| Petite Maine | 2030 | 30,0 | 15,4 | 27,9 | 30,5 | 22,0 | 15,3 | 15,1 |
| | 2050 | 72,3 | 18,2 | 16,0 | 19,3 | 8,7 | -2,0 | -4,1 |
| | 2070 | 40,2 | 2,2 | 16,9 | 23,6 | 22,6 | 17,9 | 18,6 |
| Grande Maine | 2030 | 6,9 | 4,8 | -0,4 | 8,3 | 15,2 | 14,9 | 15,5 |
| | 2050 | 34,8 | 7,2 | -6,6 | -1,4 | 5,7 | 3,0 | 1,8 |
| | 2070 | -1,1 | -18,2 | -18,2 | -3,5 | 14,7 | 17,0 | 18,6 |
| Moine 2 | 2030 | 1,6 | -1,4 | -1,6 | 1,8 | 11,4 | 11,7 | 23,6 |
| | 2050 | 5,1 | 0,1 | -6,2 | -5,0 | 1,2 | 1,1 | 4,6 |
| | 2070 | 1,2 | -5,4 | -15,5 | -3,2 | 12,1 | 20,5 | 29,9 |
| Moine 1 | 2030 | 2,0 | 2,7 | 1,6 | 5,7 | 17,0 | 13,2 | 29,8 |
| | 2050 | 3,3 | 3,4 | 0,1 | -3,4 | 0,9 | 0,0 | 7,6 |
| | 2070 | 2,0 | 0,0 | -9,9 | -3,6 | 15,1 | 20,2 | 40,5 |
| Ouin | 2030 | 16,0 | 14,1 | 5,5 | 2,7 | 14,0 | 14,3 | 18,9 |
| | 2050 | 41,7 | 16,5 | 0,7 | 0,1 | 6,1 | 2,4 | 2,9 |
| | 2070 | 7,7 | -10,6 | -12,2 | 1,5 | 13,7 | 18,1 | 27,6 |

Le Tableau 141 présente l'évolution des **débits mensuels moyens**. Ces derniers sont à la hausse de décembre à août à quelques exceptions près à l'horizon 2050. Ils sont en revanche à la baisse de septembre à novembre, malgré les augmentations précédemment notées sur les débits d'été et moyens.

Les régimes (Figure 141) montrent aussi une augmentation significative sur la plupart de l'année à l'exception des mois de septembre à novembre. Le mois de septembre devient le mois le plus sec de l'année tandis qu'un retard de la reprise des écoulements s'observe. Le scénario montre cependant des augmentations très importantes de décembre à février.

Tableau 141: Evolution en pourcents des débits mensuels moyens désinfluencés pour trois périodes futures et le modèle climatique C1, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Horizon | Evolution des débits moyens mensuels en pourcent (%) | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|------------------------------------------------------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc |
| Sèvre aval | 2030 | 44,2 | 19,9 | 28,9 | 18,4 | 19,1 | 10,8 | 5,2 | 1,2 | -43,1 | -27,0 | -26,8 | 23,1 |
| | 2050 | 9,7 | -12,4 | 33,3 | 56,1 | 26,7 | 35,7 | 70,5 | 11,6 | -48,1 | -28,2 | -31,7 | -4,6 |
| | 2070 | 31,0 | 18,2 | 44,3 | 25,8 | 24,9 | 60,0 | 60,6 | 6,7 | -49,7 | -15,7 | -27,3 | 17,5 |
| Sèvre moyenne 2 | 2030 | 42,4 | 19,6 | 26,5 | 18,0 | 16,0 | 5,9 | 3,3 | 0,9 | -35,3 | -21,8 | -23,3 | 20,5 |
| | 2050 | 7,9 | -11,9 | 30,4 | 50,3 | 24,6 | 29,6 | 63,0 | 9,8 | -41,3 | -23,3 | -29,8 | -4,5 |
| | 2070 | 28,5 | 17,7 | 40,1 | 22,0 | 24,4 | 50,7 | 50,0 | 3,8 | -43,1 | -13,4 | -30,6 | 15,5 |
| Sèvre moyenne 1 | 2030 | 40,0 | 18,5 | 28,0 | 18,8 | 13,8 | 6,3 | 6,4 | 0,9 | -31,0 | -12,2 | -19,0 | 22,5 |
| | 2050 | 7,5 | -10,6 | 31,5 | 49,5 | 23,0 | 29,4 | 62,8 | 12,2 | -38,4 | -17,3 | -28,2 | -2,3 |
| | 2070 | 27,2 | 17,2 | 40,6 | 22,6 | 22,4 | 44,2 | 47,3 | 3,6 | -39,7 | -10,6 | -34,6 | 14,8 |
| Sèvre amont | 2030 | 39,2 | 17,5 | 31,1 | 21,2 | 15,0 | 5,9 | 9,4 | -1,5 | -24,1 | -7,9 | -9,2 | 28,1 |
| | 2050 | 10,7 | -9,9 | 35,9 | 52,7 | 26,5 | 33,0 | 72,8 | 11,3 | -34,1 | -9,1 | -24,6 | 2,8 |
| | 2070 | 27,0 | 17,2 | 41,2 | 22,6 | 27,2 | 45,4 | 53,8 | -1,3 | -32,3 | -7,4 | -33,9 | 20,7 |
| Sanguèze | 2030 | 53,4 | 16,6 | 33,5 | 10,9 | 31,5 | 38,5 | 22,8 | -20,3 | -73,4 | -53,8 | -31,0 | 39,1 |
| | 2050 | 21,0 | -17,5 | 42,7 | 73,6 | 46,7 | 85,3 | 227,1 | -2,2 | -74,3 | -36,8 | -31,9 | 4,6 |
| | 2070 | 44,0 | 17,6 | 49,9 | 25,2 | 25,4 | 163,6 | 247,6 | 3,4 | -60,1 | -7,4 | -7,1 | 45,2 |
| Maine | 2030 | 46,0 | 23,2 | 32,7 | 20,9 | 25,7 | 25,3 | 10,8 | 2,7 | -62,9 | -36,3 | -27,9 | 24,6 |
| | 2050 | 11,8 | -11,9 | 40,7 | 68,0 | 29,3 | 51,4 | 78,3 | 13,6 | -67,3 | -38,5 | -34,2 | -7,2 |
| | 2070 | 30,7 | 21,0 | 55,3 | 35,3 | 29,3 | 81,6 | 74,5 | 11,6 | -61,8 | -29,0 | -27,5 | 16,5 |
| Petite Maine | 2030 | 47,3 | 24,9 | 40,9 | 27,8 | 23,5 | 37,6 | 43,3 | 20,8 | -65,8 | -25,8 | -22,3 | 33,0 |
| | 2050 | 11,9 | -11,7 | 49,0 | 87,2 | 25,3 | 62,1 | 96,9 | 33,0 | -73,5 | -38,9 | -33,0 | -3,2 |
| | 2070 | 30,6 | 21,2 | 74,1 | 53,6 | 23,2 | 99,3 | 102,4 | 41,2 | -57,7 | -21,4 | -24,8 | 22,4 |
| Grande Maine | 2030 | 41,7 | 23,4 | 28,3 | 19,9 | 17,9 | 26,3 | -0,8 | -3,9 | -60,6 | -39,9 | -27,5 | 19,0 |
| | 2050 | 10,1 | -9,7 | 38,1 | 60,8 | 20,9 | 48,0 | 47,9 | 0,7 | -65,6 | -36,1 | -34,1 | -10,0 |
| | 2070 | 26,9 | 23,5 | 51,4 | 32,4 | 21,4 | 73,9 | 39,5 | -1,3 | -55,6 | -33,4 | -35,5 | 11,6 |
| Moine 2 | 2030 | 48,6 | 24,0 | 22,0 | 17,9 | 20,9 | -1,4 | -8,5 | -0,3 | -43,4 | -39,9 | -29,1 | 12,8 |
| | 2050 | 7,1 | -16,2 | 27,3 | 50,6 | 28,3 | 24,7 | 56,2 | -7,4 | -47,8 | -33,8 | -32,3 | -10,5 |
| | 2070 | 29,6 | 19,5 | 38,1 | 17,9 | 33,1 | 66,4 | 44,5 | -3,8 | -46,1 | -18,9 | -23,9 | 17,7 |
| Moine 1 | 2030 | 57,9 | 28,1 | 25,6 | 24,9 | 17,8 | -13,1 | -14,6 | 10,3 | -42,8 | -37,0 | -29,7 | 14,8 |
| | 2050 | 5,1 | -18,7 | 28,9 | 59,0 | 26,5 | 16,2 | 55,6 | 2,6 | -49,5 | -38,4 | -32,0 | -9,3 |
| | 2070 | 30,1 | 21,9 | 44,6 | 19,4 | 34,9 | 68,5 | 35,4 | 15,4 | -36,8 | -2,0 | -28,6 | 22,1 |
| Ouin | 2030 | 40,3 | 18,2 | 25,5 | 16,9 | 13,4 | -0,3 | 3,1 | 5,0 | -51,3 | -23,1 | -20,9 | 24,8 |
| | 2050 | 8,0 | -13,2 | 33,2 | 50,3 | 22,3 | 24,0 | 66,4 | 6,9 | -59,1 | -30,4 | -29,1 | -1,6 |
| | 2070 | 24,7 | 16,0 | 46,1 | 18,2 | 26,1 | 52,6 | 46,2 | 8,2 | -49,4 | -19,9 | -30,3 | 26,4 |

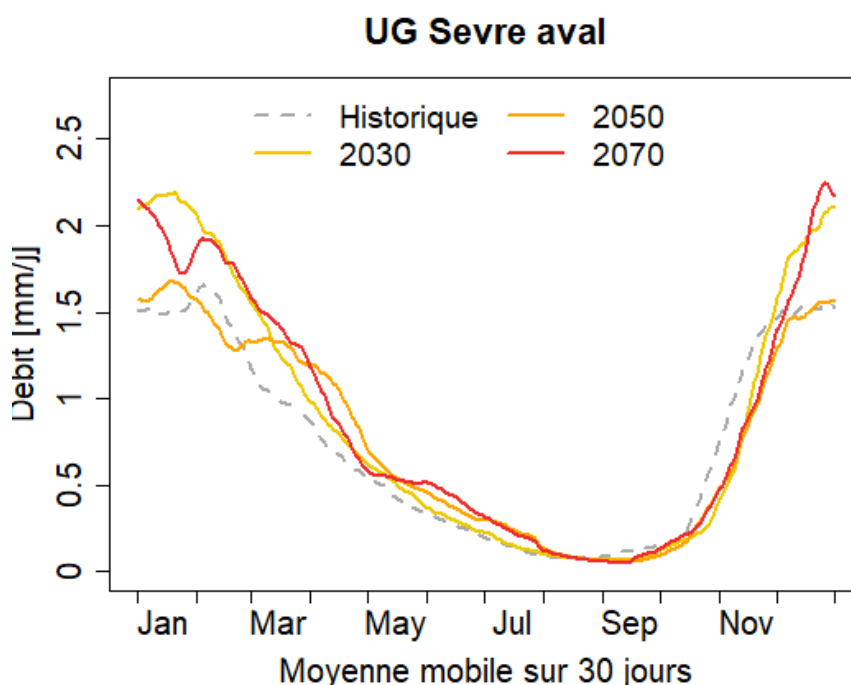


Figure 141: Evolution du régime désinfluencé de la Sèvre Nantaise aval selon le scénario C1

Le Tableau 142 présente l'évolution des débits mensuels quinquennaux secs. Ces indicateurs suivent des évolutions similaires à celles des débits mensuelles, avec des hausses assez généralisées. Les seules exceptions sont situées en novembre, en octobre mais seulement aux horizons 2030 et 2050, et pour de rares stations et horizons en janvier, février et septembre. On peut enfin noter de très fortes augmentations en décembre à l'horizon 2030.

Tableau 142: Evolution en pourcents des débits mensuels quinquennaux secs désinfluencés pour trois périodes futures et le modèle climatique C1, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Horizon | Evolution des débits mensuels quinquennaux secs en pourcent (%) | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---------|-----------------------------------------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc |
| Sèvre aval | 2030 | 16,3 | 1,4 | 21,9 | 12,0 | 31,5 | 8,9 | 9,7 | 15,2 | 9,3 | -16,9 | 57,6 | 180,6 |
| | 2050 | -1,9 | -11,1 | 15,8 | 35,7 | 38,3 | 44,8 | 24,1 | 20,3 | 9,6 | -15,8 | -33,1 | 30,8 |
| | 2070 | -1,4 | 8,1 | 36,8 | 36,3 | 29,0 | 32,4 | 11,2 | 7,1 | -5,4 | -36,9 | -31,8 | 44,1 |
| Sèvre moyenne 2 | 2030 | 15,3 | 2,5 | 18,2 | 8,7 | 25,8 | 7,4 | 7,7 | 13,1 | 9,4 | -14,9 | 38,4 | 153,1 |
| | 2050 | -3,0 | -9,5 | 12,9 | 31,2 | 32,5 | 40,9 | 21,3 | 19,1 | 11,7 | -14,9 | -33,4 | 25,0 |
| | 2070 | -6,4 | 6,5 | 32,4 | 31,7 | 22,6 | 28,6 | 9,2 | 6,2 | -5,5 | -37,4 | -34,8 | 38,9 |
| Sèvre moyenne 1 | 2030 | 15,8 | 2,5 | 17,5 | 6,3 | 18,6 | 9,2 | 5,9 | 14,1 | 11,1 | -11,7 | 40,9 | 162,2 |
| | 2050 | -2,6 | -8,1 | 11,6 | 27,5 | 29,3 | 42,4 | 22,4 | 22,2 | 15,4 | -10,1 | -32,0 | 28,4 |
| | 2070 | -11,1 | 6,6 | 31,8 | 28,2 | 20,0 | 30,2 | 9,8 | 7,9 | -5,5 | -37,9 | -38,2 | 40,2 |

| UG | Horizon | Evolution des débits mensuels quinquennaux secs en pourcent (%) | | | | | | | | | | | |
|--------------|---------|-----------------------------------------------------------------|-------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sept | Oct | Nov | Déc |
| Sèvre amont | 2030 | 14,9 | 2,2 | 15,9 | 6,7 | 13,8 | 9,0 | 4,2 | 15,8 | 10,6 | -6,1 | 60,8 | 173,9 |
| | 2050 | 1,1 | -7,0 | 10,7 | 27,8 | 27,7 | 45,6 | 23,1 | 27,1 | 16,9 | -5,8 | -26,7 | 40,5 |
| | 2070 | -7,4 | 9,5 | 31,3 | 25,5 | 15,7 | 32,5 | 9,4 | 10,3 | -7,7 | -36,1 | -39,0 | 41,4 |
| Sanguèze | 2030 | 6,1 | -1,4 | 38,5 | 19,0 | 52,9 | 20,0 | 10,3 | 36,3 | 0,2 | -36,3 | 216,5 | 356,0 |
| | 2050 | 3,4 | -14,8 | 33,3 | 54,7 | 71,7 | 101,1 | 51,6 | 64,7 | 11,1 | -6,9 | 1,5 | 126,3 |
| | 2070 | 27,7 | 20,7 | 59,3 | 53,7 | 60,5 | 87,4 | 43,3 | 40,6 | -8,0 | -23,0 | 24,0 | 173,8 |
| Maine | 2030 | 14,1 | -0,1 | 27,0 | 22,1 | 42,4 | 11,4 | 12,6 | 20,0 | 2,6 | -23,5 | 129,5 | 270,3 |
| | 2050 | -5,2 | -12,7 | 21,3 | 47,5 | 50,4 | 57,7 | 31,7 | 23,2 | -4,5 | -19,6 | -31,5 | 43,1 |
| | 2070 | -0,5 | 9,9 | 44,0 | 48,5 | 40,6 | 40,4 | 16,1 | 9,7 | -18,6 | -41,6 | -33,1 | 51,7 |
| Petite Maine | 2030 | 13,5 | -1,5 | 31,6 | 21,7 | 54,2 | 34,5 | 29,4 | 36,3 | 1,9 | -14,2 | 206,0 | 299,8 |
| | 2050 | -3,2 | -14,5 | 24,7 | 46,2 | 56,7 | 91,1 | 57,9 | 39,3 | -4,7 | -2,6 | -12,3 | 59,8 |
| | 2070 | 2,3 | 13,9 | 59,9 | 57,7 | 51,5 | 78,2 | 51,1 | 38,6 | -17,5 | -31,8 | -18,8 | 63,8 |
| Grande Maine | 2030 | 11,2 | 2,5 | 21,1 | 16,3 | 33,1 | 2,9 | 6,3 | 13,6 | 0,7 | -28,1 | 78,8 | 240,6 |
| | 2050 | -3,8 | -5,8 | 19,7 | 43,9 | 37,2 | 50,2 | 27,7 | 20,6 | -0,3 | -27,3 | -42,7 | 30,8 |
| | 2070 | -11,7 | 10,7 | 36,7 | 42,3 | 28,6 | 30,8 | 9,8 | 3,8 | -20,5 | -48,9 | -42,4 | 44,7 |
| Moine 2 | 2030 | 14,0 | 5,1 | 18,6 | 13,3 | 38,3 | -3,0 | 9,4 | 5,7 | 6,1 | -18,3 | 24,9 | 108,0 |
| | 2050 | -9,1 | -13,9 | 17,0 | 39,7 | 32,4 | 32,5 | 11,6 | 8,4 | 3,0 | -24,2 | -38,5 | 9,0 |
| | 2070 | -0,9 | 3,1 | 32,0 | 37,6 | 19,4 | 16,3 | 1,0 | -3,4 | -5,9 | -33,7 | -33,6 | 28,0 |
| Moine 1 | 2030 | 21,1 | 8,8 | 23,3 | 12,9 | 46,5 | 9,4 | 17,2 | 4,3 | 9,2 | -13,2 | 14,8 | 116,5 |
| | 2050 | -11,4 | -16,5 | 14,2 | 45,6 | 42,2 | 41,4 | 17,0 | 9,5 | 14,1 | -9,9 | -38,6 | -0,8 |
| | 2070 | -9,8 | 4,5 | 35,0 | 51,3 | 27,0 | 26,7 | 5,8 | -6,1 | -7,6 | -29,7 | -37,5 | 33,8 |
| Ouin | 2030 | 9,1 | 4,5 | 15,0 | 4,1 | 27,2 | 9,6 | 8,6 | 15,3 | 13,5 | -21,8 | 65,8 | 181,4 |
| | 2050 | -0,6 | -3,7 | 15,9 | 32,5 | 35,1 | 40,7 | 22,2 | 22,3 | 18,7 | -17,7 | -25,8 | 45,0 |
| | 2070 | -10,4 | 13,7 | 32,6 | 31,7 | 23,1 | 31,5 | 10,6 | 2,7 | -14,1 | -43,5 | -23,2 | 59,7 |

À retenir :

Le scénario C1 est un scénario chaud mais humide à l'année, avec un automne parmi les plus secs, et un hiver et un printemps humides. Ce scénario a plusieurs impacts non négligeables sur les débits désinfluencés, par rapport à la période historique :

- augmentation modérée du module,
- évolution contrastée des débits d'étiages contrairement aux autres scénarios,
- augmentation générale de toute la gamme de débits,
- débits mensuels généralement en hausse, sauf à l'automne en raison des précipitations à la baisse,
- débits mensuels quinquennaux secs généralement en hausse, sauf à l'automne.

5.3.6 Conclusion

Nous l'avons vu, le choix du scénario climatique peut avoir un impact fort sur le futur des débits désinfluencés sur le bassin versant de la Sèvre Nantaise. Différents futurs se dessinent, qui font évoluer de manière contrastée les différents indicateurs.

Nous pouvons noter les différents points suivants :

- évolution des modules très dépendante de la projection de précipitations,
- évolution des indicateurs d'étiage généralement à la baisse, même pour certains scénarios considérés comme humides, à l'exception du scénario C1, dont seuls les étiages de septembre diminuent,
- évolution des débits mensuels à la baisse pendant l'été et l'automne, de manière plus ou moins étendue en durée et intensité selon le scénario,
- retard plus ou moins important de la reprise des écoulements entre octobre et décembre par rapport à la période historique, à l'exception du scénario A1,
- évolution des débits mensuels quinquennaux secs généralement à la baisse, sauf parfois l'hiver ou l'automne selon le scénario. Ici, le scénario C1 indique au contraire des hausses, sauf à l'automne.

Pour comparer les différents scénarios, la Figure 137 montre les régimes obtenus en utilisant chaque scénario climatique sur l'UG Sèvre aval et pour les trois horizons. Si tous les scénarios donnent des baisses au niveau des bas débits, les régimes montrent des différences de comportement au printemps, en hauts débits et lors de la reprise des écoulements. Le contraste entre les scénarios permet donc de prendre en compte un spectre des possibles important. **Il convient cependant de noter que les valeurs absolues de ces scénarios ne sont pas forcément comparables car la référence historique est différente pour chaque scénario (ici il s'agit d'une moyenne).**

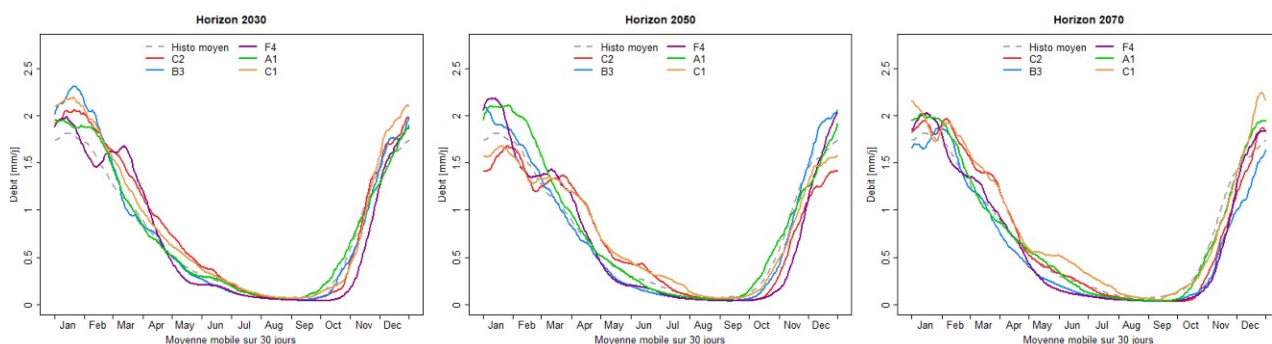


Figure 142: Régimes désinfluencés simulés au niveau de l'UG Sèvre aval pour chaque scénario climatique et pour chaque horizon, en comparaison avec l'historique moyen

5.4 Evolution en fonction du scénario d'usages

Dans cette section, nous nous intéressons à l'évolution d'indicateurs hydrologiques et d'usages dans un contexte de changement climatique et d'évolution des usages de l'eau. Pour cela, nous nous intéressons à trois horizons, 2030, 2050 et 2070, pour lesquels nous analysons les trois scénarios d'usages, et les comparons entre eux et par rapport à la situation de référence (période historique avec usages correspondant à une situation historique). On rappellera que les scénarios climatiques comme les scénarios d'usages n'ont pas vocation à prédire de manière exacte une situation future. Ces scénarios visent à explorer un ensemble de futurs contrastés, à la fois sur l'évolution climatique et sur l'évolution des usages, pour certains pessimistes et pour d'autres optimistes, et permettent d'interroger la résilience du bassin versant de la Sèvre Nantaise face à ces évolutions. Si des chiffres peuvent être donnés par la suite, il conviendra de s'attarder davantage aux grandes tendances qu'aux chiffres précis. Ces scénarios permettront aussi d'alimenter les réflexions de la Phase 4 de l'étude HMUC.

5.4.1 Horizon 2030

5.4.1.1 Évolution du module

Le Tableau 143 donne l'évolution des modules influencés pour l'ensemble des scénarios climatiques et des scénarios d'usages à l'horizon 2030. Le tableau montre une augmentation marquée des modules sur la période 2030 pour les scénarios climatiques C2, B3 et C1. Le scénario A1 montre une augmentation plus faible alors que le scénario F4 aboutit à une stagnation voire une légère baisse pour certaines UG. Ces résultats sont similaires à ce qu'avait montré l'évolution des débits désinfluencés. Il existe cependant des UG pour lesquelles l'augmentation est plus forte et d'autres pour laquelle elle est plus faible. L'évolution des usages scénarisés semblent donc favorables à certaines UG en contexte de changement climatique et en défavorables à d'autres, pour le module. La différence d'évolution des modules entre les différents scénarios d'usages est, en revanche, très faible. Cela montre que les différences d'usages implémentées ont peu d'impact sur ce débit caractéristique. Cela peut s'expliquer par le fait que les usages influencent davantage les bas débits, comme on le verra plus tard, mais aussi par le fait que sur la période 2030, les scénarios d'usages sont encore très similaires.

Tableau 143: Evolution en pourcents du module pour la période 2030 et les cinq modèles climatiques, par rapport à la période de référence 1976-2005. Violet : > 20 %. Bleu moyen : < 20 % & > 10 %. Blanc : < 10 % & > -10 %. Jaune : < -10 % & > -20 %. Orange : < -20 %.

| UG | Scénario | Evolution du module en pourcent (%) pour 2030 | | | | |
|-----------------|------------|-----------------------------------------------|------|------|-----|------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Sèvre aval | Constant | 15,3 | 15,3 | 1,6 | 4,4 | 17,9 |
| | Tendanciel | 15,3 | 15,4 | 1,7 | 4,4 | 17,9 |
| | Alternatif | 15,3 | 15,3 | 1,6 | 4,4 | 17,9 |
| Sèvre moyenne 2 | Constant | 15,6 | 11,8 | -2,1 | 1,9 | 18,3 |
| | Tendanciel | 15,5 | 11,7 | -2,3 | 1,7 | 18,2 |
| | Alternatif | 15,5 | 11,7 | -2,3 | 1,8 | 18,2 |
| Sèvre moyenne 1 | Constant | 14,9 | 11,8 | 0,6 | 6,0 | 21,1 |
| | Tendanciel | 15,0 | 11,8 | 0,6 | 6,1 | 21,1 |
| | Alternatif | 14,9 | 11,8 | 0,6 | 6,0 | 21,1 |
| Sèvre amont | Constant | 12,4 | 8,8 | -1,1 | 4,2 | 17,5 |
| | Tendanciel | 12,5 | 8,9 | -1,0 | 4,3 | 17,6 |
| | Alternatif | 12,6 | 9,1 | -0,9 | 4,5 | 17,8 |
| Sanguèze | Constant | 11,3 | 9,1 | -3,0 | 2,7 | 15,5 |
| | Tendanciel | 11,5 | 9,2 | -2,8 | 2,8 | 15,6 |
| | Alternatif | 11,5 | 9,2 | -2,9 | 2,8 | 15,6 |
| Maine | Constant | 14,0 | 10,6 | 0,1 | 2,1 | 19,9 |
| | Tendanciel | 14,1 | 10,7 | 0,1 | 2,2 | 20,0 |
| | Alternatif | 14,0 | 10,6 | 0,0 | 2,1 | 20,0 |
| Petite Maine | Constant | 11,3 | 9,3 | -4,7 | 0,2 | 14,2 |
| | Tendanciel | 11,6 | 9,6 | -4,4 | 0,5 | 14,5 |
| | Alternatif | 11,4 | 9,4 | -4,6 | 0,3 | 14,3 |
| Grande Maine | Constant | 14,7 | 6,7 | -1,3 | 5,6 | 21,1 |
| | Tendanciel | 14,7 | 6,7 | -1,3 | 5,6 | 21,1 |
| | Alternatif | 14,8 | 6,9 | -1,2 | 5,7 | 21,2 |
| Moine 2 | Constant | 14,2 | 9,4 | -3,1 | 6,8 | 23,2 |
| | Tendanciel | 14,2 | 9,4 | -3,2 | 6,7 | 23,2 |
| | Alternatif | 14,4 | 9,7 | -3,0 | 6,9 | 23,4 |
| Moine 1 | Constant | 14,7 | 14,9 | 1,2 | 4,4 | 17,8 |
| | Tendanciel | 14,8 | 15,0 | 1,3 | 4,5 | 17,9 |
| | Alternatif | 14,6 | 14,8 | 1,1 | 4,3 | 17,7 |
| Ouin | Constant | 14,9 | 11,8 | 0,6 | 6,0 | 21,0 |
| | Tendanciel | 14,9 | 11,8 | 0,6 | 6,0 | 21,1 |
| | Alternatif | 14,9 | 11,8 | 0,6 | 6,0 | 21,0 |

5.4.1.2 Évolution du QMNA5

Pour évaluer les influences des scénarios d'usages, il est donc intéressant de se pencher sur l'évolution des QMNA5 pour chaque scénario climatique et d'usages (Tableau 144). Le tableau montre une évolution des QMNA5 en général à la baisse (sauf pour le scénario C1 et quelques UG). L'UG Sèvre moyenne 2 semble très sensible aux scénarios d'usages et aux scénarios climatiques. Il est possible que les usages aient un fort impact sur les étiages de cette UG comme cela avait été montré pour la phase 2 de l'étude. Globalement, cependant, l'évolution des QMNA5 influencés est semblable à celle des débits désinfluencés. On rappellera toutefois que la situation de référence sur l'évolution des débits non influencés n'est, par définition, pas la même que celle sur l'évolution des débits influencés. Les bas débits des UG Sèvre moyenne 1 et Ouin n'évoluent pas car ils sont déjà très faibles sur la période historique.

Tableau 144 : Evolution en pourcents du QMNA5 pour la période 2030 et les cinq modèles climatiques, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Scénario | Evolution du QMNA5 en pourcent (%) pour 2030 | | | | |
|-----------------|------------|----------------------------------------------|-------|--------|-------|-------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Sèvre aval | Constant | -17,6 | 7,6 | -19,5 | -10,1 | 14,5 |
| | Tendanciel | -15,4 | 12,6 | -13,7 | -5,0 | 19,4 |
| | Alternatif | -18,6 | 7,8 | -21,2 | -11,4 | 15,5 |
| Sèvre moyenne 2 | Constant | 13,9 | -9,3 | -50,4 | 36,6 | -2,6 |
| | Tendanciel | 270,3 | -3,4 | -33,1 | 54,9 | 17,5 |
| | Alternatif | -33,5 | -50,6 | -100,0 | -13,8 | -55,7 |
| Sèvre moyenne 1 | Constant | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Tendanciel | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Alternatif | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Sèvre amont | Constant | -48,4 | -9,8 | -30,1 | -10,4 | 1,0 |
| | Tendanciel | -37,0 | -2,2 | -28,2 | -7,7 | 10,1 |
| | Alternatif | -39,2 | -0,5 | -15,3 | 5,3 | 49,8 |
| Sanguèze | Constant | -19,5 | -5,7 | -12,9 | -9,5 | 7,9 |
| | Tendanciel | -15,9 | -2,3 | -9,0 | -6,9 | 10,9 |
| | Alternatif | -16,0 | -0,6 | -9,0 | -5,1 | 14,3 |
| Maine | Constant | -18,7 | 0,2 | -12,8 | -9,8 | 16,7 |
| | Tendanciel | -12,3 | 7,9 | -4,4 | -1,6 | 26,1 |
| | Alternatif | -0,4 | 15,0 | 4,4 | 3,5 | 50,1 |
| Petite Maine | Constant | -24,5 | -15,3 | -24,6 | -10,9 | 3,9 |
| | Tendanciel | -14,4 | -1,8 | -7,1 | 2,0 | 21,7 |
| | Alternatif | -13,0 | -0,6 | -8,2 | 1,2 | 24,3 |
| Grande Maine | Constant | -25,3 | -8,5 | -10,0 | -22,7 | 17,9 |
| | Tendanciel | -23,6 | -9,8 | -10,3 | -23,8 | 13,4 |
| | Alternatif | -20,8 | -2,7 | -1,3 | -15,1 | 35,3 |
| Moine 2 | Constant | -73,4 | -9,8 | -43,4 | -1,9 | 37,6 |
| | Tendanciel | -55,1 | -12,3 | -44,4 | 10,4 | 36,9 |
| | Alternatif | -78,8 | -10,5 | -51,1 | 0,4 | 13,9 |
| Moine 1 | Constant | -14,1 | 4,0 | -11,8 | -5,3 | 11,2 |
| | Tendanciel | -12,5 | 7,8 | -7,3 | -1,5 | 13,8 |
| | Alternatif | -15,1 | 3,2 | -14,2 | -8,0 | 10,3 |
| Ouin | Constant | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Tendanciel | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Alternatif | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

5.4.1.3 Évolution des régimes hydrologiques

L'évolution des régimes (Figure 143) montre que les hauts débits auront tendance à augmenter alors que les bas débits diminueront. Des différences s'observent entre scénarios climatiques mais les évolutions sont semblables à ce qui avait été observé sur les débits désinfluencés. Concernant la période d'étiage, un retard à la reprise d'écoulement en novembre apparaît pour les scénarios C2, F4 et C1 et augmente légèrement la durée de la période de basses eaux. **Il y aurait aussi une aggravation des étiages pour les très bas débits sur l'ensemble des scénarios.** La différence entre les scénarios d'usages est, par ailleurs, infime, confirmant que la variabilité des scénarios d'usages n'est visible qu'en période d'étiage.

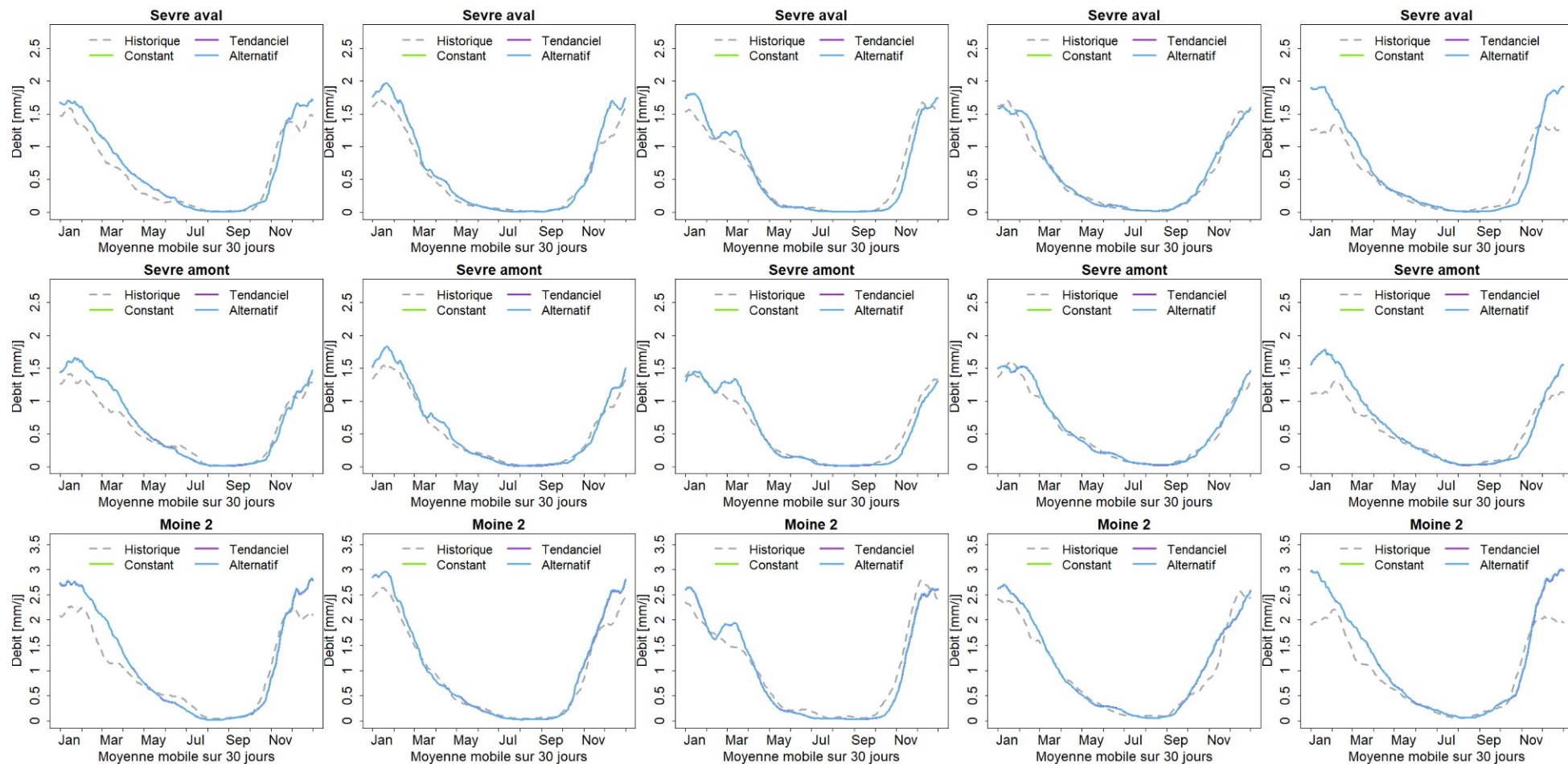


Figure 143 : Evolution des régimes hydrologiques en 2030 sur les UG Sèvre aval, Sèvre amont et Moine 2 (en ligne). Les 3 scénarios d'usages (peu distinguables car très proches) sont superposés avec l'historique, pour chaque modèle climatique (en colonne selon l'ordre suivant : C2, B3, F4, A1, C1)

5.4.1.4 Probabilités de remplissage des retenues

L'analyse de l'évolution hydrologique du bassin montre des résultats comparables pour les débits influencés et désinfluencés. Cependant, des différences apparaissent au niveau des UG, certaines étant « favorisées » par les usages (c'est-à-dire que les usages atténuent les baisses), d'autres étant plutôt « défavorisées » (baisses aggravées par les usages). Il est, cependant, intéressant d'analyser comment les différents scénarios de changement climatique pourraient impacter les usagers de l'eau. Les Figure 144 à Figure 148 montrent la probabilité de remplissage hivernal des retenues pour l'irrigation. Pour chaque UG, cette probabilité (dont la valeur varie entre 0 et 1) équivaut au taux d'années sur 30 ans (pour chaque horizon) pour lesquelles le remplissage des retenues atteint 80 % de la capacité globale des plans d'eau d'irrigation de l'UG. La valeur de remplissage de 80 % a été choisie car à l'échelle de l'UG, il existe toujours des plans d'eau qui ne se remplissent pas certaines années. Un taux global de 80 % montre ainsi un bon remplissage global des retenues, malgré certaines exceptions. Ces figures montrent que les plans d'eau des unités de gestion aval (Sèvre aval, Sanguèze et Moine 2) sont moins fréquemment remplis que ceux de l'amont. Cela est principalement dû au fait que les pluies hivernales sont moins importantes dans cette zone (comme montré dans le rapport de Phase 1). Le remplissage sur ces UG est donc plus sensible au changement climatique. Le remplissage est aussi impacté dans une moindre mesure sur les UG de la Maine (aval, Petite et Grande) et de la Sèvre moyenne (1 et 2). En revanche, les UG amont (Ouin, Sèvre amont et Moine 1) sont très peu affectées.

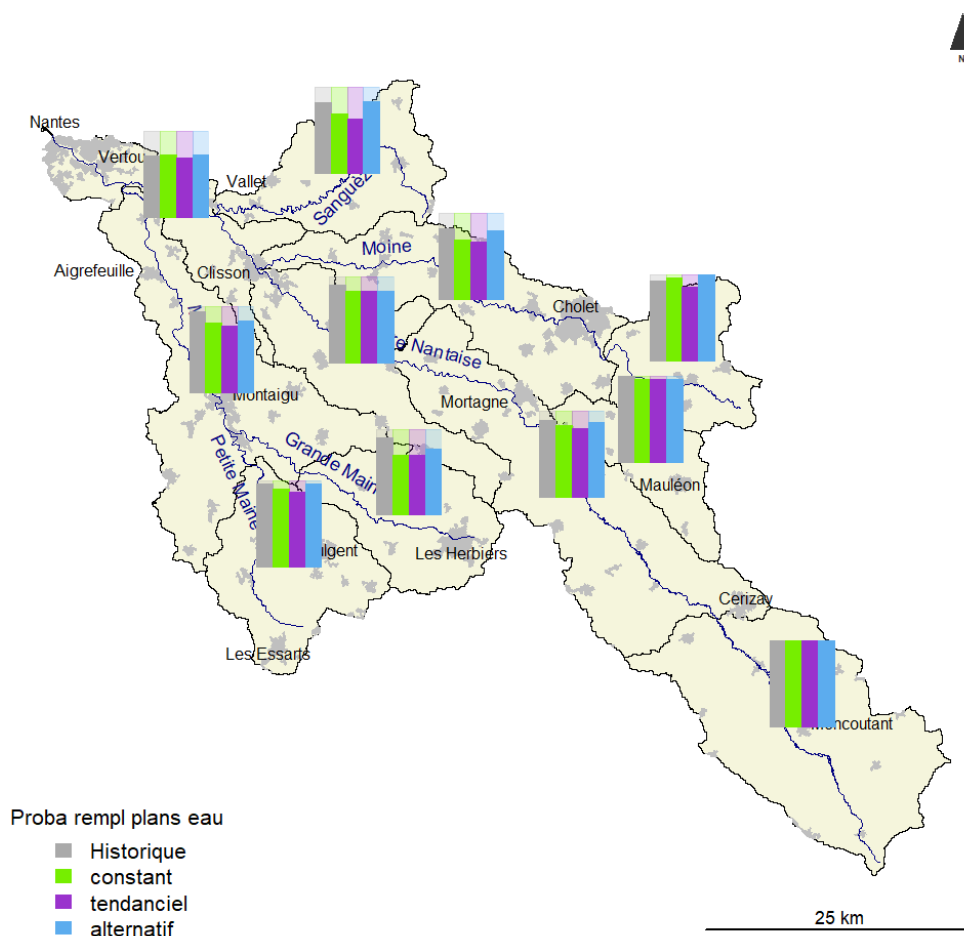


Figure 144 : Probabilité de remplissage des retenues d'irrigation pour 2030 (entre 0 et 1), représentées sur chaque UG, pour chaque scénario d'usage et pour le modèle climatique C2 (le remplissage est déterminé par le dépassement de 80 % de la capacité totale des retenues d'irrigation de l'UG)

Le scénario climatique a aussi son importance sur le remplissage des retenues. Les scénarios B3, F4 et A1 ont une importance influence sur le remplissage. En effet, le Tableau 143 montre une augmentation moins forte (voire une baisse) des modules pour ces scénarios, ce qui limite le remplissage des retenues tous les ans. Au contraire, le scénario C1, plus humide, permet un bon remplissage des retenues, parfois meilleur que l'historique.

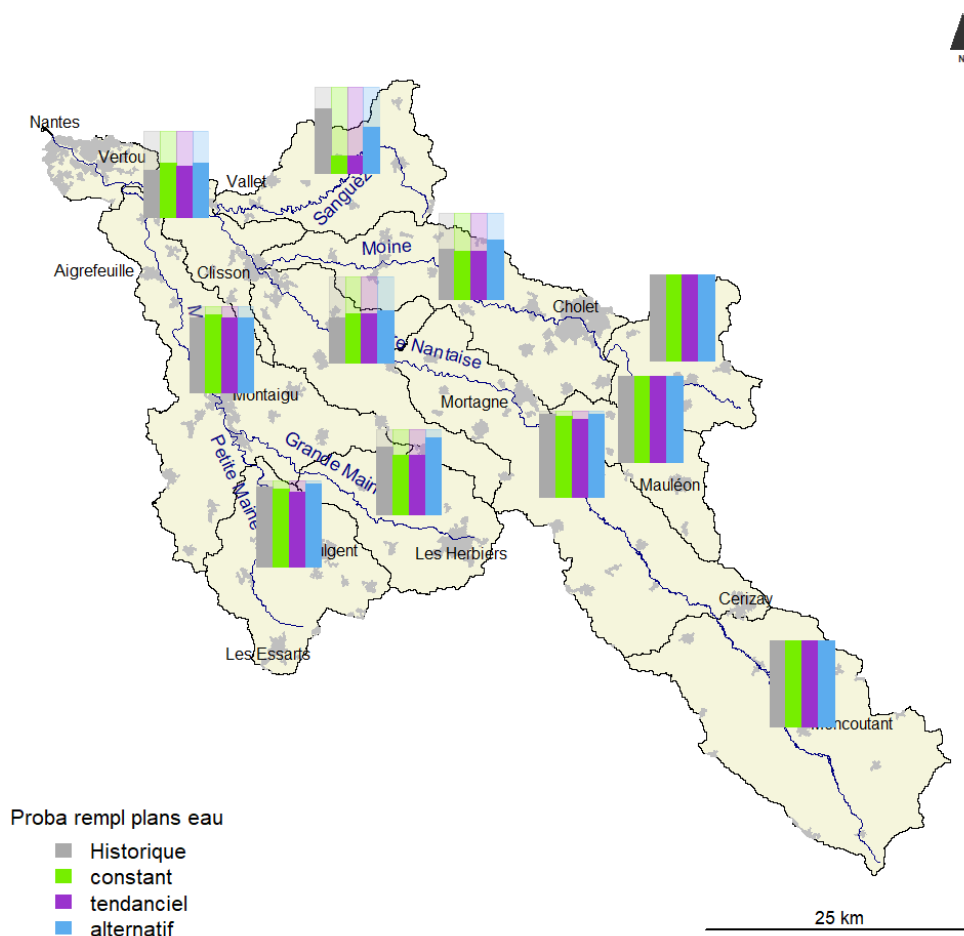


Figure 145 : Probabilité de remplissage des retenues d'irrigation pour 2030 (entre 0 et 1), représentées sur chaque UG, pour chaque scénario d'usage et pour le modèle climatique B3 (le remplissage est déterminé par le dépassement de 80 % de la capacité totale des retenues d'irrigation de l'UG)

Enfin, les scénarios d'usage semblent avoir une influence sur ce remplissage. Le scénario alternatif (pour lequel une fraction du maïs est remplacé par du sorgho et une fraction du blé par de l'orge) semble permettre un meilleur remplissage de ces plans d'eau et semble être le seul à-même de permettre un meilleur remplissage que sur la période historique. En effet, la plus faible demande en irrigation dans le cadre de ce scénario induit des volumes dans les plans d'eau plus importants en fin d'été et donc un remplissage hivernal plus fréquent.

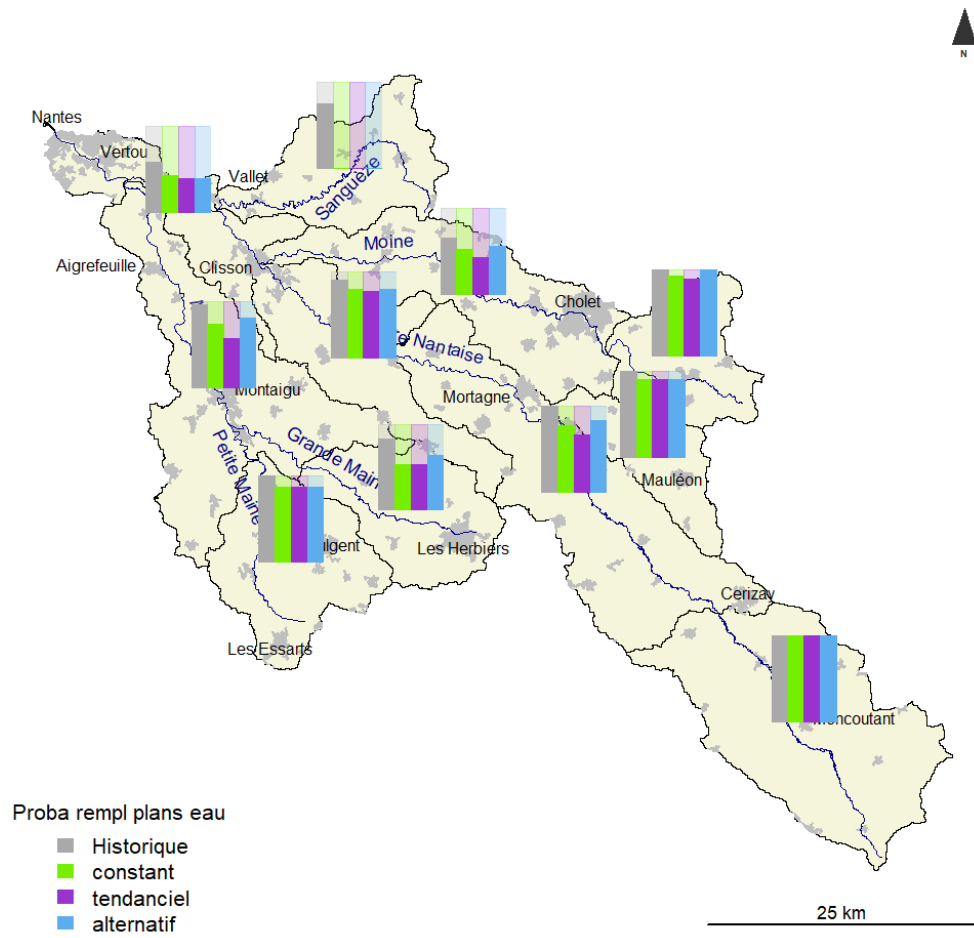


Figure 146 : Probabilité de remplissage des retenues d'irrigation pour 2030 (entre 0 et 1), représentées sur chaque UG, pour chaque scénario d'usage et pour le modèle climatique F4 (le remplissage est déterminé par le dépassement de 80 % de la capacité totale des retenues d'irrigation de l'UG)

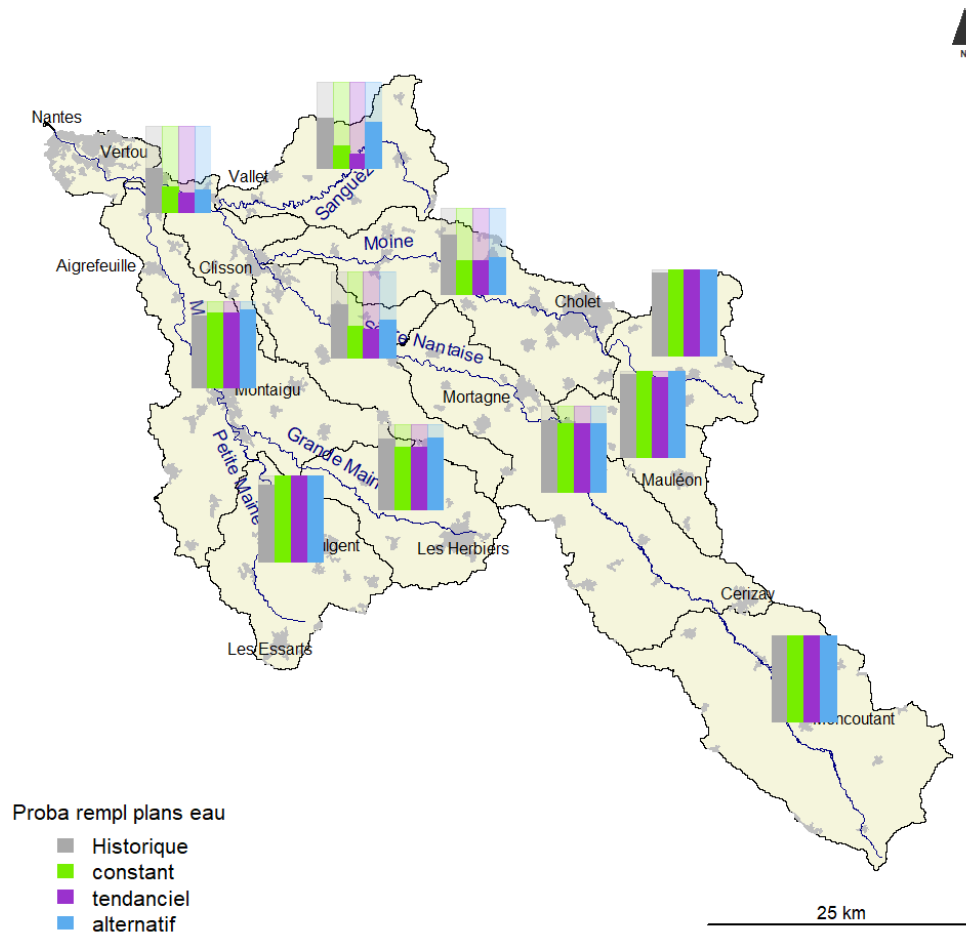


Figure 147 : Probabilité de remplissage des retenues d'irrigation pour 2030 (entre 0 et 1), représentées sur chaque UG, pour chaque scénario d'usage et pour le modèle climatique A1 (le remplissage est déterminé par le dépassement de 80 % de la capacité totale des retenues d'irrigation de l'UG)

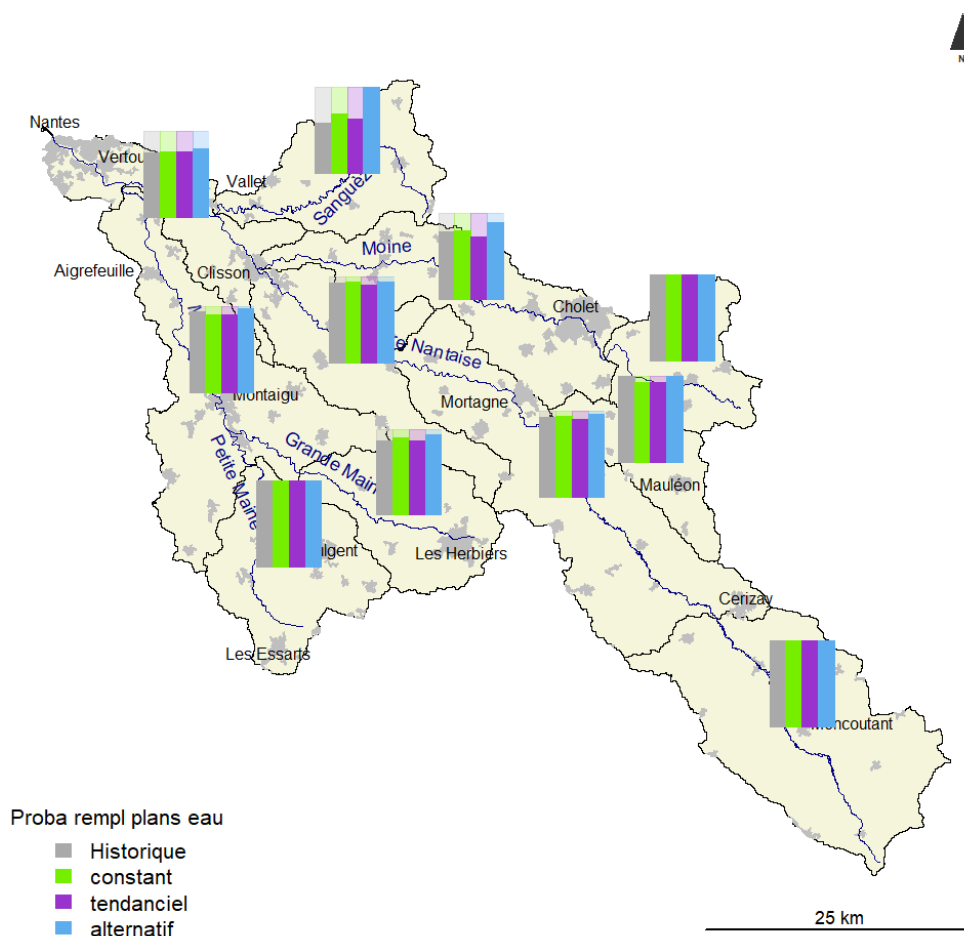


Figure 148 : Probabilité de remplissage des retenues d'irrigation pour 2030 (entre 0 et 1), représentées sur chaque UG, pour chaque scénario d'usage et pour le modèle climatique C1 (le remplissage est déterminé par le dépassement de 80 % de la capacité totale des retenues d'irrigation de l'UG)

5.4.1.5 Part potentielle du remplissage des retenues en novembre

Comme l'analyse précédente montre une difficulté de remplissage des retenues ainsi qu'une baisse des débits de **novembre** à l'horizon 2030, une analyse a été menée pour comprendre comment évolue la part de ce mois charnière dans la ressource permettant de remplir les retenues d'irrigation. Cette analyse pourra alimenter le choix de modifier la répartition annuelle de la période de hautes eaux et de la période de bas débits sur le bassin de la Sèvre Nantaise. Ainsi, le Tableau 145 montre la part du mois de novembre dans le ruissellement hivernal, i.e. le ruissellement susceptible de remplir les retenues entre novembre et mars. Les taux présentés dans ce tableau sont calculés de la manière suivante :

- pour chaque année hydrologique (c'est-à-dire une année allant du 1^{er} octobre au 30 septembre) le ruissellement produit en novembre par les surfaces en amont de l'ensemble

des plans d'eau d'une UG donnée est divisé par la totalité du ruissellement produit de novembre à mars sur ces mêmes surfaces amont de plans d'eau

- pour chaque période d'analyse (historique, 2030, 2050 et 2070), le ratio entre ruissellement produit en novembre et ruissellement produit de novembre à mars est moyenné

On notera que, comme la période de hautes eaux est constituée de 5 mois, une valeur de 20 % serait une valeur moyenne. Pour la période historique, le tableau montre que le ruissellement de novembre participe à hauteur de 10 à 15 % du ruissellement produit en dehors de la période de basses eaux (ce taux est un peu plus important sur l'UG Petite Maine). Ce taux varie en fonction du scénario climatique utilisé mais reste dans ces gammes de valeurs. Pour l'horizon 2030, une diminution de la part de novembre dans le ruissellement hivernal de quelques pourcents devrait s'observer pour l'ensemble des scénarios (le scénario A1 entraînant une baisse moins importante). Cette part devrait se situer autour de 10 % à cet horizon.

Tableau 145: Part (en termes de pourcentage) du mois de novembre dans le ruissellement susceptible d'alimenter les plans d'eau en période de hautes eaux (de novembre à mars) pour les cinq modèles climatiques, sur la période de référence 1976-2005 et la période 2030. Violet foncé : > 20 %. Violet moyen : < 20 % & > 15 %. Violet clair : < 15 % & > 10 %. Jaune clair : < 10 % & > 5 %. Jaune : < 5 %.

| UG | Scénario | Part du mois de novembre dans ruissellement hivernal (%) | | | | |
|-----------------|------------|----------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Sèvre aval | Historique | 13,3 | 10,4 | 9,9 | 10,7 | 13,3 |
| | 2030 | 10,3 | 7,6 | 6,1 | 10,1 | 9,8 |
| Sèvre moyenne 2 | Historique | 14,1 | 11,4 | 10,5 | 11,2 | 14,4 |
| | 2030 | 10,8 | 8,9 | 7,2 | 10,5 | 10,6 |
| Sèvre moyenne 1 | Historique | 10,9 | 9,4 | 8,4 | 9,5 | 11,9 |
| | 2030 | 8,3 | 7,2 | 5,4 | 8,4 | 9,2 |
| Sèvre amont | Historique | 15,0 | 12,6 | 12,1 | 11,2 | 15,6 |
| | 2030 | 11,1 | 10,4 | 8,9 | 11,6 | 13,6 |
| Sanguèze | Historique | 17,7 | 13,6 | 13,9 | 13,1 | 16,8 |
| | 2030 | 14,4 | 10,6 | 9,4 | 12,8 | 12,6 |
| Maine | Historique | 14,4 | 11,8 | 10,6 | 11,1 | 14,5 |
| | 2030 | 10,8 | 9,0 | 7,0 | 10,3 | 11,2 |
| Petite Maine | Historique | 21,3 | 16,3 | 16,0 | 14,4 | 20,1 |
| | 2030 | 16,4 | 13,5 | 12,1 | 14,0 | 17,9 |
| Grande Maine | Historique | 14,2 | 11,8 | 10,6 | 10,8 | 14,8 |
| | 2030 | 10,5 | 9,1 | 7,0 | 9,9 | 11,8 |
| Moine 2 | Historique | 14,0 | 12,3 | 11,6 | 10,9 | 14,4 |
| | 2030 | 11,3 | 9,6 | 9,1 | 10,6 | 11,7 |
| Moine 1 | Historique | 13,1 | 11,0 | 10,7 | 9,6 | 13,2 |
| | 2030 | 10,1 | 7,9 | 7,9 | 9,0 | 10,8 |
| Ouin | Historique | 14,3 | 11,7 | 11,3 | 10,9 | 14,5 |
| | 2030 | 10,7 | 9,6 | 7,8 | 10,3 | 11,7 |

5.4.1.6 Niveau de remplissage des grands réservoirs

Parallèlement, la Figure 149 montre l'évolution du régime annuel des trois grands réservoirs du bassin (Bultière, Ribou et Verdon). Pour Verdon, une baisse globale des volumes stockés s'observe pour les scénarios climatiques C2 et F4 alors que les scénarios B3, A1 et C1 entraînent une augmentation des volumes stockés. Concernant les scénarios d'usages, le scénario tendanciel semble avoir un effet négatif sur le stockage probablement en raison de l'augmentation de la consommation AEP, tandis que le scénario alternatif mène à une amélioration au regard du scénario constant (atténuation de l'augmentation de la consommation AEP et de l'irrigation). Du fait du soutien de Verdon, le volume stocké dans le barrage de Ribou n'évolue que très peu. Pour Bultière, l'évolution est plus importante. Le scénario constant montre une baisse des volumes, en particulier en octobre et novembre sur l'ensemble des scénarios climatiques. Pour les scénarios tendanciels et alternatif, cela s'inverse. Cette légère hausse des volumes du réservoir est à mettre en relation avec l'évolution des règles de gestion du barrage de Bultière (baisse du débit réservé à 100 l.s⁻¹ de juin à octobre) implémentée à partir de 2023. L'amélioration des niveaux de réservoir est d'autant plus importante avec le scénario alternatif du fait de la plus faible demande en irrigation que pour le scénario tendanciel.

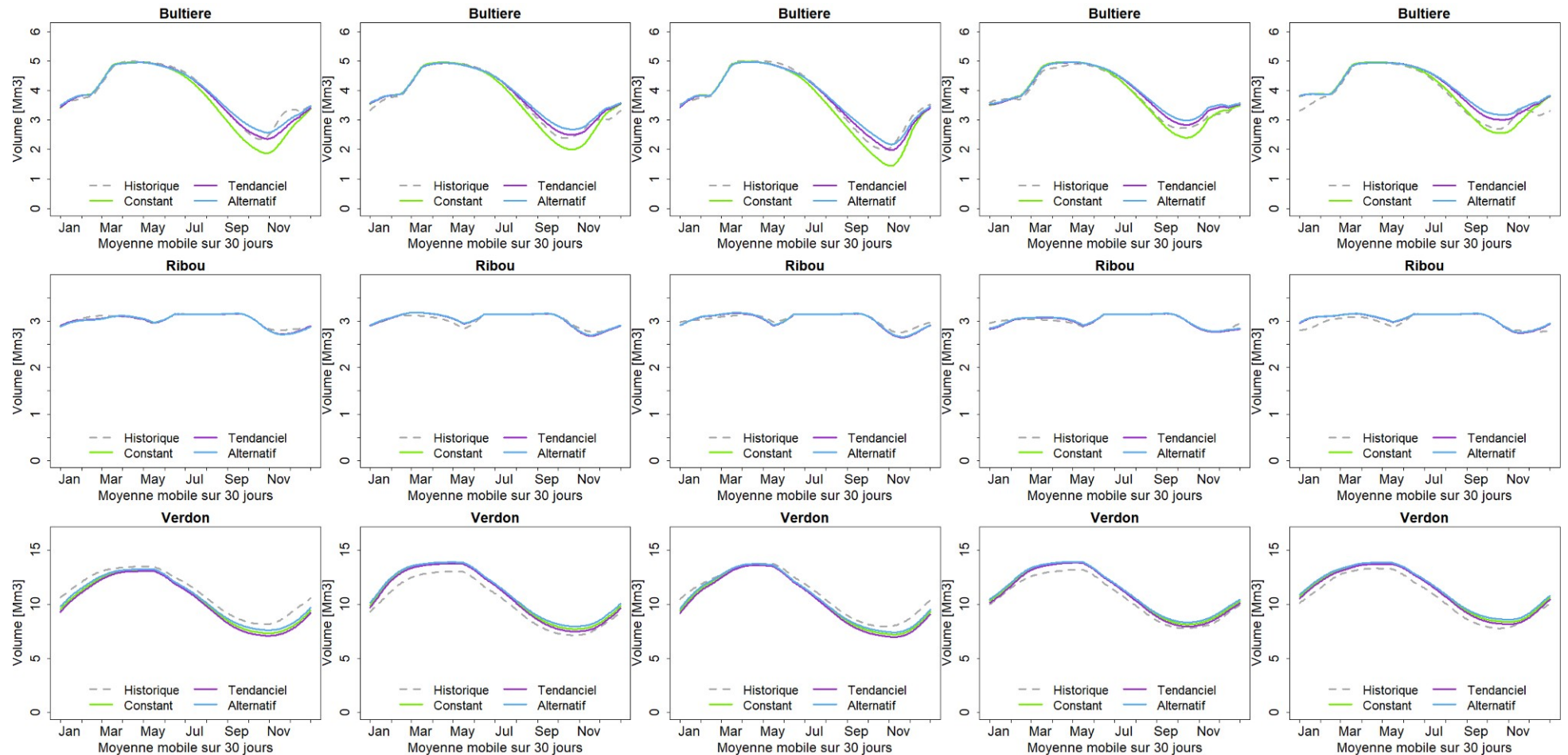


Figure 149 : Régime du volume des 3 gros barrages sur 2030 superposé pour les 3 scénarios et la période historique. En ligne, les 3 barrages, en colonne, les 5 modèles climatiques (selon l'ordre suivant : C2, B3, F4, A1, C1)

5.4.1.7 Taux de satisfaction globale des usages

Les Figure 150 à Figure 154 permettent d'évaluer la satisfaction globale des prélèvements en eau pour chaque UG (entre 0 et 100 %). La satisfaction correspond au pourcentage de la demande en eau qui est effectivement prélevé pour un usage donné. La demande ne peut en effet pas être respectée lorsque le débit est inférieur au seuil d'alerte renforcée ou au seuil de crise au niveau de l'une des stations de référence pour l'UG. Elle ne peut pas non plus être respectée lorsque le débit en sortie de chaque sous-bassin (il y en a parfois plusieurs au sein d'une UG donnée) n'est pas suffisant pour répondre à la demande.

Pour chaque UG, les stations de référence pour considérer les seuils d'alerte renforcé et de crise sont les suivantes :

- *UG Sèvre amont, Sèvre moyenne 1 et 2, Ouin et Sèvre aval* : la Sèvre Nantaise à Saint-Mesmin, Tiffauges et Nantes.
- *UG Moine 1 et Moine 2* : la Moine à Saint-Crespin-sur-Moine
- *UG Grande Maine, Petite Maine et Maine* : la Petite Maine à Saint-Georges de Montaigu et la Maine à Remouillé.
- *UG Sanguèze* : la Sanguèze de Tillières

Les débits de références pris en compte sont issus de l'arrêté inter-préfectoral « sécheresse » de la Sèvre Nantaise du 31 juillet 2023.

Les limitations de prélèvement considérées sont aussi prises en compte selon ce même arrêté inter-préfectoral.

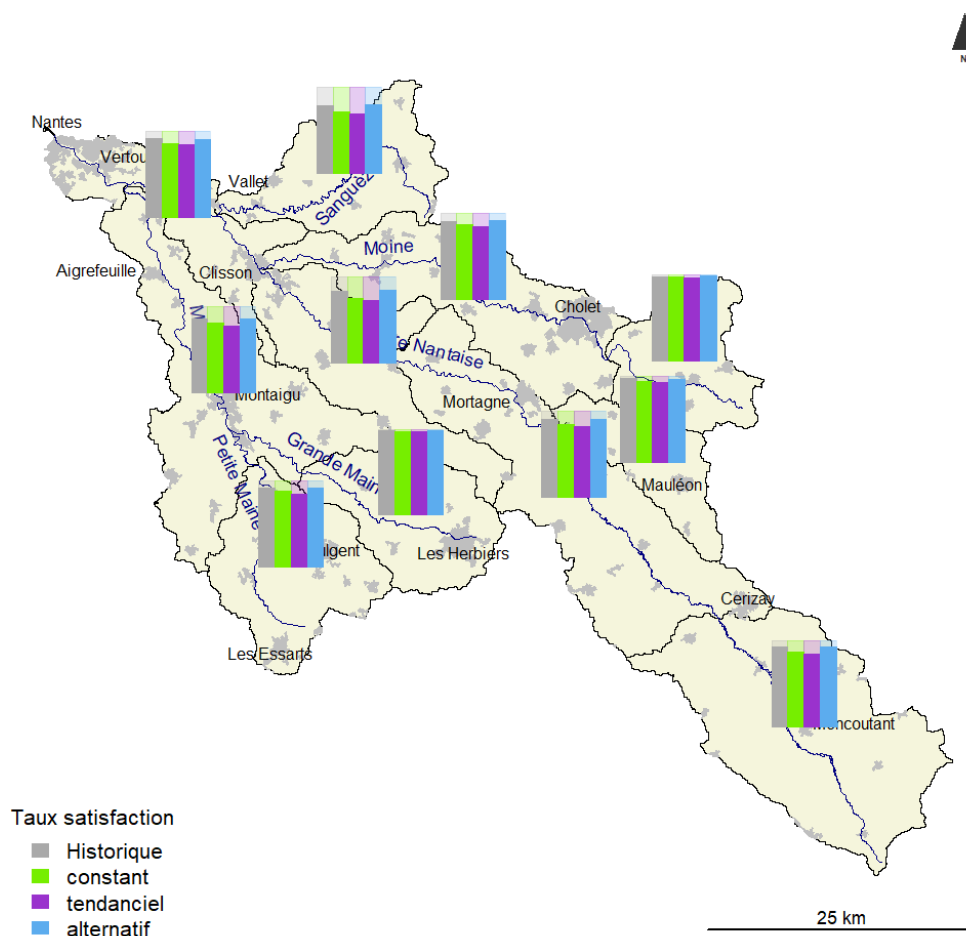


Figure 150 : Carte de satisfaction globale des usages pour 2030 pour le modèle climatique C2 et les 3 scénarios et l'historique

Selon le niveau de restriction, les dispositions suivantes sont appliquées :

- *Vigilance et alerte* : aucune restriction, car si les prélèvements pour l'irrigation sont interdits en journée, l'hypothèse est faite qu'ils sont compensés durant la période autorisée.
- *Alerte renforcée* : les prélèvements pour l'irrigation sont arrêtés, ceux pour l'industrie hors AEP sont réduits de 25 % (il en va de même pour les rejets), pas de dérogations appliquées faute d'information et par souci de simplicité.
- *Crise* : les prélèvements et rejets pour l'industrie sont arrêtés et les prélèvements pour l'AEP réduits de 5 % (interdiction de remplissages des piscines, lavages, etc.), les vidanges et remplissages de plans d'eau sont arrêtés.
- *Débit du sous-bassin nul* : tant que le débit du cours d'eau alimentant le prélèvement n'est pas suffisant, les prélèvements sont arrêtés dans l'ordre suivant : (1) remplissage des plans d'eau, (2) prélèvements pour l'irrigation, (3) prélèvements pour l'industrie hors AEP, (4) prélèvements pour l'abreuvement hors AEP, (5) prélèvements pour l'AEP.

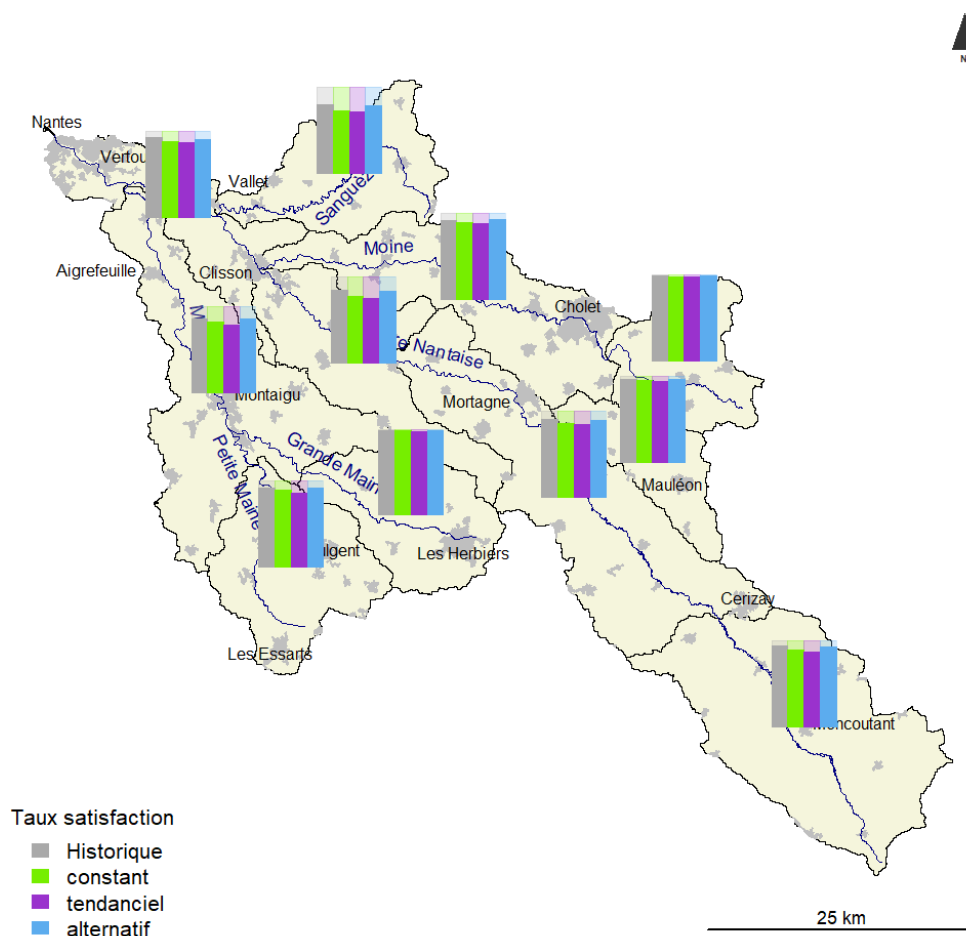


Figure 151 : Carte de satisfaction globale des usages pour 2030 pour le modèle climatique B3 et les 3 scénarios et l'historique

Cette façon de limiter les prélèvements, si elle ne représente pas parfaitement la réalité, qui est de toute manière imparfaitement connue, permet néanmoins de comprendre à quel point les prélèvements sont satisfaits de manière générale et d'évaluer les potentiels risques futurs. Les Figure 150 à Figure 154 montrent ainsi une légère baisse de la satisfaction des usages sur les unités de gestion aval pour l'ensemble des scénarios climatiques. L'UG Sanguèze semble être la plus touchée mais ses taux de satisfaction historiques sont plus bas. Cela peut s'expliquer par des difficultés de modélisation sur cette UG (cf phase 2) et un déclenchement plus fréquent des restrictions qui s'est observé sur les dernières années (2022 et 2023). Il n'en reste pas moins qu'une baisse des taux de satisfaction est observée sur cette UG à l'horizon 2030. Le scénario d'usage alternatif permet néanmoins de maintenir des taux de satisfaction proches de l'historique. Il convient aussi de noter, qu'à l'horizon 2030, les taux de satisfaction des usages restent correct sur l'ensemble du bassin.

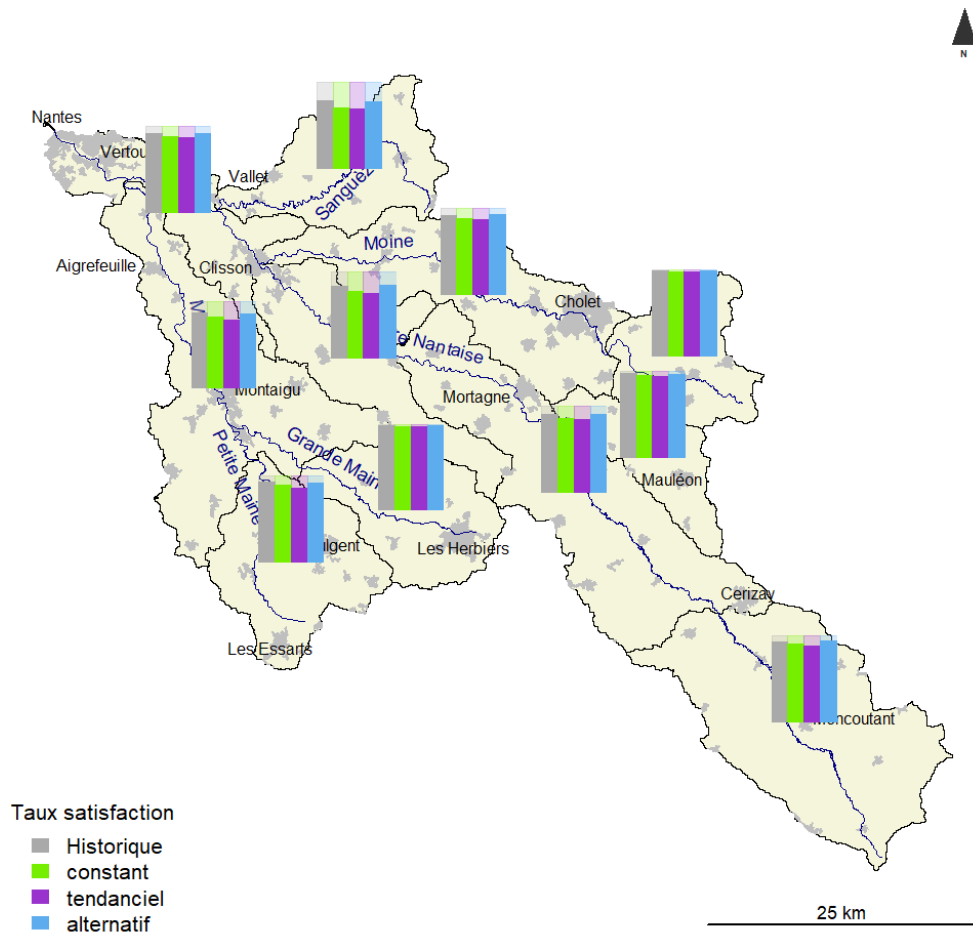


Figure 152 : Carte de satisfaction globale des usages pour 2030 pour le modèle climatique F4 et les 3 scénarios et l'historique

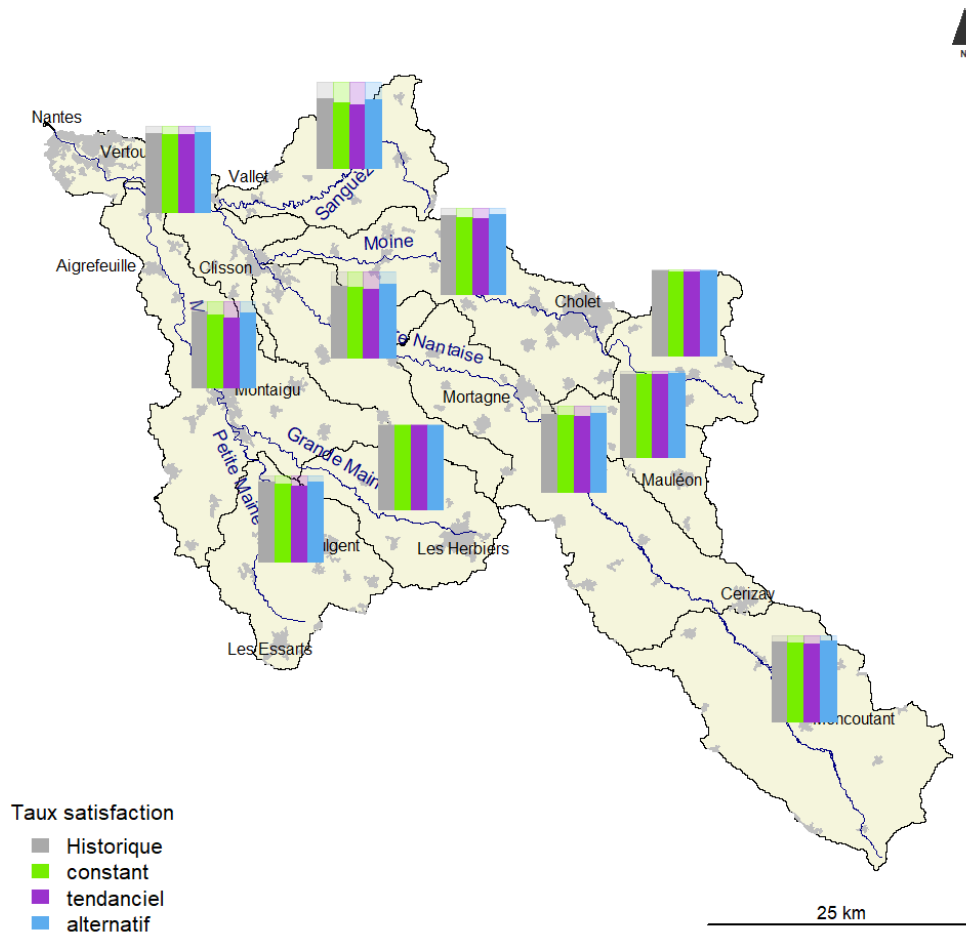


Figure 153 : Carte de satisfaction globale des usages pour 2030 pour le modèle climatique A1 et les 3 scénarios et l'historique

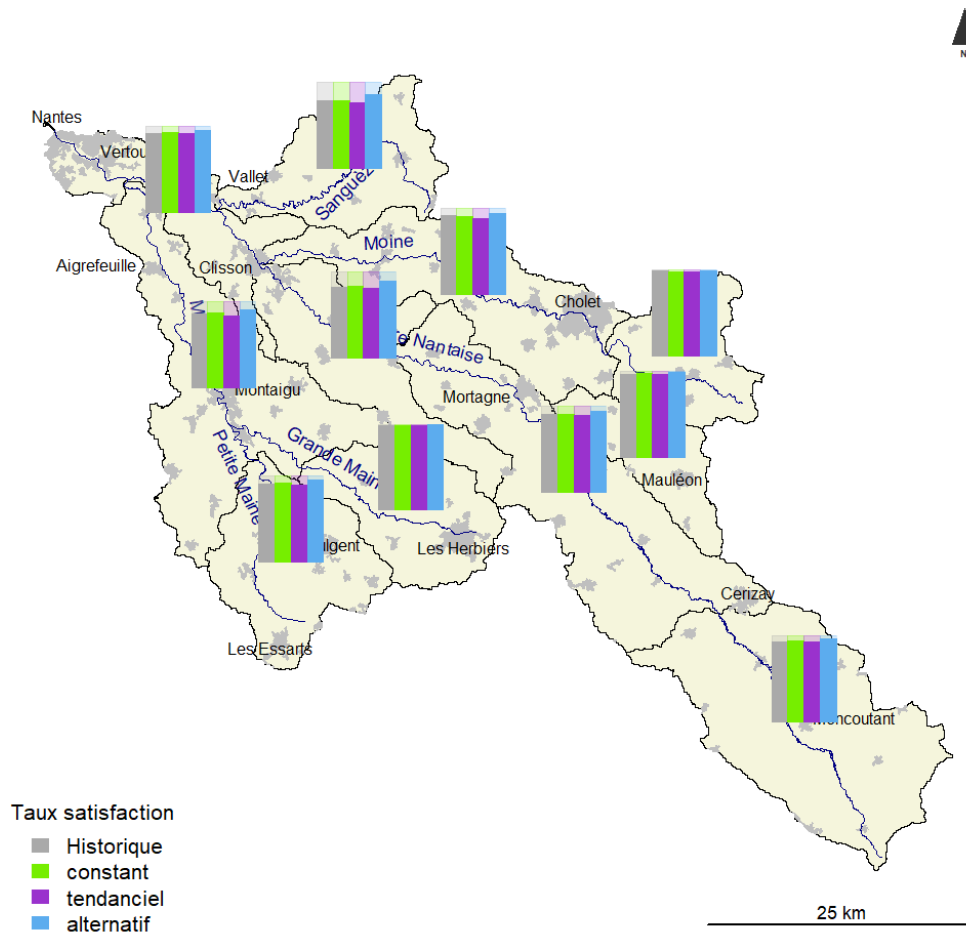


Figure 154 : Carte de satisfaction globale des usages pour 2030 pour le modèle climatique C1 et les 3 scénarios et l'historique

5.4.1.8 Taux de satisfaction individuel par usage

Les Tableau 146 à Tableau 149 permettent d’approfondir l’analyse de ces taux de satisfaction en individualisant chaque type d’usage. Pour l’irrigation (Tableau 146), les taux de satisfaction se situent entre 65 et 80 % sur l’ensemble des UG et pour l’ensemble des scénarios climatiques. Les scénarios A1 et C1, prévoyant une baisse moins sévère en basses eaux, sont un peu plus favorables. De même, le scénario alternatif donne de meilleurs taux de satisfaction du fait des substitutions de cultures (modifications des assolements). Le tableau montre bien que les UG aval (Sanguèze, Sèvre moyenne 1 et 2, Sèvre aval) sont plus sensibles que les UG amont (Sèvre amont, Ouin, Moine, Petite et Grande Maine).

Tableau 146 : Taux de satisfaction de chaque UG pour la période 2030 et les cinq modèles climatiques pour l'usage irrigation. Violet foncé : > 90 %. Violet moyen : < 90 % & > 80 %. Violet clair : < 80 % & > 70 %. Jaune clair : < 70 % & > 60 %. Jaune : < 60 % & > 50 %.

| UG | Scénario | Taux de satisfaction de l'irrigation pour 2030 | | | | |
|-----------------|------------|------------------------------------------------|------|------|------|------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Sèvre aval | Constant | 76,4 | 78,8 | 80,3 | 82,8 | 86,9 |
| | Tendanciel | 74,4 | 77,0 | 79,0 | 82,1 | 85,6 |
| | Alternatif | 87,1 | 84,9 | 89,2 | 87,7 | 93,4 |
| Sèvre moyenne 2 | Constant | 71,8 | 73,9 | 74,7 | 78,5 | 80,8 |
| | Tendanciel | 69,1 | 71,8 | 72,1 | 77,2 | 78,7 |
| | Alternatif | 81,9 | 80,1 | 82,5 | 83,1 | 87,5 |
| Sèvre moyenne 1 | Constant | 69,9 | 71,5 | 72,4 | 76,2 | 80,3 |
| | Tendanciel | 67,6 | 69,9 | 70,1 | 75,3 | 78,5 |
| | Alternatif | 79,7 | 77,5 | 80,5 | 80,8 | 87,0 |
| Sèvre amont | Constant | 81,4 | 84,0 | 85,1 | 87,4 | 90,4 |
| | Tendanciel | 79,3 | 82,6 | 83,1 | 86,9 | 89,0 |
| | Alternatif | 89,3 | 88,0 | 90,8 | 90,1 | 94,9 |
| Sanguèze | Constant | 59,3 | 60,5 | 56,9 | 63,0 | 67,5 |
| | Tendanciel | 58,8 | 60,7 | 57,7 | 62,7 | 67,5 |
| | Alternatif | 71,0 | 67,6 | 66,8 | 67,7 | 77,2 |
| Maine | Constant | 77,3 | 79,1 | 79,5 | 81,1 | 83,5 |
| | Tendanciel | 73,7 | 75,5 | 75,5 | 78,1 | 80,4 |
| | Alternatif | 83,5 | 83,3 | 83,7 | 84,4 | 88,9 |
| Petite Maine | Constant | 81,6 | 82,7 | 83,3 | 84,8 | 86,8 |
| | Tendanciel | 78,6 | 79,7 | 80,0 | 82,2 | 84,2 |
| | Alternatif | 86,8 | 86,2 | 86,6 | 87,6 | 91,2 |
| Grande Maine | Constant | 84,7 | 86,5 | 86,6 | 88,3 | 89,9 |
| | Tendanciel | 82,0 | 83,7 | 83,3 | 85,8 | 87,3 |
| | Alternatif | 89,8 | 89,7 | 90,1 | 90,7 | 93,5 |
| Moine 2 | Constant | 82,8 | 86,0 | 85,1 | 86,4 | 86,8 |
| | Tendanciel | 80,7 | 84,8 | 84,4 | 85,7 | 85,4 |
| | Alternatif | 89,4 | 90,5 | 90,5 | 90,1 | 93,0 |
| Moine 1 | Constant | 89,0 | 91,1 | 90,9 | 91,6 | 91,4 |
| | Tendanciel | 87,8 | 90,4 | 90,4 | 91,2 | 90,6 |
| | Alternatif | 92,9 | 93,8 | 94,0 | 93,6 | 95,2 |
| Ouin | Constant | 82,7 | 84,0 | 84,8 | 88,7 | 91,9 |
| | Tendanciel | 80,3 | 82,6 | 82,4 | 87,8 | 90,4 |
| | Alternatif | 90,3 | 88,2 | 91,3 | 92,3 | 96,4 |

Pour l'usage d'abreuvement hors AEP, moins contraint par les mesures de limitations que l'irrigation, le Tableau 147 montre que les taux de satisfaction sont très bons, mais que l'UG Sèvre aval est plus sensible que les autres. Il convient cependant de nuancer car les cheptels sont très faibles sur cette UG.

Tableau 147 : Taux de satisfaction pour la période 2030 et les cinq modèles climatiques pour l'usage abreuvement hors AEP

| UG | Scénario | Taux de satisfaction de l'abreuvement (hors AEP) pour 2030 | | | | |
|-----------------|------------|------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Sèvre aval | Constant | 84,2 | 83,9 | 82,9 | 87,6 | 87,8 |
| | Tendanciel | 85,0 | 84,3 | 83,4 | 87,9 | 88,0 |
| | Alternatif | 84,6 | 84,4 | 83,0 | 88,2 | 88,2 |
| Sèvre moyenne 2 | Constant | 96,9 | 96,4 | 96,8 | 97,8 | 98,4 |
| | Tendanciel | 96,8 | 96,1 | 96,7 | 97,5 | 98,2 |
| | Alternatif | 98,0 | 97,8 | 98,3 | 98,0 | 99,2 |
| Sèvre moyenne 1 | Constant | 94,9 | 96,1 | 95,3 | 96,9 | 97,3 |
| | Tendanciel | 94,9 | 96,0 | 95,2 | 96,9 | 97,3 |
| | Alternatif | 94,6 | 95,9 | 95,3 | 97,0 | 97,3 |
| Sèvre amont | Constant | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Tendanciel | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Alternatif | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Sanguèze | Constant | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Tendanciel | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Alternatif | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Maine | Constant | 96,7 | 97,1 | 97,0 | 97,3 | 97,3 |
| | Tendanciel | 96,0 | 96,6 | 96,7 | 97,0 | 97,0 |
| | Alternatif | 97,1 | 97,1 | 97,0 | 97,4 | 97,5 |
| Petite Maine | Constant | 99,6 | 99,8 | 99,9 | 99,8 | 99,9 |
| | Tendanciel | 99,1 | 99,4 | 99,5 | 99,5 | 99,5 |
| | Alternatif | 99,8 | 99,7 | 99,8 | 99,8 | 99,9 |
| Grande Maine | Constant | 97,1 | 97,1 | 97,3 | 97,6 | 97,8 |
| | Tendanciel | 95,0 | 95,5 | 96,2 | 96,7 | 96,6 |
| | Alternatif | 97,4 | 97,4 | 97,7 | 97,8 | 98,1 |
| Moine 2 | Constant | 99,9 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Tendanciel | 99,9 | 99,9 | 100,0 | 99,9 | 100,0 |
| | Alternatif | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Moine 1 | Constant | 94,6 | 94,4 | 94,3 | 95,3 | 95,6 |
| | Tendanciel | 94,6 | 94,4 | 94,3 | 95,3 | 95,6 |
| | Alternatif | 95,0 | 94,9 | 94,8 | 95,8 | 96,1 |
| Ouin | Constant | 99,9 | 99,9 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Tendanciel | 99,9 | 99,9 | 100,0 | 99,9 | 100,0 |
| | Alternatif | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

A l'horizon 2030, l'AEP montre aussi un bon taux de satisfaction (Tableau 148), ce qui signifie qu'il reste toujours assez d'eau pour alimenter ces prélèvements. Les quelques baisses sont plutôt dues aux restrictions en période de crise (remplissage piscines, lavage, etc.).

Tableau 148 : Taux de satisfaction pour la période 2030 et les cinq modèles climatiques pour l'usage AEP. Seules les UG concernées par cet usage sont indiquées.

| UG | Scénario | Taux de satisfaction de l'AEP pour 2030 | | | | |
|-----------------|------------|-----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Sèvre moyenne 1 | Constant | 99,4 | 99,7 | 99,7 | 99,7 | 99,8 |
| | Tendanciel | 99,5 | 99,7 | 99,7 | 99,7 | 99,8 |
| | Alternatif | 99,4 | 99,7 | 99,8 | 99,7 | 99,8 |
| Grande Maine | Constant | 99,7 | 99,8 | 99,6 | 100,0 | 99,9 |
| | Tendanciel | 100,0 | 99,9 | 99,9 | 100,0 | 100,0 |
| | Alternatif | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Moine 1 | Constant | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Tendanciel | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Alternatif | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Ouin | Constant | 99,7 | 99,7 | 99,7 | 99,8 | 99,8 |
| | Tendanciel | 99,6 | 99,7 | 99,7 | 99,8 | 99,8 |
| | Alternatif | 99,8 | 99,8 | 99,8 | 99,8 | 99,9 |

Enfin, pour l'industrie (hors AEP), les taux de satisfaction sont plutôt bons à l'exception de la Sanguèze. Cependant, sur cette unité de gestion, les taux de satisfaction historiques étaient déjà plus bas.

Tableau 149 : Taux de satisfaction pour la période 2030 et les cinq modèles climatiques pour l'usage industriel (hors AEP). Seules les UG concernées par cet usage sont indiquées.

| UG | Scénario | Taux de satisfaction de l'industrie hors AEP pour 2030 | | | | |
|-------------|------------|--------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Sèvre aval | Constant | 94,1 | 94,8 | 94,3 | 96,8 | 97,1 |
| | Tendanciel | 94,0 | 94,8 | 94,3 | 96,7 | 97,1 |
| | Alternatif | 94,8 | 95,8 | 95,3 | 97,2 | 97,6 |
| Sèvre amont | Constant | 94,3 | 95,1 | 94,7 | 97,0 | 97,3 |
| | Tendanciel | 94,3 | 95,1 | 94,6 | 96,9 | 97,3 |
| | Alternatif | 95,0 | 96,1 | 95,6 | 97,4 | 97,9 |
| Sanguèze | Constant | 85,9 | 85,9 | 83,3 | 87,9 | 88,6 |
| | Tendanciel | 86,3 | 86,2 | 83,9 | 88,2 | 88,9 |
| | Alternatif | 86,3 | 86,3 | 83,2 | 88,0 | 89,0 |

| UG | Scénario | Taux de satisfaction de l'industrie hors AEP pour 2030 | | | | |
|--------------|------------|--------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Maine | Constant | 94,2 | 95,1 | 95,0 | 96,2 | 96,6 |
| | Tendanciel | 93,1 | 93,6 | 93,1 | 95,3 | 95,3 |
| | Alternatif | 95,8 | 95,8 | 95,5 | 96,7 | 97,4 |
| Petite Maine | Constant | 94,2 | 95,1 | 95,0 | 96,2 | 96,6 |
| | Tendanciel | 93,1 | 93,6 | 93,1 | 95,3 | 95,3 |
| | Alternatif | 95,8 | 95,8 | 95,5 | 96,7 | 97,4 |
| Grande Maine | Constant | 92,0 | 92,3 | 92,5 | 94,0 | 94,5 |
| | Tendanciel | 91,0 | 91,2 | 90,9 | 93,2 | 93,2 |
| | Alternatif | 93,9 | 93,4 | 93,3 | 94,7 | 95,5 |
| Moine 2 | Constant | 97,6 | 98,1 | 98,0 | 98,2 | 97,9 |
| | Tendanciel | 97,2 | 97,9 | 98,0 | 98,2 | 97,8 |
| | Alternatif | 98,3 | 98,4 | 98,5 | 98,4 | 98,4 |
| Ouin | Constant | 94,3 | 95,1 | 94,7 | 97,0 | 97,3 |
| | Tendanciel | 94,3 | 95,1 | 94,6 | 96,9 | 97,3 |
| | Alternatif | 95,0 | 96,1 | 95,6 | 97,4 | 97,9 |

5.4.1.9 Balance prélèvements / rejets

Les Figure 155 à Figure 159 montrent l'évolution de l'équilibre entre prélèvements et rejets à l'horizon 2030. Globalement, ces cartes montrent peu de différences par rapport à l'historique, les UG avec davantage de prélèvements que de rejets (Moine 1, Sèvre moyenne 1 et 2) restant dans ce cas de figure, et les UG avec plus de rejets que de prélèvements (Sèvre aval, Moine 2 et Sanguèze) le restant aussi. Il est intéressant de noter que les déséquilibres s'aggravent légèrement avec les scénarios d'usages constant et tendanciel mais pas avec le scénario alternatif pour lequel c'est l'inverse.

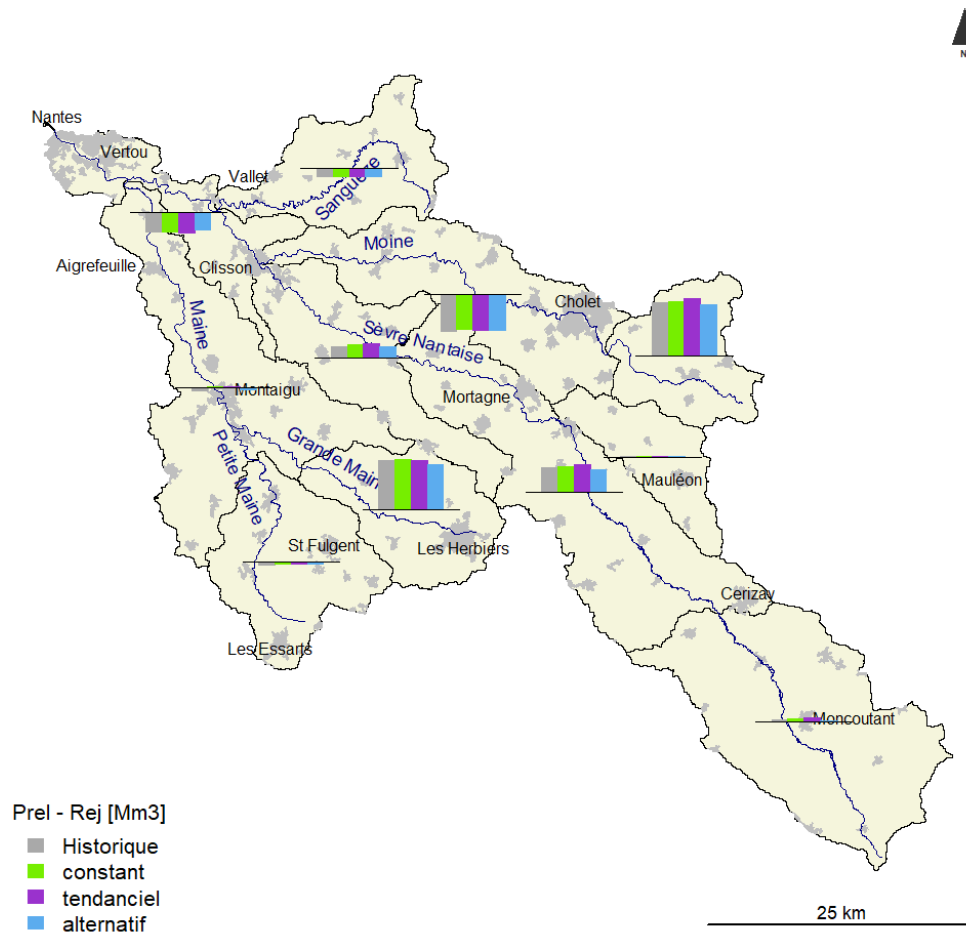


Figure 155 : Différence entre prélèvement et rejet pour chacun des scénarios à l'horizon 2030 et pour le modèle climatique C2. Pour chaque UG, si la barre se trouve au-dessus (au-dessous) de la droite noire, les prélèvements sont supérieurs (inférieurs) aux rejets

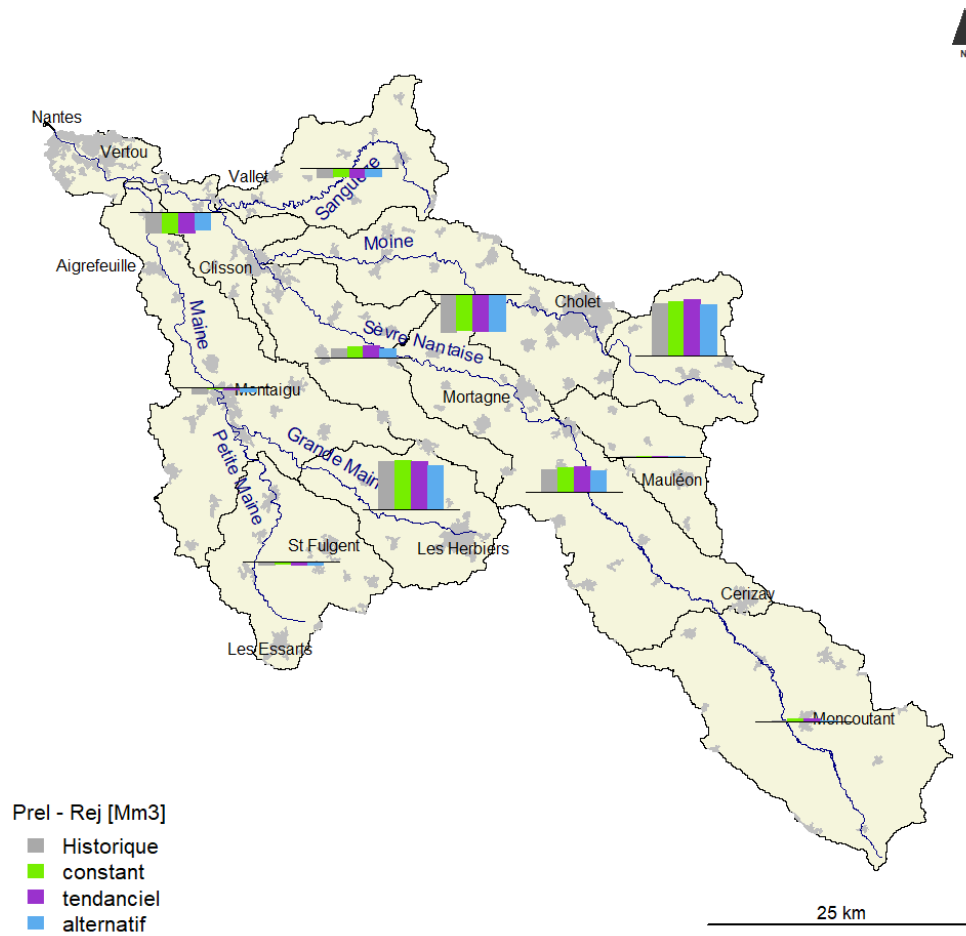


Figure 156 : Différence entre prélèvement et rejet pour chacun des scénarios à l'horizon 2030 et pour le modèle climatique B3. Pour chaque UG, si la barre se trouve au-dessus (au-dessous) de la droite noire, les prélèvements sont supérieurs (inférieurs) aux rejets

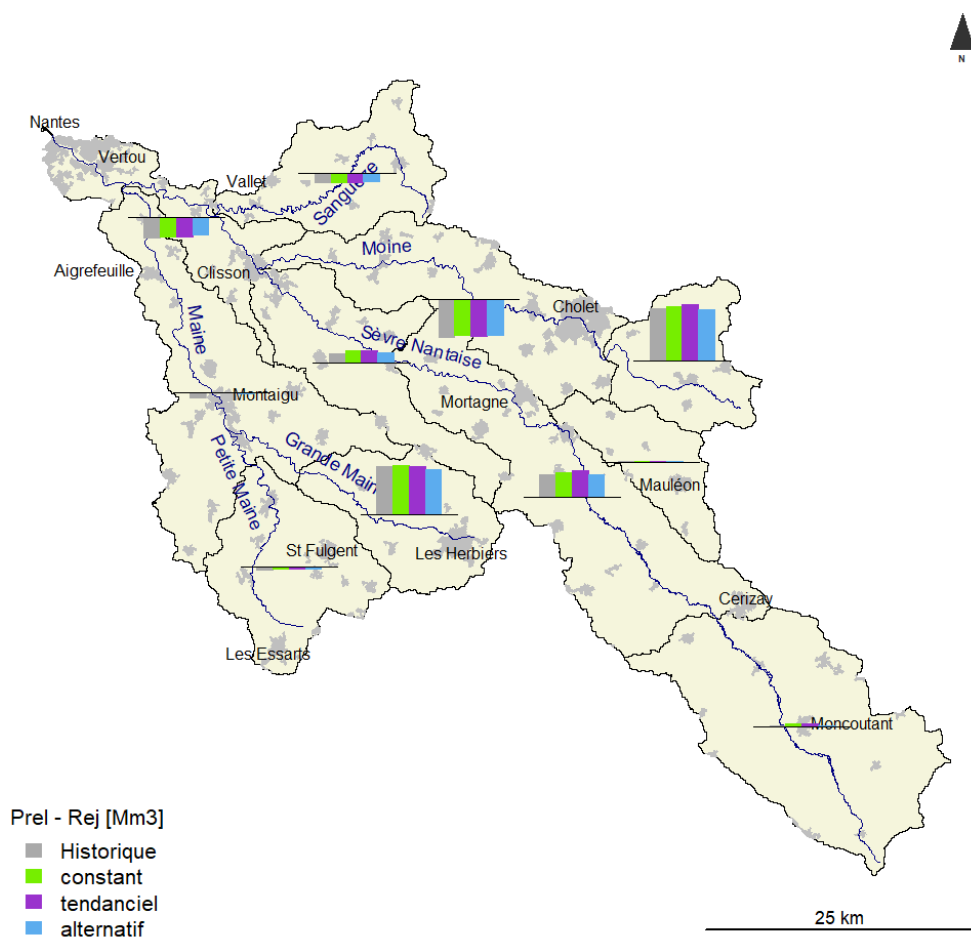


Figure 157 : Différence entre prélèvement et rejet pour chacun des scénarios à l'horizon 2030 et pour le modèle climatique F4. Pour chaque UG, si la barre se trouve au-dessus (au-dessous) de la droite noire, les prélèvements sont supérieurs (inférieurs) aux rejets

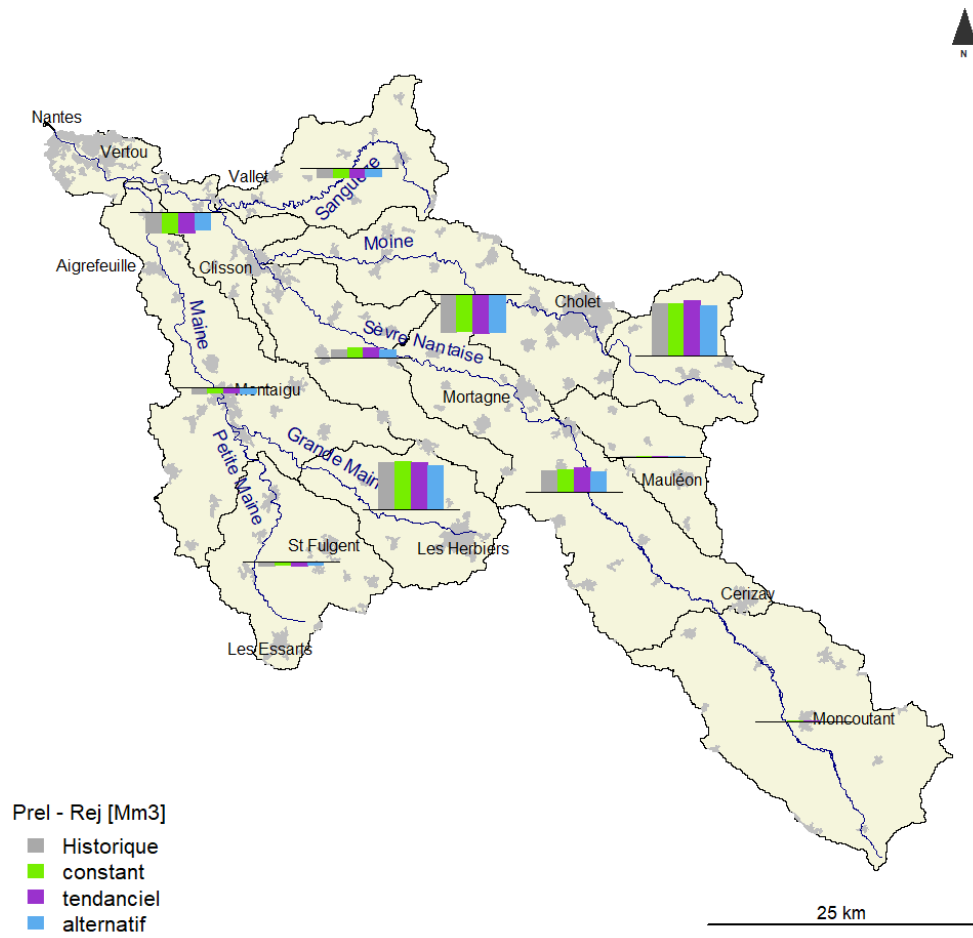


Figure 158 : Différence entre prélèvement et rejet pour chacun des scénarios à l'horizon 2030 et pour le modèle climatique A1. Pour chaque UG, si la barre se trouve au-dessus (au-dessous) de la droite noire, les prélèvements sont supérieurs (inférieurs) aux rejets

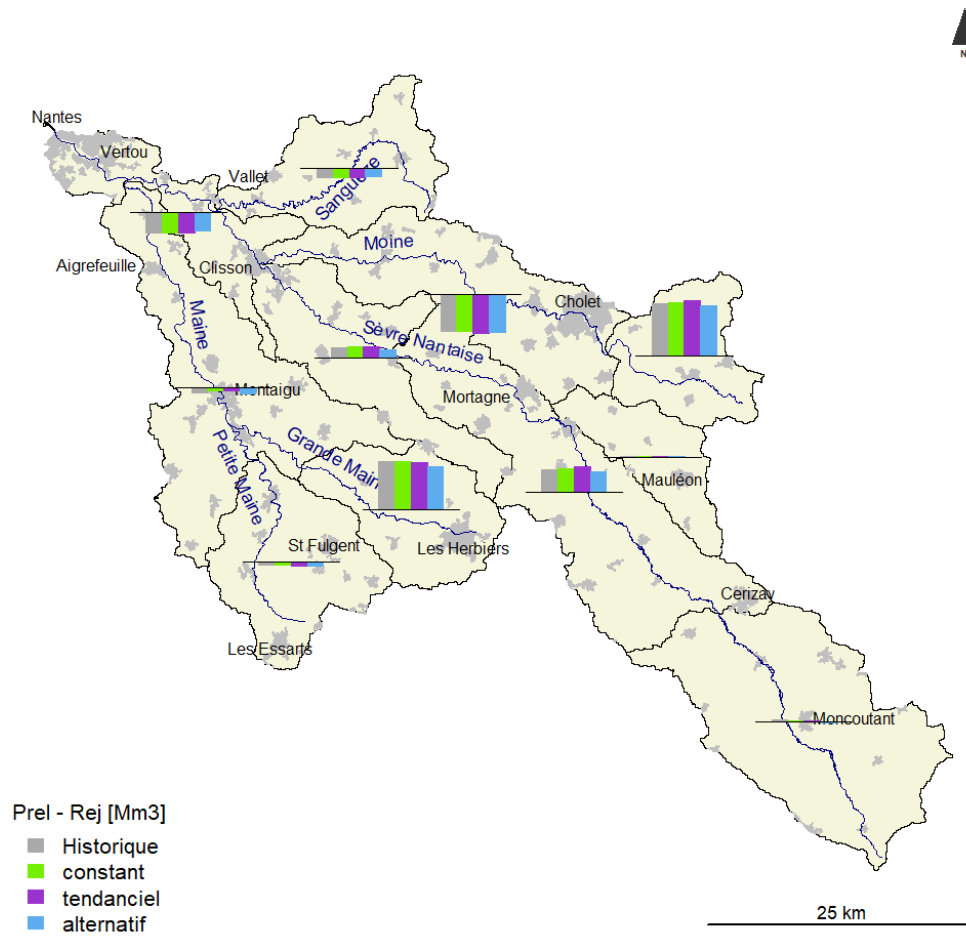


Figure 159 : Différence entre prélèvement et rejet pour chacun des scénarios à l'horizon 2030 et pour le modèle climatique C1. Pour chaque UG, si la barre se trouve au-dessus (au-dessous) de la droite noire, les prélèvements sont supérieurs (inférieurs) aux rejets

À retenir :

Globalement, les évolutions de débit du bassin seront similaires à l'horizon 2030 pour les débits influencés et désinfluencés. Malgré une hausse des modules prévue par la majorité des scénarios climatiques, une baisse des QMNA5 est prévue par ces mêmes scénarios.

La période de basses eaux devrait rester similaire à l'historique (légèrement allongée en novembre pour les scénarios C2, F4 et C1) mais avec des étiages encore plus marqués globalement.

Les différents scénarios d'usages créeront peu de variabilité sur les hauts débits et les modules, et des différences marquées sur les bas débits et la satisfaction des usages. Le scénario alternatif est celui permettant une meilleure satisfaction de la demande en eau sans pour autant améliorer les valeurs de bas débits par rapport à aux bas débits simulés avec les deux autres scénarios d'usage.

Pour 2030, une baisse sensible de la satisfaction des usages est à prévoir, même si cette satisfaction reste généralement satisfaisante. Les UG de l'aval du bassin (Sanguèze, Sèvre aval et moyenne 2) seront cependant plus sensibles aux changements.

5.4.2 Horizon 2050

5.4.2.1 Évolution du module

Comme pour les débits désinfluencés, l'évolution des modules par rapport à la période historique projetée à l'horizon 2030 ne se retrouve pas à l'horizon 2050. On observe ainsi des évolutions modérées en 2050 alors qu'elles étaient à la hausse en 2030. De légères différences s'observent pour certaines UG et certains scénarios climatiques (par exemple l'UG Grande Maine et le scénario C1). Ainsi, on peut noter, comme en 2030, que certaines UG sont plus ou moins impactées par la prise en compte des usages. De la même manière que pour 2030, peu de différences existent entre scénarios d'usages cependant.

Tableau 150 : Evolution en pourcents du module pour la période 2050 et les cinq modèles climatiques, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Scénario | Evolution du module en pourcent (%) pour 2050 | | | | |
|-----------------|------------|-----------------------------------------------|------|------|------|------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Sèvre aval | Constant | 0,0 | 7,6 | -3,7 | 10,7 | 6,4 |
| | Tendanciel | 0,2 | 7,9 | -3,5 | 10,9 | 6,7 |
| | Alternatif | 0,0 | 7,6 | -3,8 | 10,7 | 6,4 |
| Sèvre moyenne 2 | Constant | -5,3 | 5,5 | -7,3 | 7,0 | 5,8 |
| | Tendanciel | -5,4 | 5,5 | -7,4 | 6,8 | 5,6 |
| | Alternatif | -5,5 | 5,3 | -7,6 | 6,7 | 5,4 |
| Sèvre moyenne 1 | Constant | -11,7 | -2,4 | 0,0 | 12,0 | 1,1 |
| | Tendanciel | -11,5 | -2,2 | 0,2 | 12,2 | 1,3 |
| | Alternatif | -11,7 | -2,4 | 0,1 | 12,0 | 1,1 |
| Sèvre amont | Constant | -10,0 | -5,3 | 0,0 | 7,9 | 2,6 |
| | Tendanciel | -9,7 | -4,9 | 0,3 | 8,2 | 3,0 |
| | Alternatif | -9,6 | -4,9 | 0,4 | 8,3 | 3,1 |
| Sanguèze | Constant | -5,5 | -2,2 | -3,0 | 5,5 | 4,5 |
| | Tendanciel | -5,2 | -1,8 | -2,6 | 5,8 | 4,9 |
| | Alternatif | -5,2 | -1,9 | -2,7 | 5,8 | 4,8 |
| Maine | Constant | -4,1 | 4,5 | -3,6 | 6,1 | 3,2 |
| | Tendanciel | -3,8 | 4,9 | -3,2 | 6,4 | 3,6 |
| | Alternatif | -3,9 | 4,6 | -3,5 | 6,2 | 3,3 |
| Petite Maine | Constant | -6,8 | 0,7 | -8,6 | 4,4 | 2,9 |
| | Tendanciel | -6,0 | 1,4 | -7,9 | 5,1 | 3,7 |
| | Alternatif | -6,4 | 1,1 | -8,3 | 4,8 | 3,3 |
| Grande Maine | Constant | -4,9 | 2,4 | -2,8 | 8,4 | 11,5 |
| | Tendanciel | -4,9 | 2,4 | -2,7 | 8,5 | 11,5 |
| | Alternatif | -4,7 | 2,5 | -2,6 | 8,6 | 11,7 |
| Moine 2 | Constant | -4,2 | 4,5 | -6,2 | 9,4 | 14,2 |
| | Tendanciel | -4,2 | 4,6 | -6,1 | 9,4 | 14,2 |
| | Alternatif | -4,0 | 4,7 | -6,0 | 9,6 | 14,5 |

| UG | Scénario | Evolution du module en pourcent (%) pour 2050 | | | | |
|---------|------------|-----------------------------------------------|------|------|------|-----|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Moine 1 | Constant | -0,3 | 8,1 | -3,8 | 10,2 | 6,6 |
| | Tendanciel | 0,0 | 8,4 | -3,6 | 10,6 | 7,0 |
| | Alternatif | -0,3 | 8,1 | -3,9 | 10,2 | 6,6 |
| Ouin | Constant | -11,7 | -2,4 | 0,0 | 11,9 | 1,1 |
| | Tendanciel | -11,5 | -2,2 | 0,2 | 12,2 | 1,3 |
| | Alternatif | -11,7 | -2,4 | 0,0 | 12,0 | 1,1 |

5.4.2.2 Évolution du QMNA5

Comme en 2030, les projections de QMNA5 pour 2050 montrent des scénarios très contrastés (Tableau 151). Si une baisse est commune à l'ensemble des scénarios climatiques (sauf modèle climatique C1), d'usages et l'ensemble des UG, sauf exception, elle n'a pas toujours les mêmes ordre de grandeur que pour les débits désinfluencés. Pour l'UG Sanguèze, la baisse est plus faible pour le débit influencé que pour le débit désinfluencé. C'est, par contre, l'inverse pour l'UG Sèvre moyenne 2. Les scénarios d'usages ont une influence importante sur les évolutions de QMNA5 mais qui n'est pas systématiquement la même en fonction de l'UG. Enfin, le scénario C1 montre une hausse des QMNA5 alors qu'il ne montrait pas d'évolution claire pour les QMNA5 désinfluencés. Cela peut possiblement s'expliquer par l'influence des restrictions et des rejets sur les bas débits pour ce scénario.

Tableau 151 : Evolution en pourcents du QMNA5 pour la période 2050 et les cinq modèles climatiques, par rapport à la période de référence 1976-2005. * Pour ces UGs, les valeurs de QMNA5 calculées sur la période historiques sont extrêmement faibles : les pourcentages d'évolution, s'ils peuvent importants, ne représentent que quelques centièmes de l.s⁻¹ en différence absolue

| UG | Scénario | Evolution du QMNA5 en pourcent (%) pour 2050 | | | | |
|-----------------|------------|----------------------------------------------|-------|--------|-------|--------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Sèvre aval | Constant | -10,4 | -3,2 | -11,8 | -19,5 | 16,2 |
| | Tendanciel | 1,1 | 16,0 | 3,5 | -3,7 | 35,6 |
| | Alternatif | -6,6 | -1,7 | -12,7 | -17,8 | 20,8 |
| Sèvre moyenne 2 | Constant | 152,7 | 24,6 | -16,7 | -13,3 | -8,6 |
| | Tendanciel | 225,9 | -20,0 | -62,7 | -1,3 | 7,9 |
| | Alternatif | -100,0 | -85,3 | -100,0 | -75,4 | -72,1 |
| Sèvre moyenne 1 | Constant | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Tendanciel | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 367,0* |
| | Alternatif | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Sèvre amont | Constant | -35,2 | -24,4 | -37,4 | -30,2 | 43,9 |
| | Tendanciel | -23,2 | -4,2 | -29,7 | -19,6 | 69,0 |
| | Alternatif | -29,7 | -14,9 | -6,5 | -12,8 | 107,4 |
| Sanguèze | Constant | -11,5 | -14,9 | -14,4 | -15,6 | 15,7 |
| | Tendanciel | -1,7 | -2,9 | -3,2 | -7,4 | 26,2 |
| | Alternatif | -2,3 | -4,5 | -5,2 | -5,0 | 27,6 |

| UG | Scénario | Evolution du QMNA5 en pourcent (%) pour 2050 | | | | | C1 |
|--------------|------------|----------------------------------------------|-------|-------|-------|--------|----|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 | |
| Maine | Constant | -16,0 | -13,1 | -19,5 | -17,9 | 15,1 | |
| | Tendanciel | 1,0 | 4,8 | -2,5 | -0,4 | 34,5 | |
| | Alternatif | 11,9 | 8,6 | 3,9 | 6,7 | 58,9 | |
| Petite Maine | Constant | -30,3 | -26,1 | -23,5 | -18,6 | 2,4 | |
| | Tendanciel | 4,4 | -0,8 | 7,8 | 10,5 | 38,0 | |
| | Alternatif | 3,1 | -2,5 | 5,9 | 9,2 | 42,4 | |
| Grande Maine | Constant | -29,1 | -17,4 | -11,5 | -26,5 | 41,4 | |
| | Tendanciel | -32,3 | -14,8 | -9,9 | -28,4 | 44,1 | |
| | Alternatif | -17,0 | -11,3 | 2,9 | -14,4 | 71,5 | |
| Moine 2 | Constant | -86,9 | -24,2 | -42,2 | -26,3 | 61,6 | |
| | Tendanciel | -86,5 | -26,3 | -22,4 | -23,9 | 77,6 | |
| | Alternatif | -100,0 | -25,3 | -62,7 | -30,9 | 17,2 | |
| Moine 1 | Constant | -9,4 | -6,3 | -9,0 | -13,3 | 13,3 | |
| | Tendanciel | 0,5 | 7,1 | 0,5 | -2,1 | 24,6 | |
| | Alternatif | -9,7 | -6,9 | -10,6 | -14,4 | 13,1 | |
| Ouin | Constant | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | |
| | Tendanciel | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 244,0* | |
| | Alternatif | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | |

5.4.2.3 Évolution des régimes hydrologiques

Pour cet horizon 2050, les régimes hydrologiques montrent une évolution importante (Figure 160) mais qui ne dépend pas du scénario d'usage. Les hauts débits (en décembre, janvier et février), seront plus forts en général que l'historique (sauf pour le scénario C2). En revanche, les bas débits seront en général plus faibles. De même, la période de très bas débits sera allongée au mois de juin pour la plupart des scénarios et un retard d'une quinzaine de jour à la reprise d'écoulement s'observera pour les scénarios C2, F4 et C1.

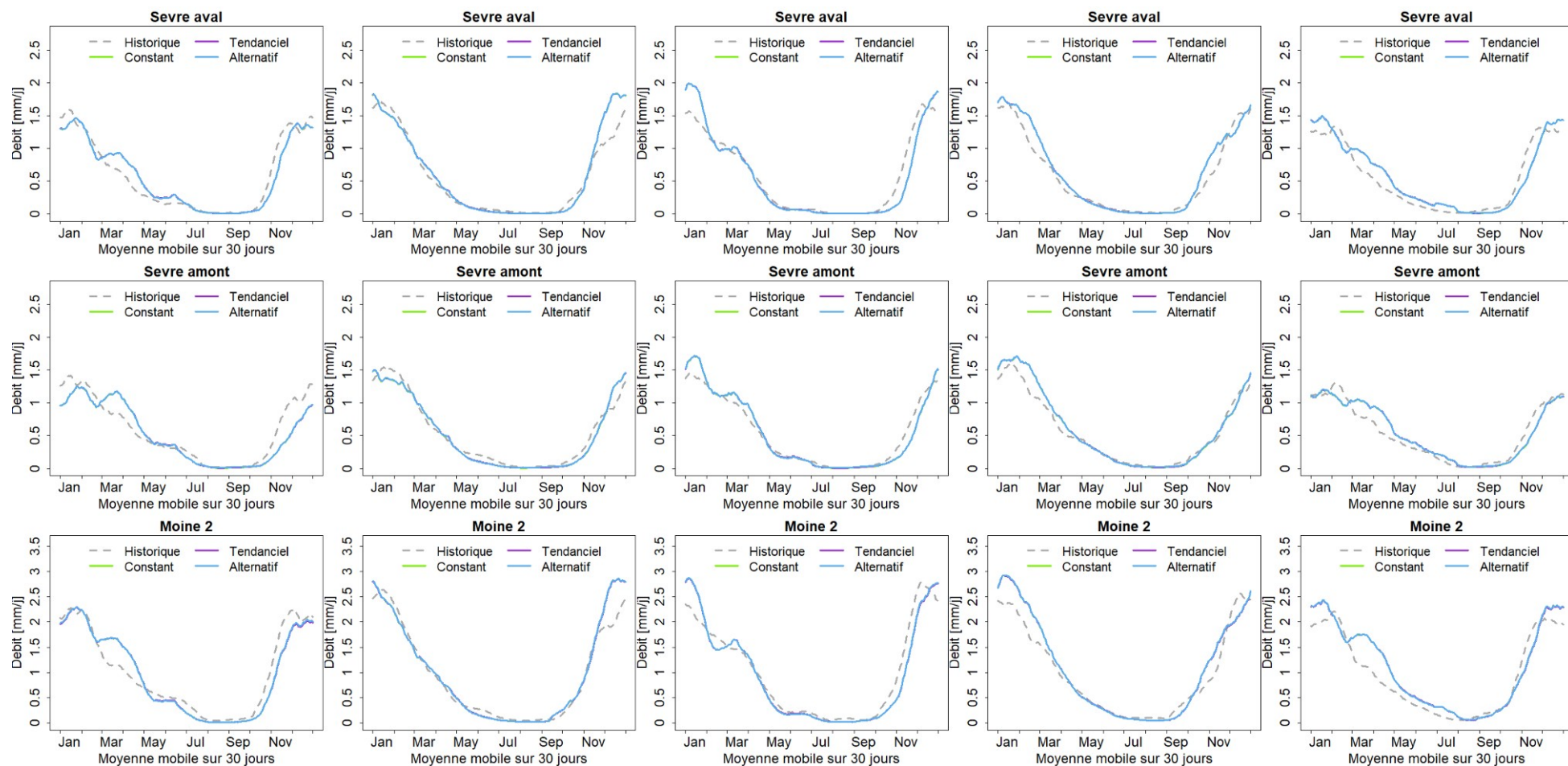


Figure 160 : Evolution des régimes hydrologiques en 2050 sur les UG Sèvre aval, Sèvre amont et Moine 2 (en ligne). Les 3 scénarios d'usages (peu distinguables car très proches) sont superposés avec l'historique, pour chaque modèle climatique (en colonne selon l'ordre suivant : C2, B3, F4, A1, C1)

5.4.2.4 Probabilités de remplissages des retenues

Les Figure 161 à Figure 165 montrent une probabilité de remplissage des retenues plus faible qu'en 2030. La probabilité de remplissage est calculée de la même manière que pour l'horizon 2030. En 2050, les UG amont (Sèvre amont, Ouin, Petite Maine et Moine 1) seront relativement épargnées alors que les UG aval (Sèvre aval, Sanguèze et Sèvre moyenne 2), seront davantage touchées qu'en 2030. Enfin, les UG Sèvre moyenne 1, Moine 2, Maine et Grande Maine pourraient montrer des probabilités de remplissage faibles selon le scénario climatique. Les scénarios climatiques ont en général un impact fort mais cela est moins le cas pour le scénario C1. Comme en 2030, le scénario alternatif semble aboutir à une baisse moins importante des probabilités de remplissage.

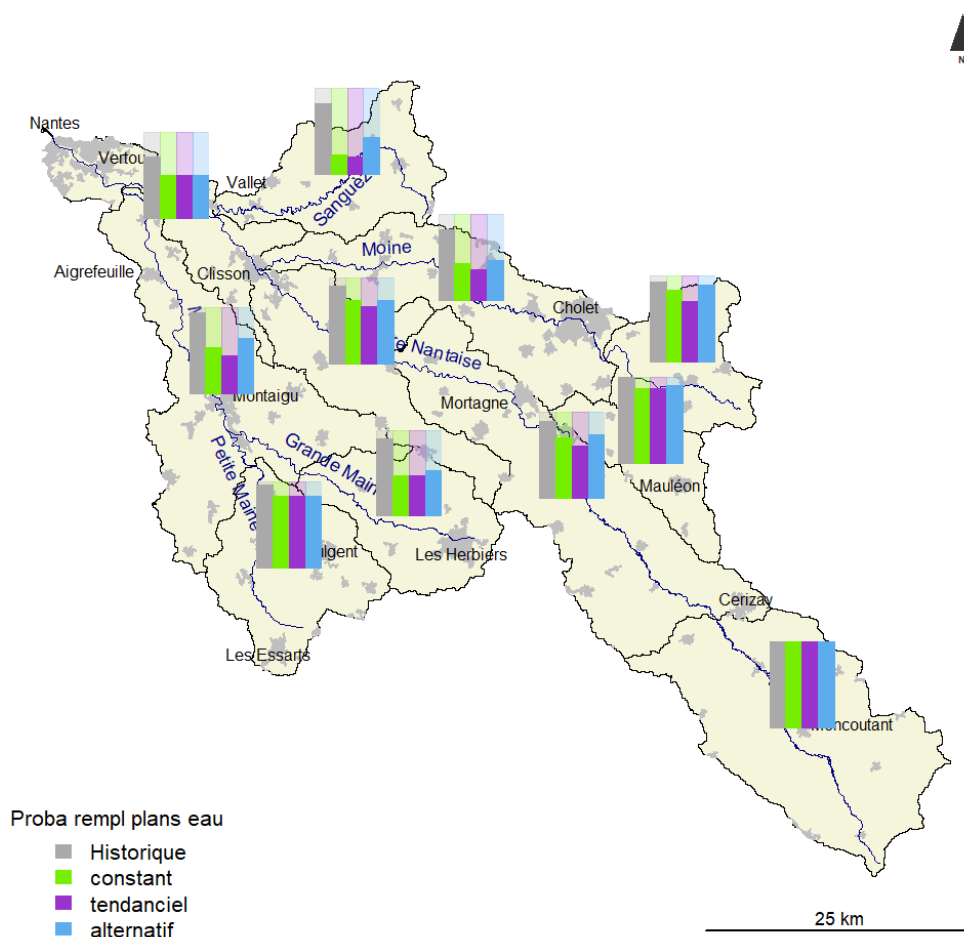


Figure 161 : Probabilité de remplissage des retenues d'irrigation pour 2050 (entre 0 et 1), représentées sur chaque UG, pour chaque scénario d'usage et pour le modèle climatique C2 (le remplissage est déterminé par le dépassement de 80 % de la capacité totale des retenues d'irrigation de l'UG)

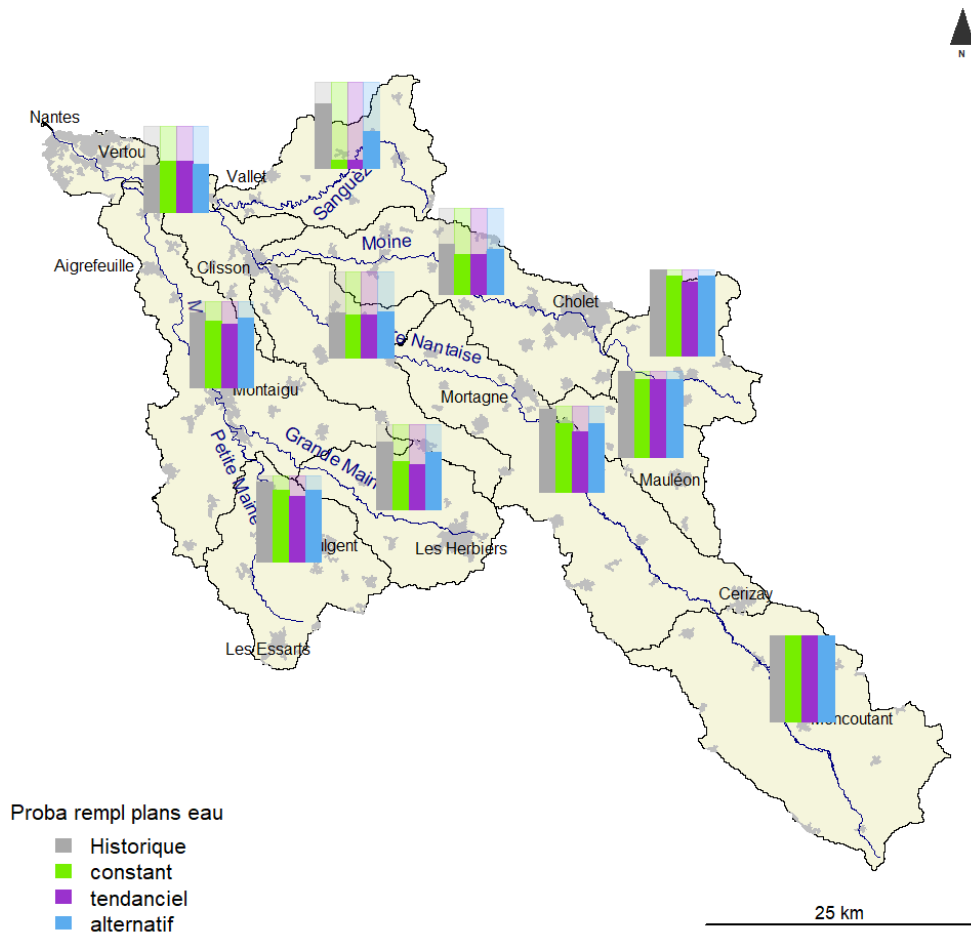


Figure 162 : Probabilité de remplissage des retenues d'irrigation pour 2050 (entre 0 et 1), représentées sur chaque UG, pour chaque scénario d'usage et pour le modèle climatique B3 (le remplissage est déterminé par le dépassement de 80 % de la capacité totale des retenues d'irrigation de l'UG)

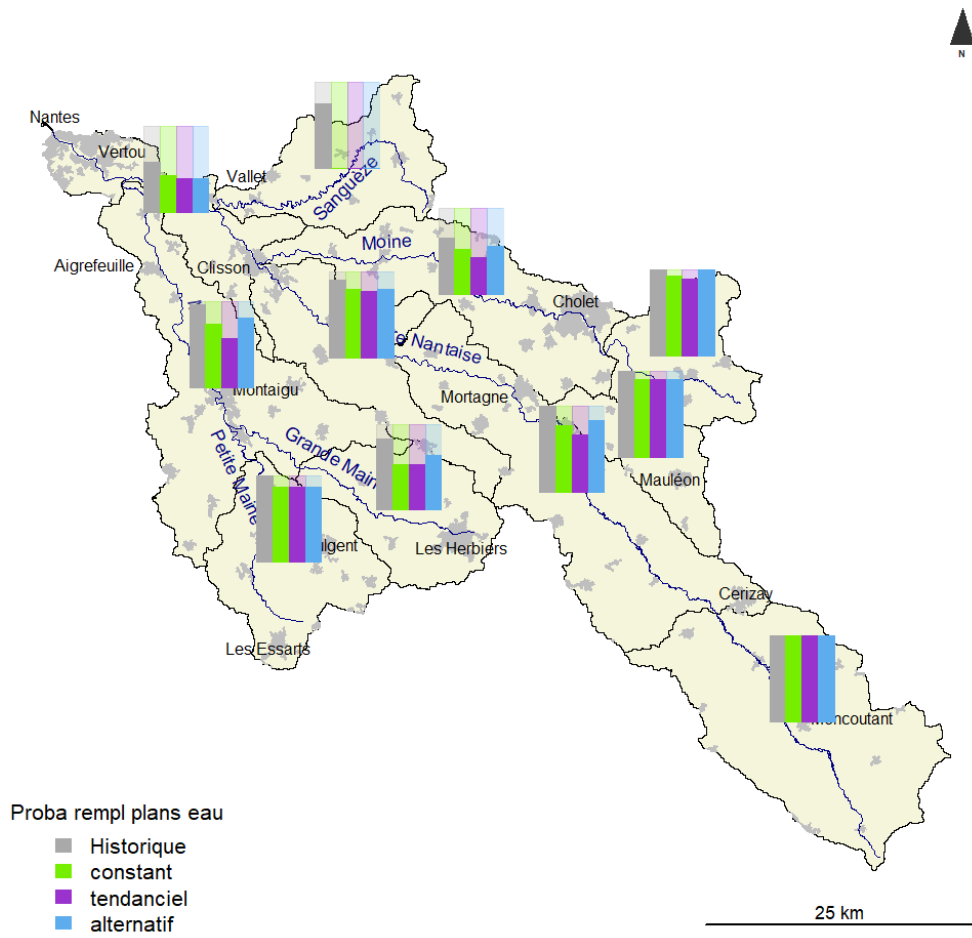


Figure 163 : Probabilité de remplissage des retenues d'irrigation pour 2050 (entre 0 et 1), représentées sur chaque UG, pour chaque scénario d'usage et pour le modèle climatique F4 (le remplissage est déterminé par le dépassement de 80 % de la capacité totale des retenues d'irrigation de l'UG)

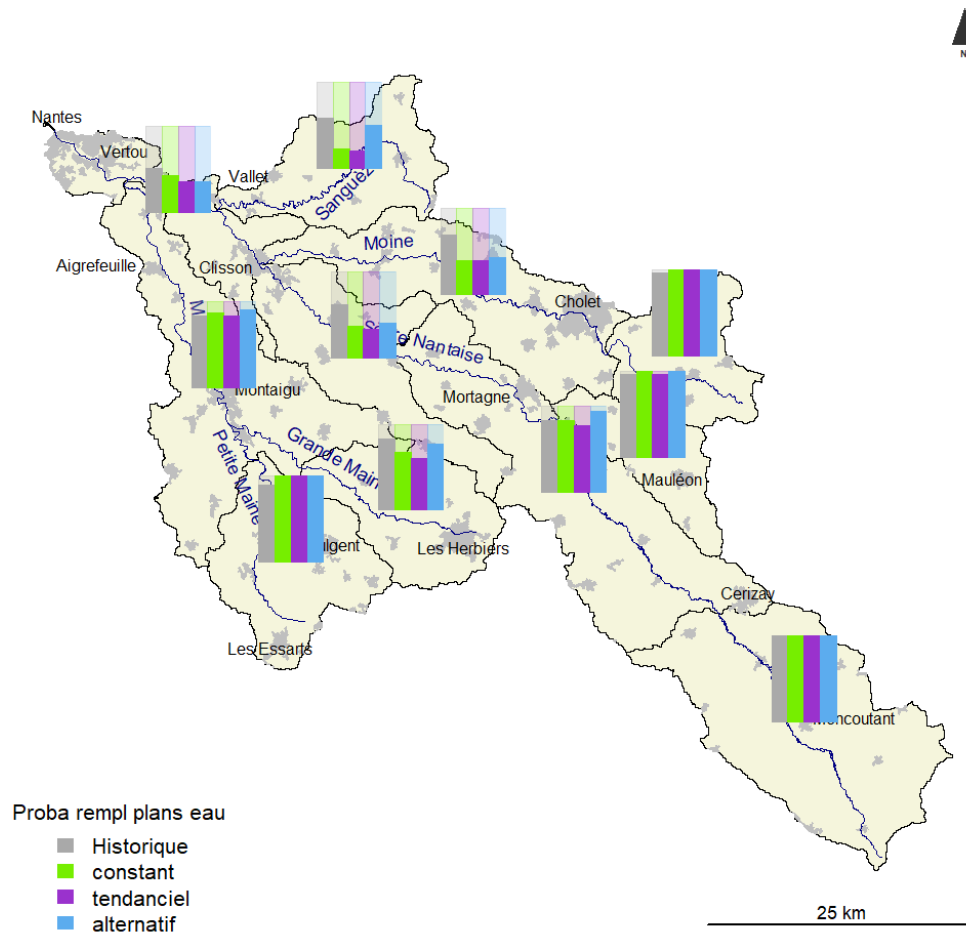


Figure 164 : Probabilité de remplissage des retenues d'irrigation pour 2050 (entre 0 et 1), pour chaque scénario d'usage et pour le modèle climatique A1 (le remplissage est déterminé par le dépassement de 80 % de la capacité totale des retenues d'irrigation de l'UG)

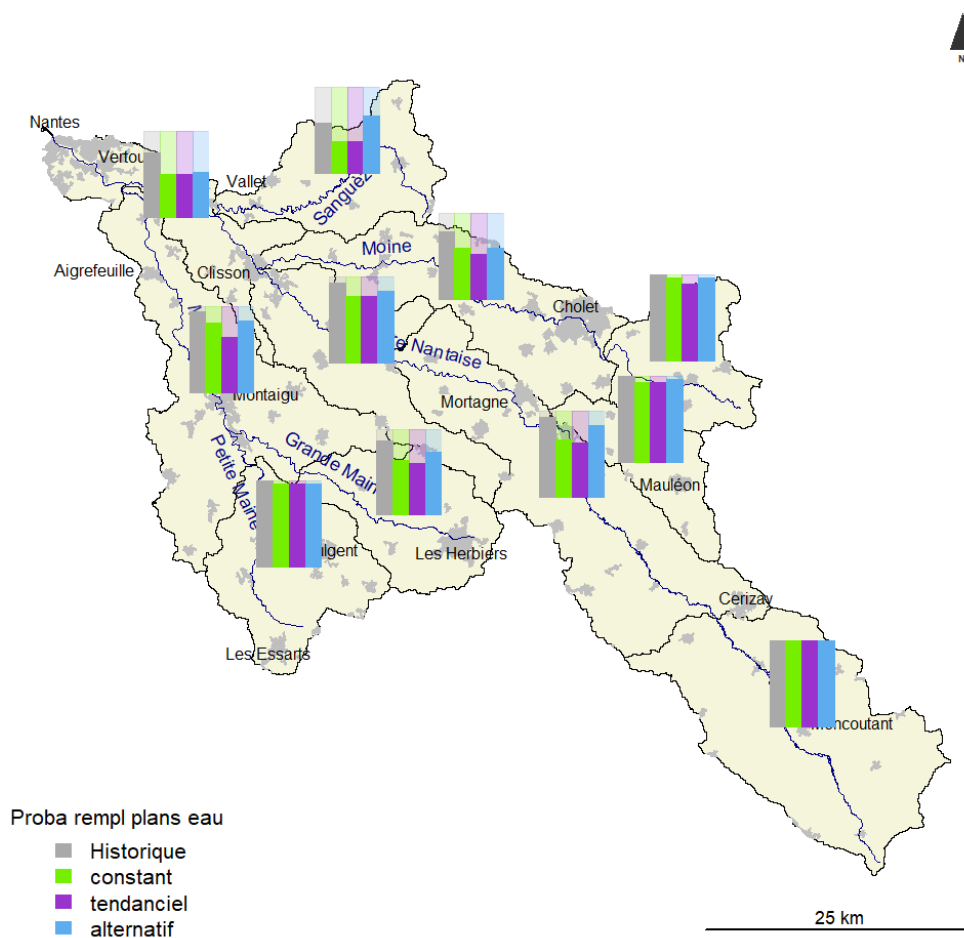


Figure 165 : Probabilité de remplissage des retenues d'irrigation pour 2050 (entre 0 et 1), représentées sur chaque UG, pour chaque scénario d'usage et pour le modèle climatique C1 (le remplissage est déterminé par le dépassement de 80 % de la capacité totale des retenues d'irrigation de l'UG)

5.4.2.5 Part potentielle du remplissage des retenues en novembre

Le Tableau 152 montre les parts du mois de novembre dans le potentiel de remplissage des retenues d'irrigation par UG et à l'horizon 2050. Comme pour 2030, une baisse s'observe pour l'ensemble des scénarios (le scénario A1 montrant davantage une stagnation). Les baisses sont un peu plus importantes que pour 2030, particulièrement pour le scénario F4 pour lequel le mois de novembre ne participe plus qu'à hauteur de 5 % environ au ruissellement en période de hautes eaux.

Tableau 152: Part (en termes de pourcentage) du mois de novembre dans le ruissellement susceptible d'alimenter les plans d'eau en période de hautes eaux (de novembre à mars) pour les cinq modèles climatiques, sur la période de référence 1976-2005 et la période 2050. Violet foncé : > 20 %. Violet moyen : < 20 % & > 15 %. Violet clair : < 15 % & > 10 %. Jaune clair : < 10 % & > 5 %. Jaune : < 5 %.

| UG | Scénario | Part du mois de novembre dans ruissellement hivernal (%) | | | | |
|-----------------|------------|----------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Sèvre aval | Historique | 13,3 | 10,4 | 9,9 | 10,7 | 13,3 |
| | 2050 | 8,6 | 9,3 | 5,1 | 11,0 | 8,8 |
| Sèvre moyenne 2 | Historique | 14,1 | 11,4 | 10,5 | 11,2 | 14,4 |
| | 2050 | 9,5 | 10,1 | 5,4 | 11,3 | 9,4 |
| Sèvre moyenne 1 | Historique | 10,9 | 9,4 | 8,4 | 9,5 | 11,9 |
| | 2050 | 7,3 | 7,3 | 4,2 | 8,4 | 7,9 |
| Sèvre amont | Historique | 15,0 | 12,6 | 12,1 | 11,2 | 15,6 |
| | 2050 | 10,6 | 10,8 | 7,7 | 11,4 | 11,1 |
| Sanguèze | Historique | 17,7 | 13,6 | 13,9 | 13,1 | 16,8 |
| | 2050 | 13,2 | 12,9 | 7,6 | 14,8 | 11,2 |
| Maine | Historique | 14,4 | 11,8 | 10,6 | 11,1 | 14,5 |
| | 2050 | 9,3 | 10,4 | 5,0 | 10,5 | 9,2 |
| Petite Maine | Historique | 21,3 | 16,3 | 16,0 | 14,4 | 20,1 |
| | 2050 | 16,3 | 15,7 | 8,9 | 13,8 | 14,0 |
| Grande Maine | Historique | 14,2 | 11,8 | 10,6 | 10,8 | 14,8 |
| | 2050 | 9,1 | 10,0 | 4,7 | 10,0 | 9,3 |
| Moine 2 | Historique | 14,0 | 12,3 | 11,6 | 10,9 | 14,4 |
| | 2050 | 10,3 | 10,3 | 6,7 | 10,2 | 10,0 |
| Moine 1 | Historique | 13,1 | 11,0 | 10,7 | 9,6 | 13,2 |
| | 2050 | 8,4 | 8,1 | 5,9 | 9,0 | 9,1 |
| Quin | Historique | 14,3 | 11,7 | 11,3 | 10,9 | 14,5 |
| | 2050 | 9,5 | 9,7 | 6,3 | 10,5 | 9,8 |

5.4.2.6 Niveau de remplissage des grands réservoirs

L'évolution des régimes de volumes des grands barrages est un peu différente à l'horizon 2050 par rapport à 2030 (Figure 166). Les volumes du réservoir de Verdon seront à la baisse (sauf dans le cas du scénario A1). Sur ce réservoir, les scénarios constants et alternatifs seront proches alors que le scénario tendanciel donnera des niveaux plus faibles (probablement en raison de l'augmentation de la demande AEP pour ce scénario). Pour Ribou, si l'évolution reste relativement faible, certaines différences apparaîtront : le remplissage de novembre à janvier sera plus faible que pour l'historique, cela sera d'autant plus le cas pour le scénario tendanciel. Une aggravation des périodes de bas volume sur le réservoir de Bultière s'observera avec le scénario constant, le scénario F4 prévoyant même des volumes inférieurs au million de m³ entre octobre et novembre. Comme pour 2030, les scénarios tendanciels et alternatifs donnent des régimes de volumes proches de l'historique pour Bultière. Cependant, pour ces scénarios d'usages et pour certains scénarios climatiques, une baisse des volumes s'observe entre novembre et février.

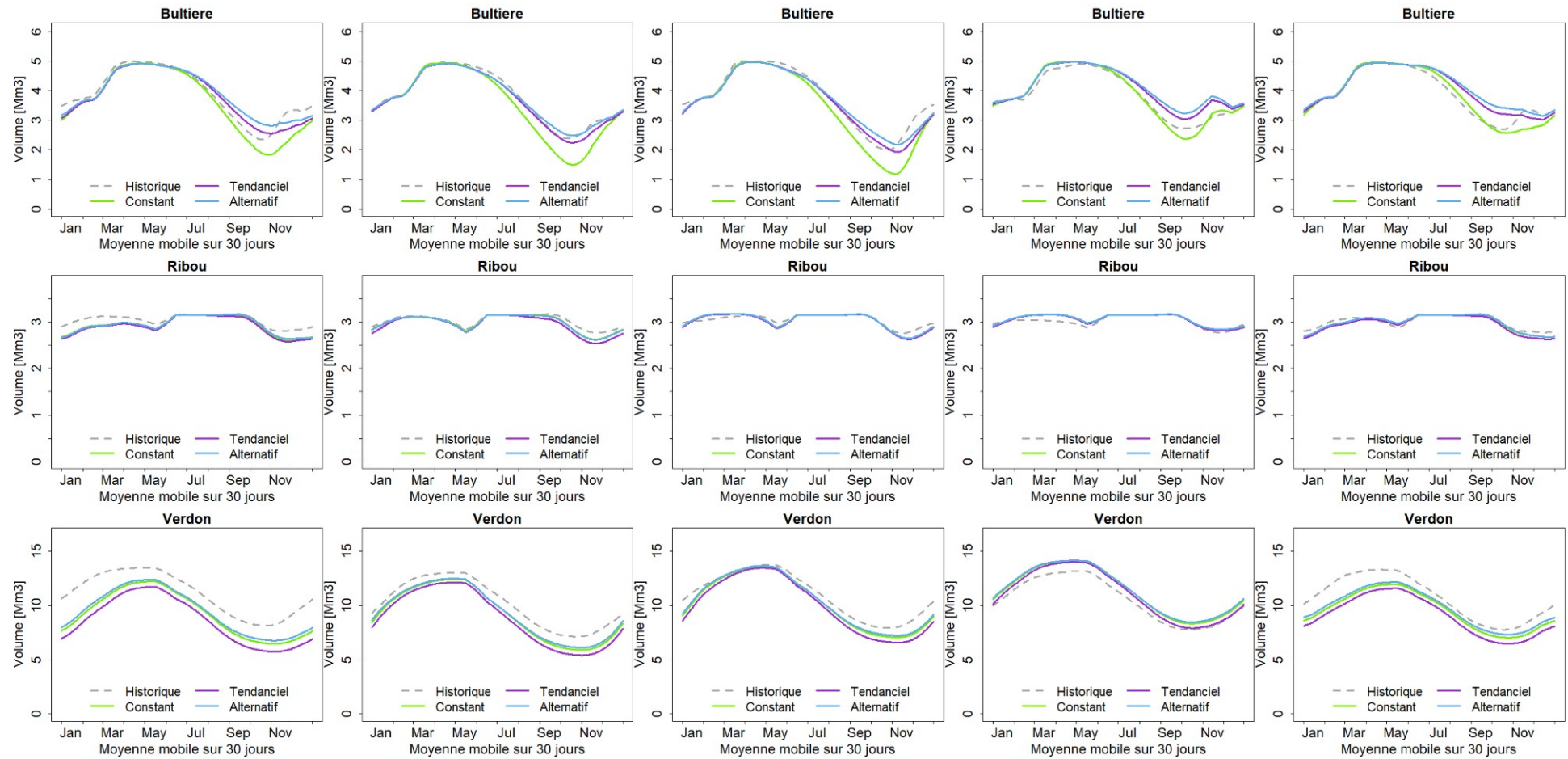


Figure 166 : Régime du volume des 3 gros barrages sur 2050 superposé pour les 3 scénarios et la période historique. En ligne, les 3 barrages, en colonne, les 5 modèles climatiques (selon l'ordre suivant : C2, B3, F4, A1, C1)

5.4.2.7 Taux de satisfaction globale des usages

Tout en restant plutôt acceptable sur l'ensemble des UG, le taux de satisfaction des usages diminuera par rapport à 2030 (Figure 167 à Figure 171). Comme pour le remplissage des retenues, il faut néanmoins noter que l'ensemble des unités seront affectées de manière similaire à l'exception des unités Grande Maine, Moine 1 et Ouin, plutôt préservées. Le scénario alternatif donne, là encore, de meilleurs taux de satisfaction. L'ensemble des scénarios climatiques ont une influence similaire mais elle est plus légère pour les scénarios A1 et C1.

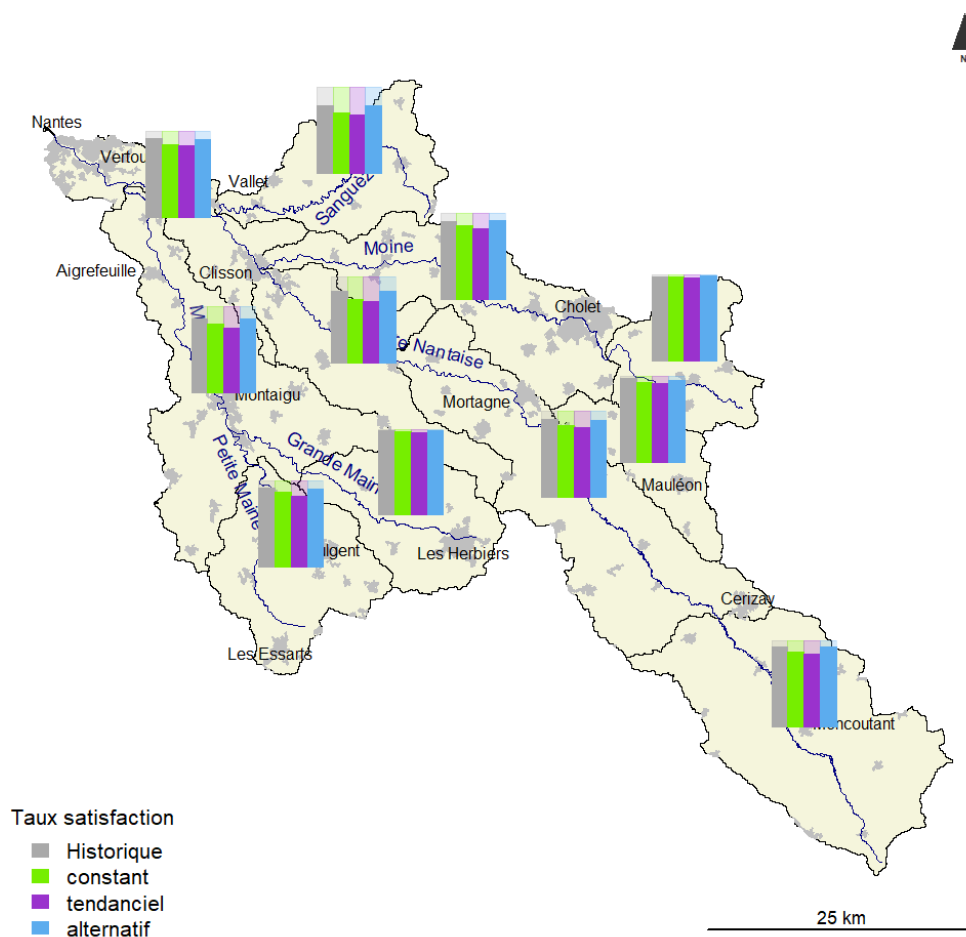


Figure 167 : Carte de satisfaction globale des usages pour 2050 pour le modèle climatique C2 et les 3 scénarios et l'historique

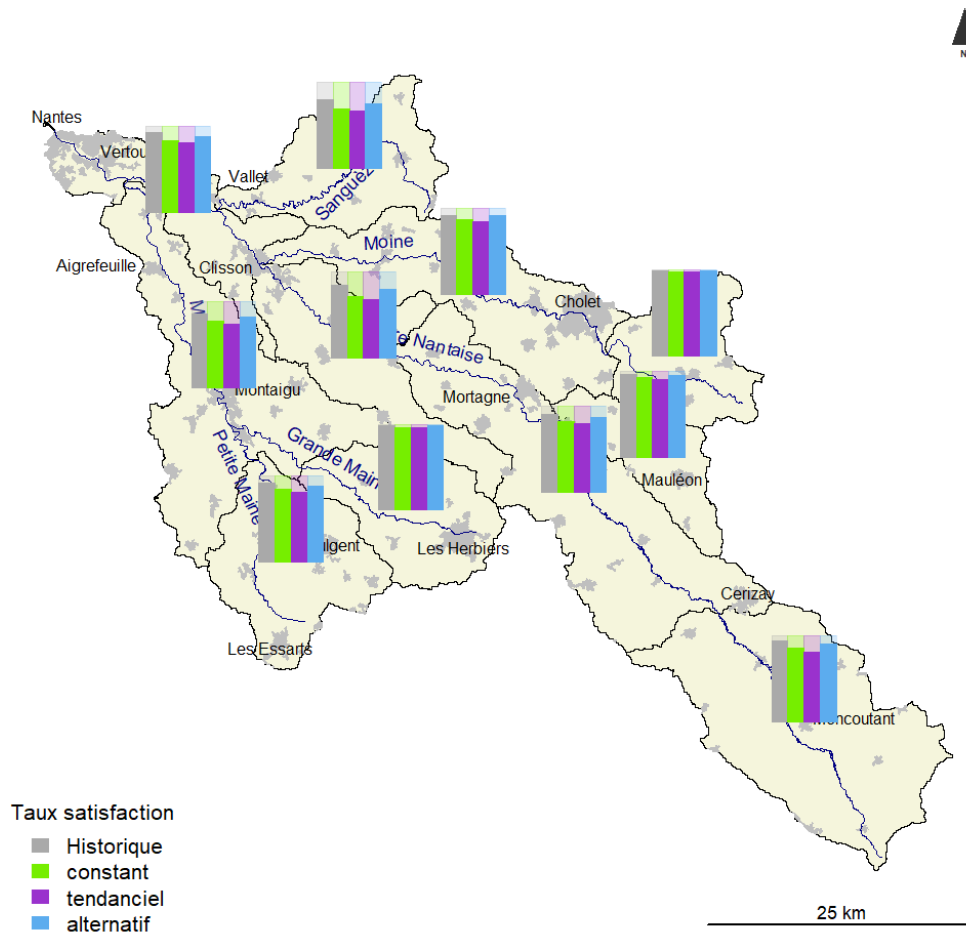


Figure 168 : Carte de satisfaction globale des usages pour 2050 pour le modèle climatique B3 et les 3 scénarios et l'historique

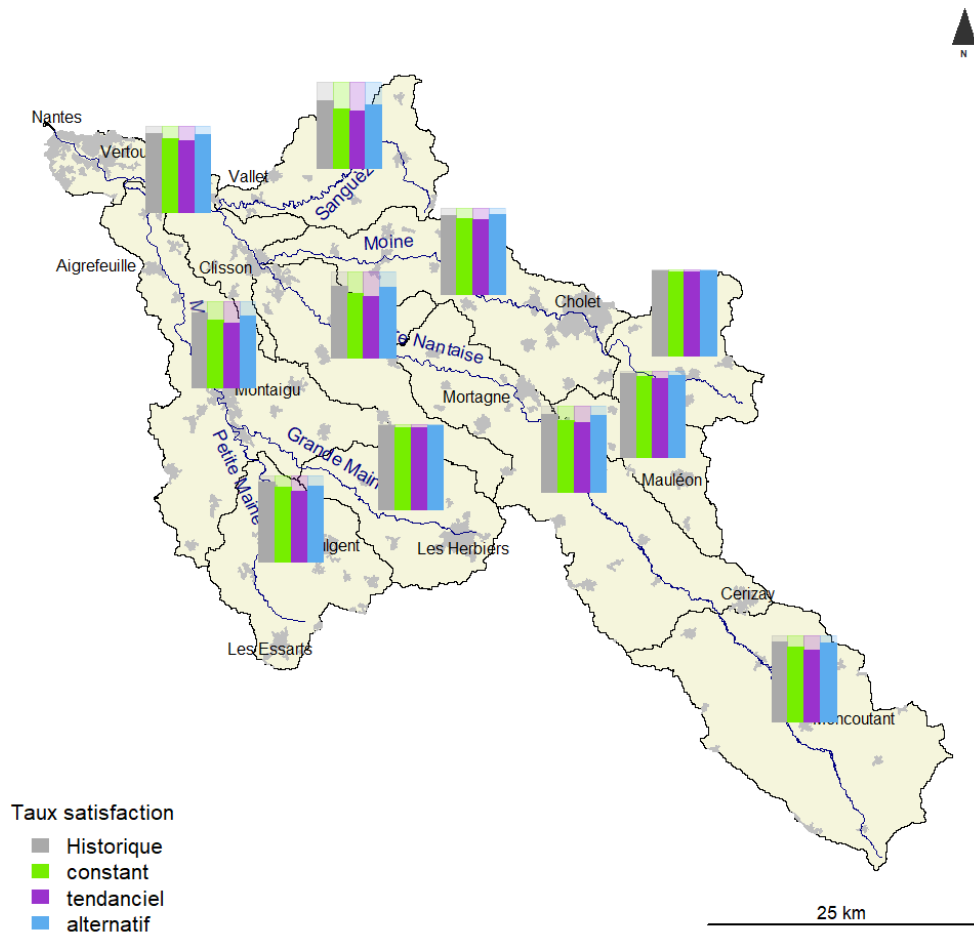


Figure 169 : Carte de satisfaction globale des usages pour 2050 pour le modèle climatique F4 et les 3 scénarios et l'historique

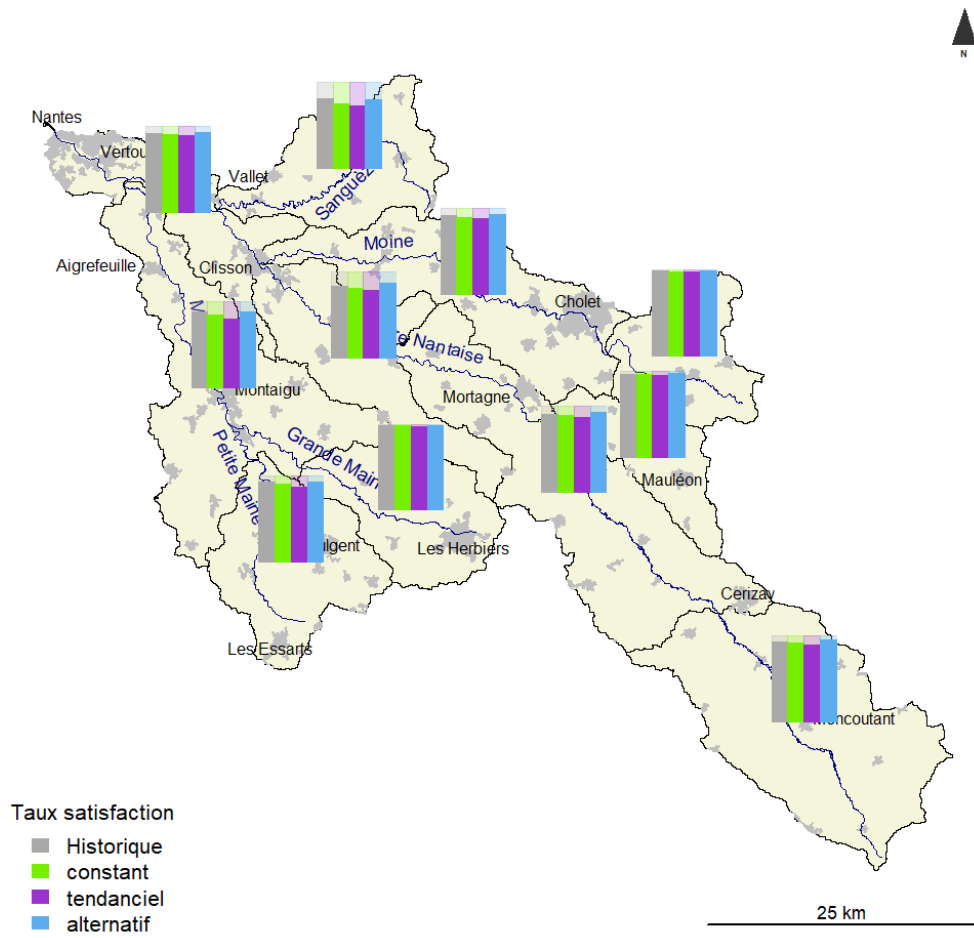


Figure 170 : Carte de satisfaction globale des usages pour 2050 pour le modèle climatique A1 et les 3 scénarios et l'historique

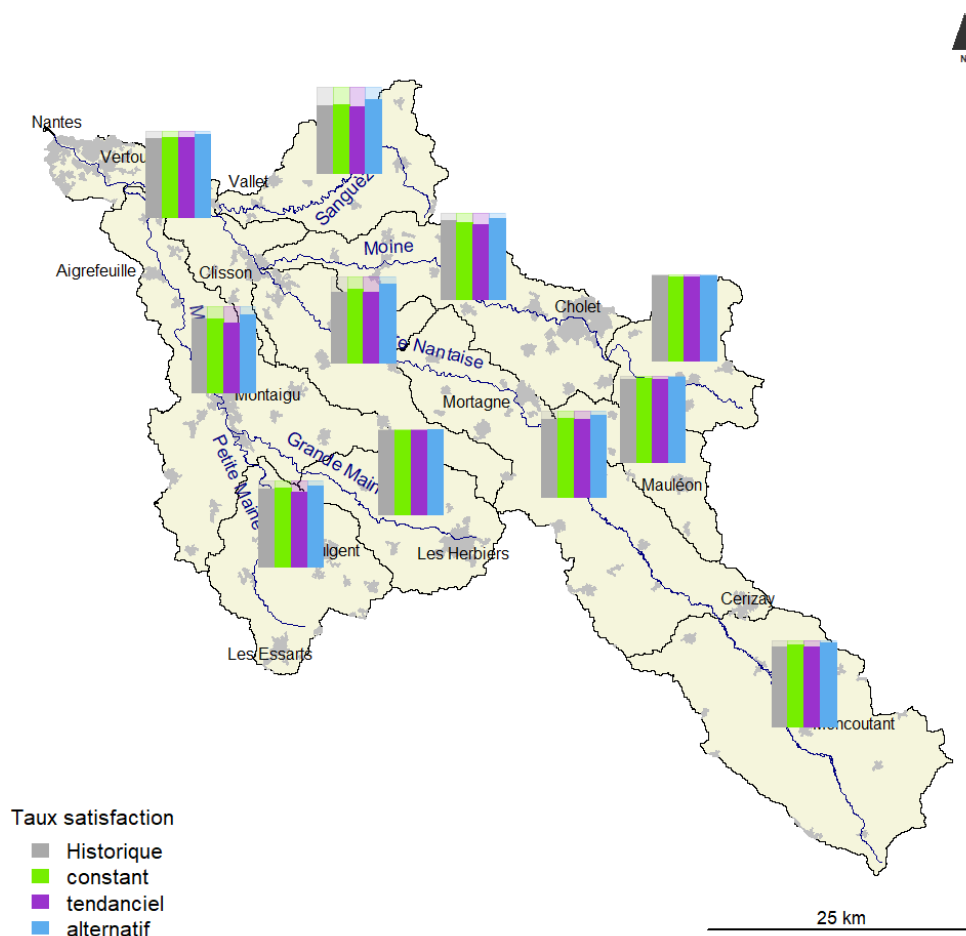


Figure 171 : Carte de satisfaction globale des usages pour 2050 pour le modèle climatique C1 et les 3 scénarios et l'historique

5.4.2.8 Taux de satisfaction individuel par usage

Le taux de satisfaction des prélèvements pour l'irrigation connaît une évolution par rapport à 2030 qui dépend du scénario climatique (Tableau 153). Pour C2 et A1, les valeurs de 2050 restent proches de 2030. En revanche, pour B3, F4 et C1, une baisse des taux de satisfaction d'environ 2,5 % (5 % pour B3) par rapport à 2030 s'observe sur l'ensemble des UG. Ces baisses sont atténuées pour le scénario d'usage alternatif.

Tableau 153 : Taux de satisfaction pour la période 2050 et les cinq modèles climatiques pour l'usage irrigation

| UG | Scénario | Taux de satisfaction de l'irrigation pour 2050 | | | | |
|-----------------|------------|------------------------------------------------|------|------|------|------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Sèvre aval | Constant | 75,7 | 72,9 | 76,7 | 82,5 | 88,0 |
| | Tendanciel | 73,3 | 69,9 | 74,1 | 81,4 | 86,5 |
| | Alternatif | 85,9 | 83,2 | 86,8 | 90,2 | 94,5 |
| Sèvre moyenne 2 | Constant | 71,3 | 68,2 | 71,7 | 77,9 | 82,9 |
| | Tendanciel | 68,9 | 65,8 | 68,9 | 76,1 | 80,8 |
| | Alternatif | 80,9 | 78,0 | 80,7 | 85,1 | 89,8 |
| Sèvre moyenne 1 | Constant | 68,8 | 65,1 | 69,2 | 76,1 | 81,7 |
| | Tendanciel | 67,1 | 63,1 | 67,0 | 74,8 | 80,3 |
| | Alternatif | 78,9 | 75,1 | 78,5 | 83,6 | 88,8 |
| Sèvre amont | Constant | 81,8 | 78,3 | 81,6 | 87,0 | 92,3 |
| | Tendanciel | 80,2 | 76,6 | 79,6 | 86,0 | 91,2 |
| | Alternatif | 89,2 | 85,9 | 88,4 | 92,1 | 96,6 |
| Sanguèze | Constant | 59,5 | 55,1 | 55,2 | 62,1 | 69,5 |
| | Tendanciel | 61,3 | 57,6 | 58,2 | 64,5 | 70,9 |
| | Alternatif | 71,3 | 65,3 | 65,1 | 72,1 | 79,7 |
| Maine | Constant | 77,4 | 73,7 | 75,7 | 81,2 | 82,9 |
| | Tendanciel | 72,6 | 70,5 | 72,8 | 77,5 | 78,9 |
| | Alternatif | 83,1 | 79,5 | 80,8 | 85,7 | 88,5 |
| Petite Maine | Constant | 81,5 | 77,9 | 79,9 | 84,9 | 86,0 |
| | Tendanciel | 77,5 | 75,5 | 77,7 | 81,8 | 82,7 |
| | Alternatif | 86,0 | 82,7 | 84,0 | 88,5 | 90,6 |
| Grande Maine | Constant | 84,2 | 82,2 | 83,3 | 87,8 | 88,6 |
| | Tendanciel | 80,3 | 79,9 | 81,1 | 85,0 | 85,5 |
| | Alternatif | 88,6 | 87,0 | 87,5 | 91,5 | 92,4 |
| Moine 2 | Constant | 81,6 | 82,8 | 85,5 | 85,7 | 86,1 |
| | Tendanciel | 80,2 | 82,4 | 85,2 | 85,6 | 85,2 |
| | Alternatif | 89,4 | 89,6 | 91,0 | 91,5 | 93,2 |
| Moine 1 | Constant | 88,3 | 89,3 | 91,2 | 91,1 | 91,3 |
| | Tendanciel | 87,3 | 88,5 | 90,9 | 91,0 | 90,6 |
| | Alternatif | 93,3 | 93,6 | 94,4 | 94,6 | 95,6 |
| Ouin | Constant | 81,2 | 79,2 | 82,7 | 88,7 | 92,0 |
| | Tendanciel | 79,5 | 77,0 | 79,9 | 87,4 | 90,6 |
| | Alternatif | 89,4 | 87,0 | 89,5 | 93,2 | 96,4 |

Pour l'abreuvement hors AEP, le taux de satisfaction reste globalement bon, comme à l'horizon 2030 (Tableau 154).

Tableau 154 : Taux de satisfaction pour la période 2050 et les cinq modèles climatiques pour l'usage abreuvement hors AEP

| UG | Scénario | Taux de satisfaction de l'abreuvement (hors AEP) pour 2050 | | | | |
|-----------------|------------|------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Sèvre aval | Constant | 81,6 | 82,0 | 80,5 | 85,4 | 88,0 |
| | Tendanciel | 83,5 | 83,7 | 82,2 | 87,3 | 89,5 |
| | Alternatif | 82,6 | 83,2 | 81,5 | 87,3 | 89,8 |
| Sèvre moyenne 2 | Constant | 96,1 | 95,5 | 95,9 | 97,5 | 98,8 |
| | Tendanciel | 95,9 | 95,6 | 95,6 | 97,4 | 98,6 |
| | Alternatif | 98,0 | 97,3 | 97,9 | 98,4 | 99,3 |
| Sèvre moyenne 1 | Constant | 95,3 | 94,4 | 93,8 | 96,4 | 97,6 |
| | Tendanciel | 96,0 | 95,1 | 94,5 | 97,1 | 98,0 |
| | Alternatif | 96,0 | 95,2 | 94,6 | 97,2 | 98,3 |
| Sèvre amont | Constant | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Tendanciel | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Alternatif | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Sanguèze | Constant | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Tendanciel | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Alternatif | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Maine | Constant | 96,3 | 96,5 | 96,7 | 97,2 | 97,4 |
| | Tendanciel | 95,9 | 95,7 | 96,1 | 96,8 | 97,2 |
| | Alternatif | 96,7 | 96,6 | 96,6 | 97,2 | 97,5 |
| Petite Maine | Constant | 99,5 | 99,5 | 99,8 | 99,8 | 99,9 |
| | Tendanciel | 98,8 | 98,6 | 99,0 | 99,3 | 99,5 |
| | Alternatif | 99,5 | 99,4 | 99,6 | 99,8 | 99,9 |
| Grande Maine | Constant | 97,1 | 97,1 | 97,1 | 97,4 | 97,8 |
| | Tendanciel | 93,6 | 95,0 | 95,2 | 96,2 | 96,2 |
| | Alternatif | 97,2 | 97,2 | 97,2 | 97,6 | 98,0 |
| Moine 2 | Constant | 99,9 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Tendanciel | 99,9 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Alternatif | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Moine 1 | Constant | 94,4 | 93,7 | 93,9 | 95,0 | 95,8 |
| | Tendanciel | 94,7 | 94,0 | 94,1 | 95,3 | 95,9 |
| | Alternatif | 95,2 | 94,5 | 94,6 | 95,7 | 96,5 |
| Ouin | Constant | 99,9 | 99,9 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Tendanciel | 99,9 | 99,8 | 100,0 | 99,9 | 100,0 |
| | Alternatif | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Pour les prélèvements AEP, quelques diminutions du taux de satisfaction s'observent (Tableau 155). Le prélèvement de Bultière, en particulier, est affecté par les faibles niveaux du réservoir, ce qui entraîne quelques baisses de la satisfaction. Cela montre qu'à certains pas de temps, la ressource n'est pas suffisante dans le réservoir pour répondre à la demande en AEP.

Tableau 155 : Taux de satisfaction pour la période 2050 et les cinq modèles climatiques pour l'usage AEP

| UG | Scénario | Taux de satisfaction de l'AEP pour 2050 | | | | |
|-----------------|------------|-----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Sèvre moyenne 1 | Constant | 99,4 | 99,3 | 99,5 | 99,7 | 99,8 |
| | Tendanciel | 99,5 | 99,4 | 99,7 | 99,8 | 99,9 |
| | Alternatif | 99,5 | 99,4 | 99,7 | 99,8 | 99,9 |
| Grande Maine | Constant | 99,5 | 99,1 | 98,9 | 100,0 | 100,0 |
| | Tendanciel | 99,9 | 99,9 | 99,7 | 100,0 | 100,0 |
| | Alternatif | 100,0 | 100,0 | 99,8 | 100,0 | 100,0 |
| Moine 1 | Constant | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Tendanciel | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Alternatif | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Ouin | Constant | 99,6 | 99,4 | 99,6 | 99,8 | 99,9 |
| | Tendanciel | 99,5 | 99,4 | 99,7 | 99,7 | 99,9 |
| | Alternatif | 99,7 | 99,6 | 99,7 | 99,9 | 99,9 |

Les taux de satisfaction pour l'industrie (hors AEP) est également proche de celui de l'horizon 2030 (Tableau 156). Le scénario climatique B3 est le seul à une baisse, comparé à l'horizon 2030.

Tableau 156 : Taux de satisfaction pour la période 2050 et les cinq modèles climatiques pour l'usage industriel

| UG | Scénario | Taux de satisfaction de l'industrie hors AEP pour 2050 | | | | |
|--------------|------------|--------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Sèvre aval | Constant | 93,1 | 91,7 | 92,8 | 96,0 | 97,7 |
| | Tendanciel | 93,3 | 92,2 | 93,2 | 96,1 | 97,8 |
| | Alternatif | 94,2 | 92,8 | 94,4 | 96,6 | 98,2 |
| Sèvre amont | Constant | 93,5 | 92,0 | 93,2 | 96,2 | 98,0 |
| | Tendanciel | 93,6 | 92,5 | 93,5 | 96,3 | 98,0 |
| | Alternatif | 94,5 | 93,1 | 94,8 | 96,9 | 98,4 |
| Sanguèze | Constant | 86,0 | 83,4 | 82,1 | 87,0 | 89,7 |
| | Tendanciel | 87,1 | 85,0 | 83,7 | 88,0 | 90,5 |
| | Alternatif | 86,8 | 83,7 | 82,2 | 87,4 | 90,6 |
| Maine | Constant | 94,0 | 92,9 | 93,1 | 95,8 | 96,4 |
| | Tendanciel | 92,8 | 92,0 | 91,7 | 94,4 | 95,0 |
| | Alternatif | 95,7 | 94,2 | 94,2 | 96,4 | 97,4 |
| Petite Maine | Constant | 94,0 | 92,9 | 93,1 | 95,8 | 96,4 |
| | Tendanciel | 92,8 | 92,0 | 91,7 | 94,4 | 95,0 |
| | Alternatif | 95,7 | 94,2 | 94,2 | 96,4 | 97,4 |
| Grande Maine | Constant | 92,1 | 90,6 | 90,8 | 93,3 | 94,4 |
| | Tendanciel | 90,7 | 90,1 | 89,6 | 92,3 | 93,2 |
| | Alternatif | 94,1 | 92,4 | 92,0 | 94,3 | 95,6 |
| Moine 2 | Constant | 97,2 | 97,4 | 97,7 | 98,0 | 97,9 |
| | Tendanciel | 97,1 | 97,3 | 97,8 | 98,1 | 97,8 |
| | Alternatif | 98,2 | 98,1 | 98,3 | 98,5 | 98,6 |

| UG | Scénario | Taux de satisfaction de l'industrie hors AEP pour 2050 | | | | |
|------|------------|--------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Ouin | Constant | 93,5 | 92,0 | 93,2 | 96,2 | 98,0 |
| | Tendanciel | 93,6 | 92,5 | 93,5 | 96,3 | 98,0 |
| | Alternatif | 94,5 | 93,1 | 94,8 | 96,9 | 98,4 |

5.4.2.9 Balance prélèvements / rejets

Les Figure 172 à Figure 176 montrent l'évolution de l'équilibre entre prélèvements et rejets à l'horizon 2050. Globalement, ces cartes montrent des différences un peu plus importantes par rapport à l'historique qu'à l'horizon 2030. Les déséquilibres s'aggravent avec le scénario d'usages constant mais surtout avec le scénario tendanciel.

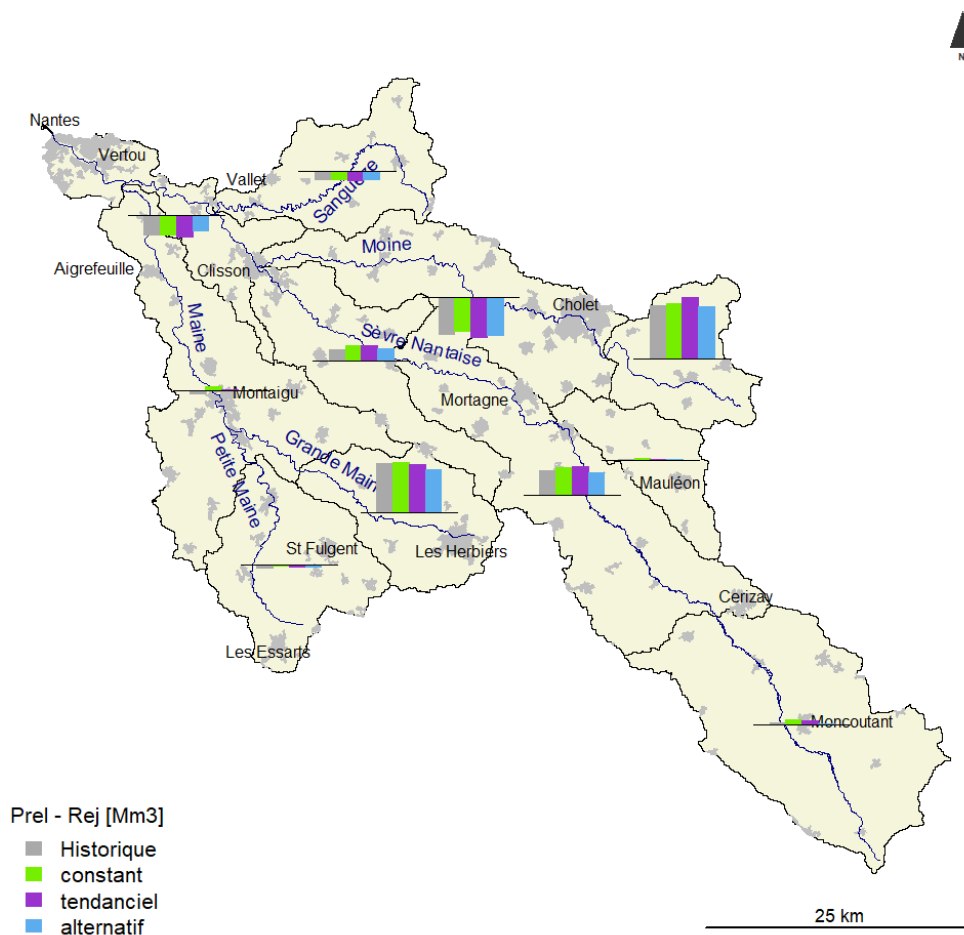


Figure 172 : Différence entre prélèvement et rejet pour chacun des scénarios à l'horizon 2050 et pour le modèle climatique C2. Pour chaque UG, si la barre se trouve au-dessus (au-dessous) de la droite noire, les prélèvements sont supérieurs (inférieurs) aux rejets

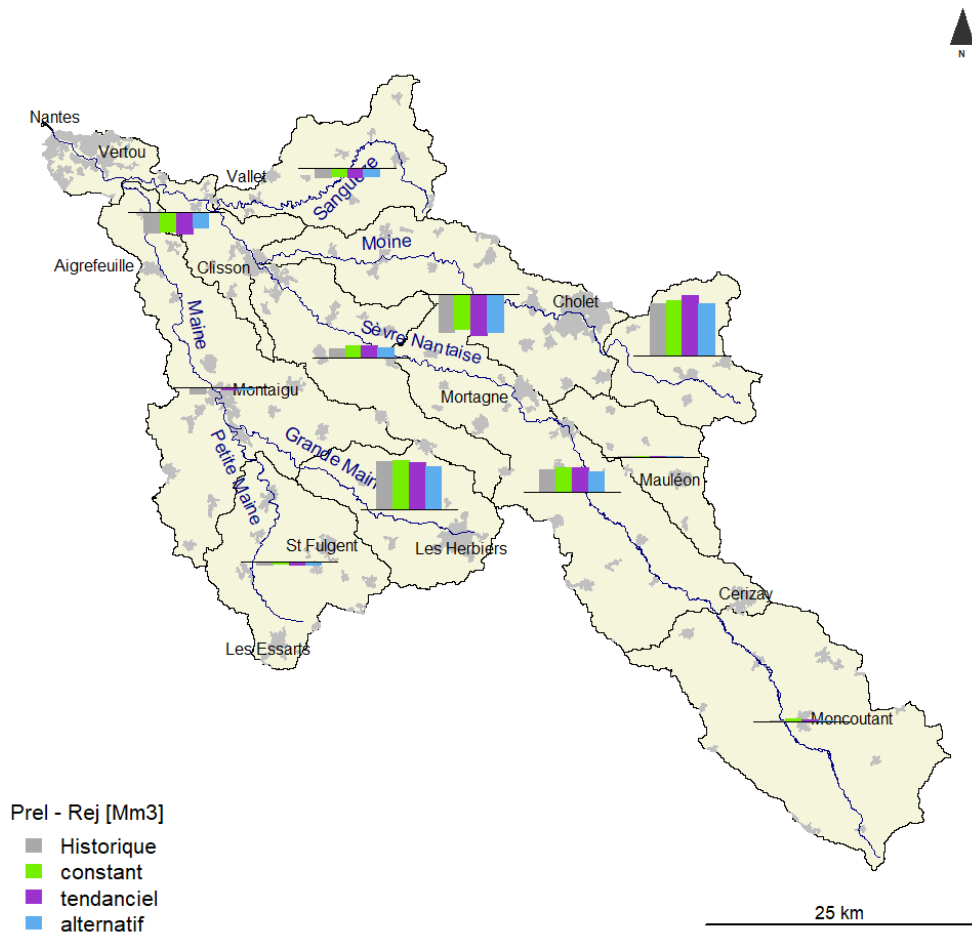


Figure 173 : Différence entre prélèvement et rejet pour chacun des scénarios à l'horizon 2050 et pour le modèle climatique B3. Pour chaque UG, si la barre se trouve au-dessus (au-dessous) de la droite noire, les prélèvements sont supérieurs (inférieurs) aux rejets

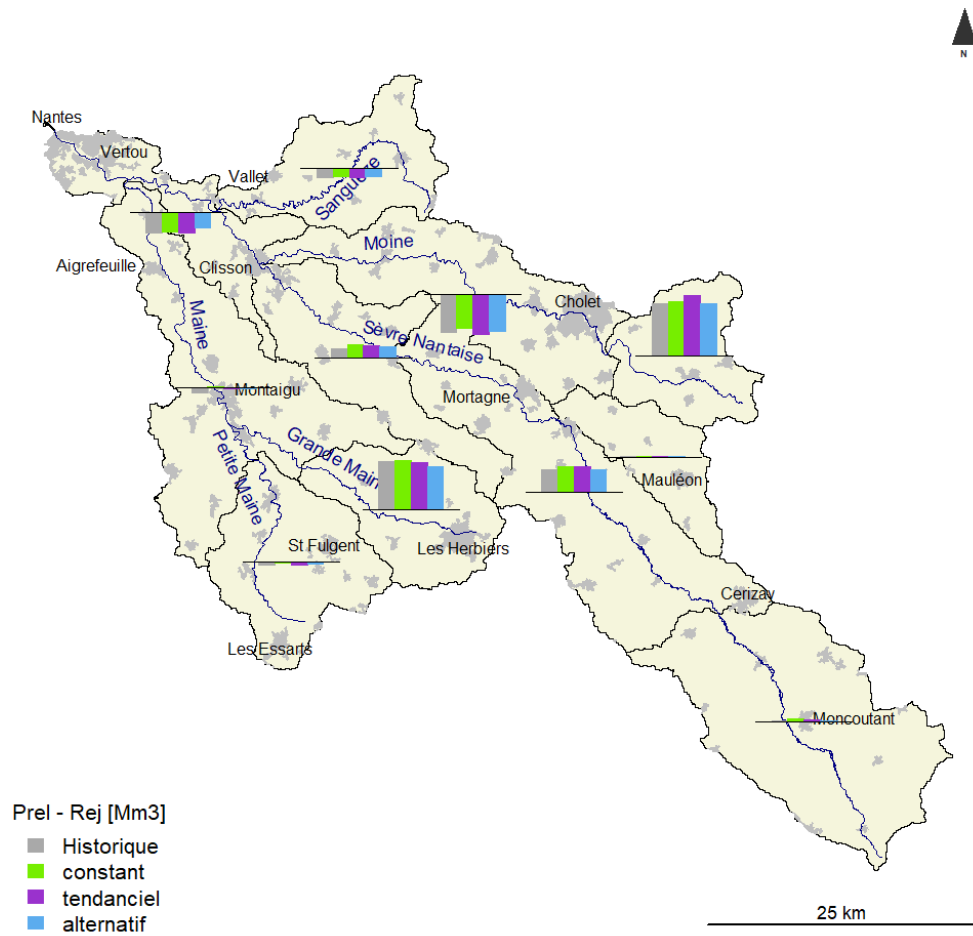


Figure 174 : Différence entre prélèvement et rejet pour chacun des scénarios à l'horizon 2050 et pour le modèle climatique F4. Pour chaque UG, si la barre se trouve au-dessus (au-dessous) de la droite noire, les prélèvements sont supérieurs (inférieurs) aux rejets

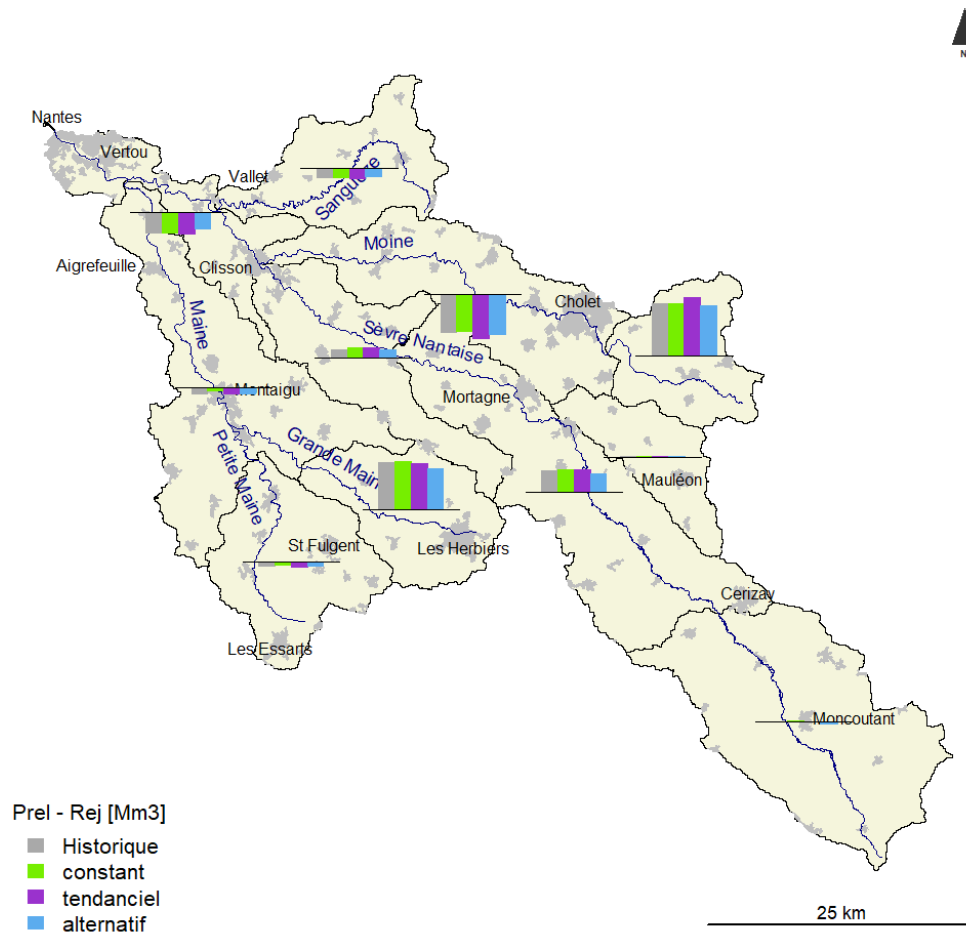


Figure 175: Différence entre prélèvement et rejet pour chacun des scénarios à l'horizon 2050 et pour le modèle climatique A1. Pour chaque UG, si la barre se trouve au-dessus (au-dessous) de la droite noire, les prélèvements sont supérieurs (inférieurs) aux rejets

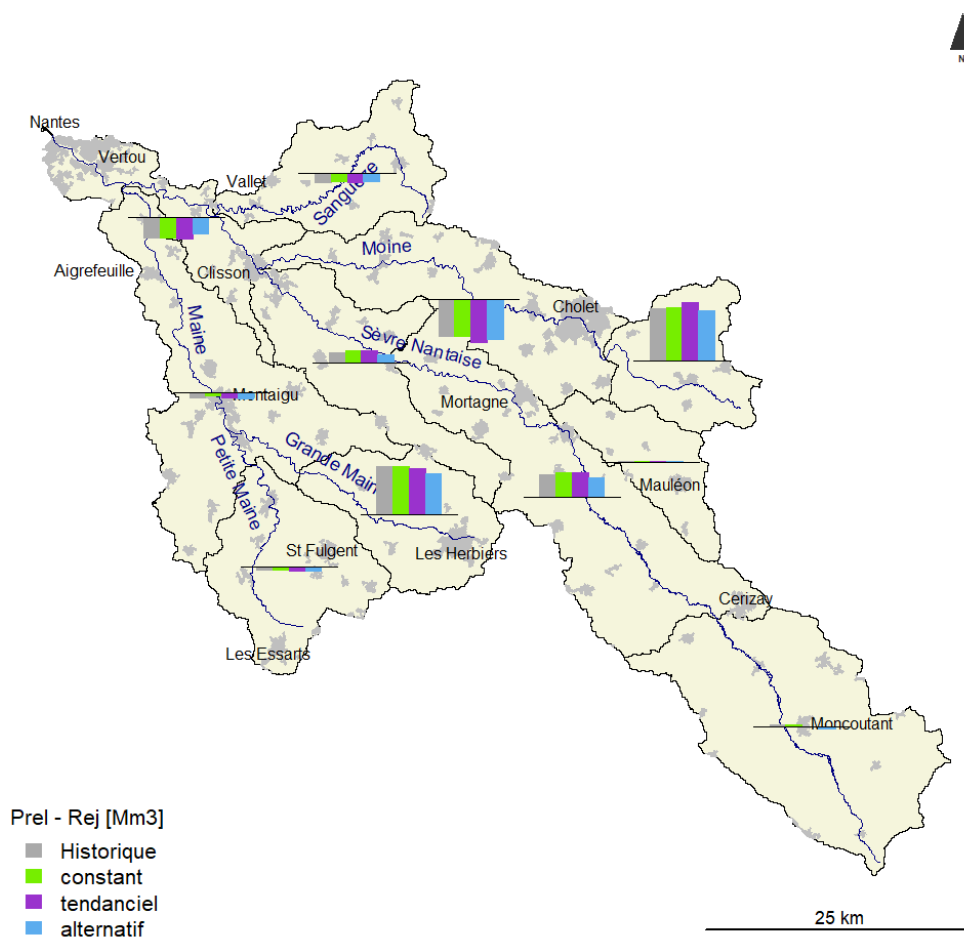


Figure 176: Différence entre prélèvement et rejet pour chacun des scénarios à l'horizon 2050 et pour le modèle climatique C1. Pour chaque UG, si la barre se trouve au-dessus (au-dessous) de la droite noire, les prélèvements sont supérieurs (inférieurs) aux rejets

À retenir :

Comme pour 2030, les évolutions de débit du bassin seront globalement similaires à l'horizon 2050 pour les débits influencés et désinfluencés. Selon la majorité des scénarios climatiques, les modules devraient ainsi stagner par rapport aux valeurs historiques. Les QMNA5 en revanche vont baisser de manière importante sur la majorité des UG et pour la majorité des scénarios.

La période de basses eaux devrait s'étendre par rapport à l'historique (très bas débits étendus à juin et 15 jours de retard de la reprise des écoulements en novembre pour les scénarios C2, F4 et C1). Les étiages devraient être aggravés globalement.

Comme à l'horizon 2030, les différents scénarios d'usages créeront peu de variabilité sur les hauts débits et le module, et des différences marquées sur les bas débits et la satisfaction des usages. Le scénario alternatif permet une meilleure satisfaction de la demande en eau sans pour autant améliorer les valeurs de bas débits. Par opposition, le scénario tendanciel se détache car il apporte moins de satisfaction des usages et des niveaux de retenues plus faibles.

Pour 2050, une baisse sensible de la satisfaction des usages est à prévoir, même si elle reste similaire à celle de 2030. En comparaison par rapport à 2030, l'ensemble des UG seront impactées à l'exception des UG Sèvre amont, Ouin et Moine 1.

5.4.3 Horizon 2070

5.4.3.1 Évolution du module

A l'horizon 2070, la plupart des scénarios climatiques prévoient des modules relativement proches des modules historiques (Tableau 157). Cependant, il existe des différences plus importantes pour le scénario B3 (et dans une moindre mesure F4) qui prévoit une baisse des modules comparés à l'historique, et pour le scénario C1 qui prévoit plutôt une hausse importante. Globalement, ces hausses se retrouvent également dans l'analyse des débits désinfluencés. Cependant, toutes les UG ne sont, ici aussi, pas impactées de la même manière par la prise en compte des usages. L'évolution des usages n'a néanmoins que peu d'influence sur l'évolution des modules, comme le montre également la faible différence entre les trois scénarios d'usages.

Tableau 157 : Evolution en pourcents du module pour la période 2070 et les cinq modèles climatiques, par rapport à la période de référence 1976-2005

| UG | Scénario | Evolution du module en pourcent (%) pour 2070 | | | | |
|-----------------|------------|-----------------------------------------------|-------|------|-----|------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Sèvre aval | Constant | 8,1 | -2,4 | -6,2 | 5,0 | 30,2 |
| | Tendanciel | 8,4 | -2,1 | -5,9 | 5,4 | 30,5 |
| | Alternatif | 8,2 | -2,3 | -6,1 | 5,2 | 30,4 |
| Sèvre moyenne 2 | Constant | 2,3 | -12,2 | -9,3 | 0,8 | 24,4 |
| | Tendanciel | 2,2 | -12,2 | -9,4 | 0,7 | 24,3 |
| | Alternatif | 2,2 | -12,3 | -9,5 | 0,6 | 24,3 |
| Sèvre moyenne 1 | Constant | 0,4 | -13,4 | -3,1 | 3,3 | 24,1 |
| | Tendanciel | 0,7 | -13,1 | -2,8 | 3,6 | 24,4 |
| | Alternatif | 0,6 | -13,3 | -2,9 | 3,5 | 24,3 |

| UG | Scénario | Evolution du module en pourcent (%) pour 2070 | | | | | C1 |
|--------------|------------|-----------------------------------------------|-------|-------|------|------|----|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 | |
| Sèvre amont | Constant | 1,3 | -17,2 | -2,8 | 0,2 | 20,7 | |
| | Tendanciel | 1,7 | -16,7 | -2,3 | 0,7 | 21,2 | |
| | Alternatif | 1,7 | -16,8 | -2,3 | 0,7 | 21,3 | |
| Sanguèze | Constant | 2,1 | -16,5 | -6,6 | -0,7 | 16,2 | |
| | Tendanciel | 2,6 | -16,0 | -6,1 | -0,2 | 16,8 | |
| | Alternatif | 2,6 | -16,1 | -6,1 | -0,3 | 16,8 | |
| Maine | Constant | 3,9 | -13,2 | -8,5 | 2,9 | 20,0 | |
| | Tendanciel | 4,3 | -12,8 | -8,1 | 3,3 | 20,4 | |
| | Alternatif | 4,2 | -12,9 | -8,2 | 3,2 | 20,3 | |
| Petite Maine | Constant | -1,8 | -16,5 | -12,4 | 0,0 | 14,9 | |
| | Tendanciel | -0,9 | -15,6 | -11,4 | 0,9 | 15,9 | |
| | Alternatif | -1,1 | -15,8 | -11,7 | 0,7 | 15,7 | |
| Grande Maine | Constant | 3,8 | -12,0 | -2,6 | 5,6 | 20,4 | |
| | Tendanciel | 3,9 | -11,9 | -2,5 | 5,8 | 20,5 | |
| | Alternatif | 4,0 | -11,9 | -2,5 | 5,8 | 20,7 | |
| Moine 2 | Constant | 5,6 | -9,6 | -6,9 | 7,9 | 23,1 | |
| | Tendanciel | 5,7 | -9,5 | -6,8 | 8,0 | 23,2 | |
| | Alternatif | 5,8 | -9,5 | -6,8 | 8,1 | 23,4 | |
| Moine 1 | Constant | 8,0 | -1,9 | -5,8 | 4,8 | 29,2 | |
| | Tendanciel | 8,4 | -1,5 | -5,4 | 5,2 | 29,6 | |
| | Alternatif | 8,1 | -1,8 | -5,7 | 5,0 | 29,4 | |
| Ouin | Constant | 0,4 | -13,4 | -3,1 | 3,3 | 24,0 | |
| | Tendanciel | 0,7 | -13,1 | -2,8 | 3,6 | 24,3 | |
| | Alternatif | 0,5 | -13,3 | -3,0 | 3,5 | 24,2 | |

5.4.3.2 Évolution du QMNA5

Dans le cas des QMNA5 (Tableau 158), des baisses importantes sont à prévoir à l'horizon 2070 à quelques exceptions près (comme les UG pour lesquelles le QMNA5 était déjà très faible pour la période historique) et sauf pour le scénario climatique C1. Globalement, à cet horizon, les baisses de QMNA5 sont légèrement atténuées par rapport aux baisses de QMNA5 des débits désinfluencés. Cela peut s'expliquer par la mise en place plus fréquente des restrictions et devrait induire une baisse des taux de satisfaction. En comparant les scénarios d'usages entre eux, il est intéressant de noter que les baisses de QMNA5 les plus importantes s'observent pour les scénarios constant et alternatif.

Tableau 158 : Evolution en pourcents du QMNA5 pour la période 2070 et les cinq modèles climatiques, par rapport à la période de référence 1976-2005. * Pour ces UGs, les valeurs de QMNA5 calculées sur la période historiques sont extrêmement faibles : les pourcentages d'évolution, s'ils peuvent importants, ne représentent que quelques centièmes de l.s⁻¹ en différence absolue

| UG | Scénario | Evolution du QMNA5 en pourcent (%) pour 2070 | | | | |
|-----------------|------------|----------------------------------------------|-------|--------|-------|--------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Sèvre aval | Constant | -22,6 | -10,4 | -12,8 | -23,8 | 3,8 |
| | Tendanciel | -6,4 | 8,0 | 9,5 | -8,8 | 23,2 |
| | Alternatif | -16,7 | -4,1 | -5,3 | -17,1 | 12,0 |
| Sèvre moyenne 2 | Constant | 116,3 | -8,4 | -88,8 | -21,6 | -51,4 |
| | Tendanciel | 98,7 | -8,4 | -74,2 | -29,1 | -43,1 |
| | Alternatif | -100,0 | -83,1 | -100,0 | -87,7 | -100,0 |
| Sèvre moyenne 1 | Constant | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Tendanciel | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 214,9* |
| | Alternatif | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Sèvre amont | Constant | -46,5 | -5,2 | -27,9 | -51,8 | 8,5 |
| | Tendanciel | -39,4 | 17,2 | -11,9 | -39,7 | 34,0 |
| | Alternatif | -47,4 | -14,3 | -7,1 | -45,2 | 39,4 |
| Sanguèze | Constant | -20,3 | -15,1 | -18,7 | -24,5 | -3,4 |
| | Tendanciel | -7,5 | -1,0 | -4,6 | -13,4 | 10,6 |
| | Alternatif | -8,6 | -1,7 | -3,2 | -11,6 | 10,5 |
| Maine | Constant | -27,0 | -21,2 | -22,4 | -23,8 | 7,8 |
| | Tendanciel | -11,6 | -4,7 | -5,9 | -7,7 | 30,0 |
| | Alternatif | -6,5 | -1,7 | -3,0 | -3,1 | 43,2 |
| Petite Maine | Constant | -34,4 | -30,3 | -24,4 | -28,8 | -14,6 |
| | Tendanciel | -4,1 | -2,6 | 7,4 | 1,9 | 26,0 |
| | Alternatif | -3,5 | -0,6 | 9,6 | 3,0 | 26,9 |
| Grande Maine | Constant | -27,9 | -20,5 | -22,6 | -32,4 | -2,7 |
| | Tendanciel | -25,9 | -17,2 | -20,5 | -31,0 | 3,3 |
| | Alternatif | -23,1 | -18,3 | -16,5 | -23,8 | 15,2 |
| Moine 2 | Constant | -60,4 | -8,1 | -66,9 | -49,7 | 5,3 |
| | Tendanciel | -62,5 | -4,5 | -55,9 | -46,5 | 29,6 |
| | Alternatif | -100,0 | -27,6 | -71,6 | -51,8 | -20,7 |
| Moine 1 | Constant | -21,1 | -13,8 | -11,5 | -17,3 | -0,1 |
| | Tendanciel | -10,9 | -1,6 | 1,0 | -7,9 | 13,8 |
| | Alternatif | -17,9 | -10,0 | -7,5 | -14,5 | 4,4 |
| Ouin | Constant | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Tendanciel | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 142,2 |
| | Alternatif | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

5.4.3.3 Évolution des régimes hydrologiques

Les régimes à l'horizon 2070 (Figure 177) montrent des hauts débits similaires à la période historique mais des bas débits plus faibles et sur une période plus longue (de mai à octobre les débits restent très bas, et avril et novembre sont des mois de transition).

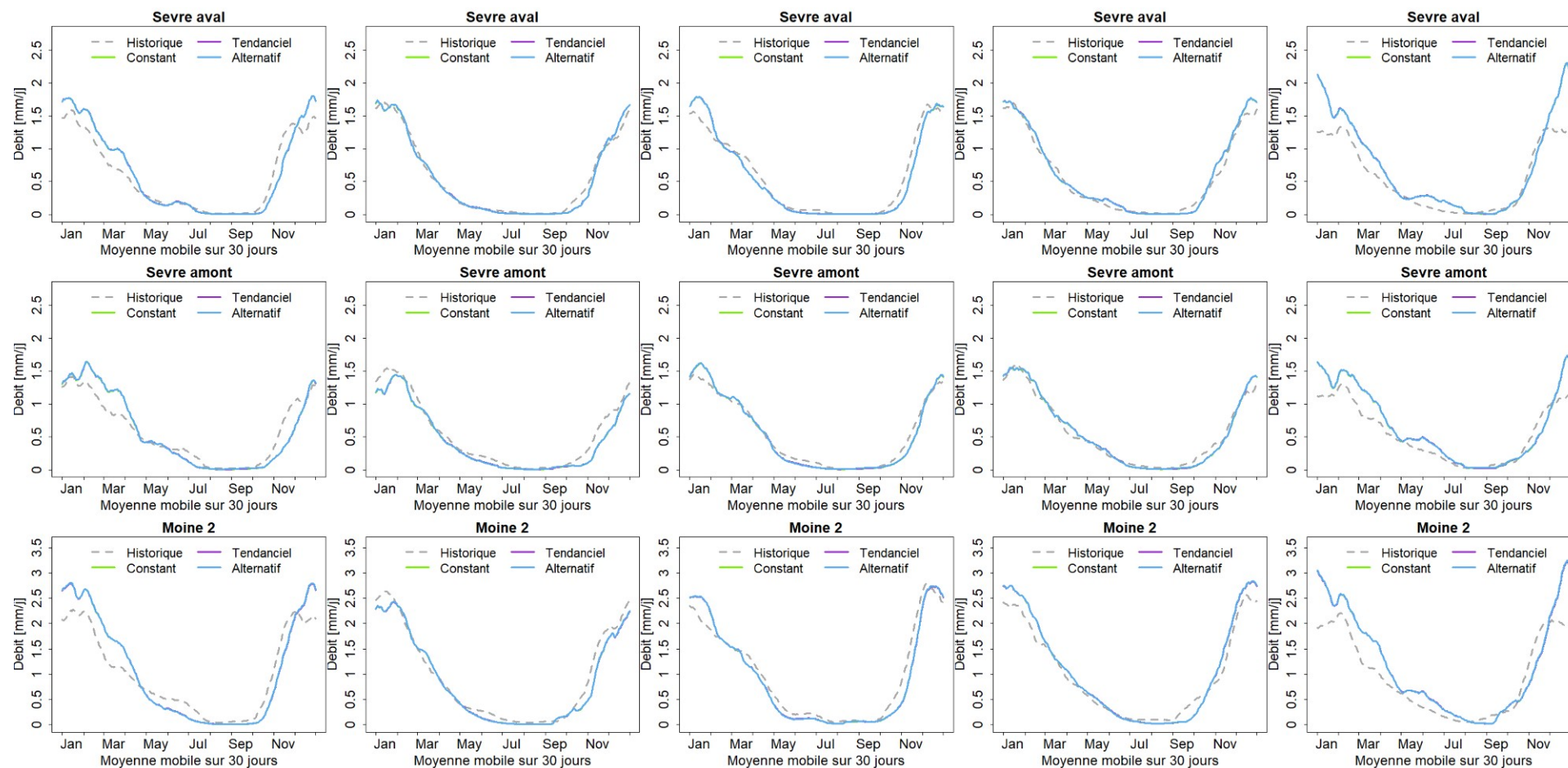


Figure 177 : Evolution des régimes hydrologiques en 2070 sur les UG Sèvre aval, Sèvre amont et Moine 2 (en ligne). Les 3 scénarios d'usages (peu distinguables car très proches) sont superposés avec l'historique, pour chaque modèle climatique (en colonne selon l'ordre suivant : C2, B3, F4, A1, C1)

5.4.3.4 Probabilités de remplissage des retenues

Les probabilités de remplissage (calculées de la même manière que pour les autres horizons) des plans d'eau d'irrigation (Figure 178 à Figure 182) montrent des baisses encore plus drastiques qu'à l'horizon 2050. Le scénario B3 montre des probabilités de remplissages très faibles (en dessous de 50 % pour la plupart des UG) également identifiées dans d'autres scénarios. Comme pour 2050, les UG Moine 1, Quin et Sèvre amont sont épargnées.

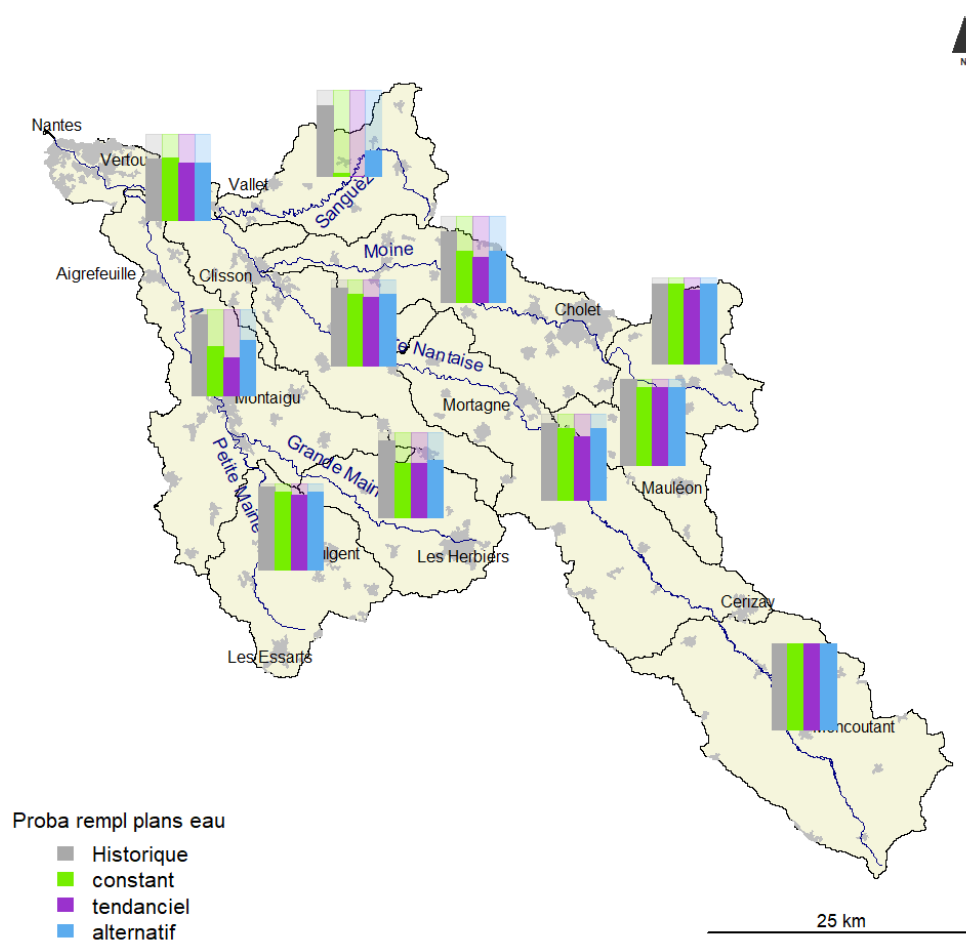


Figure 178 : Probabilité de remplissage des retenues d'irrigation pour 2070 (entre 0 et 1), pour chaque scénario d'usage et pour le modèle climatique C2 (le remplissage est déterminé par le dépassement de 80 % de la capacité totale des retenues d'irrigation de l'UG)

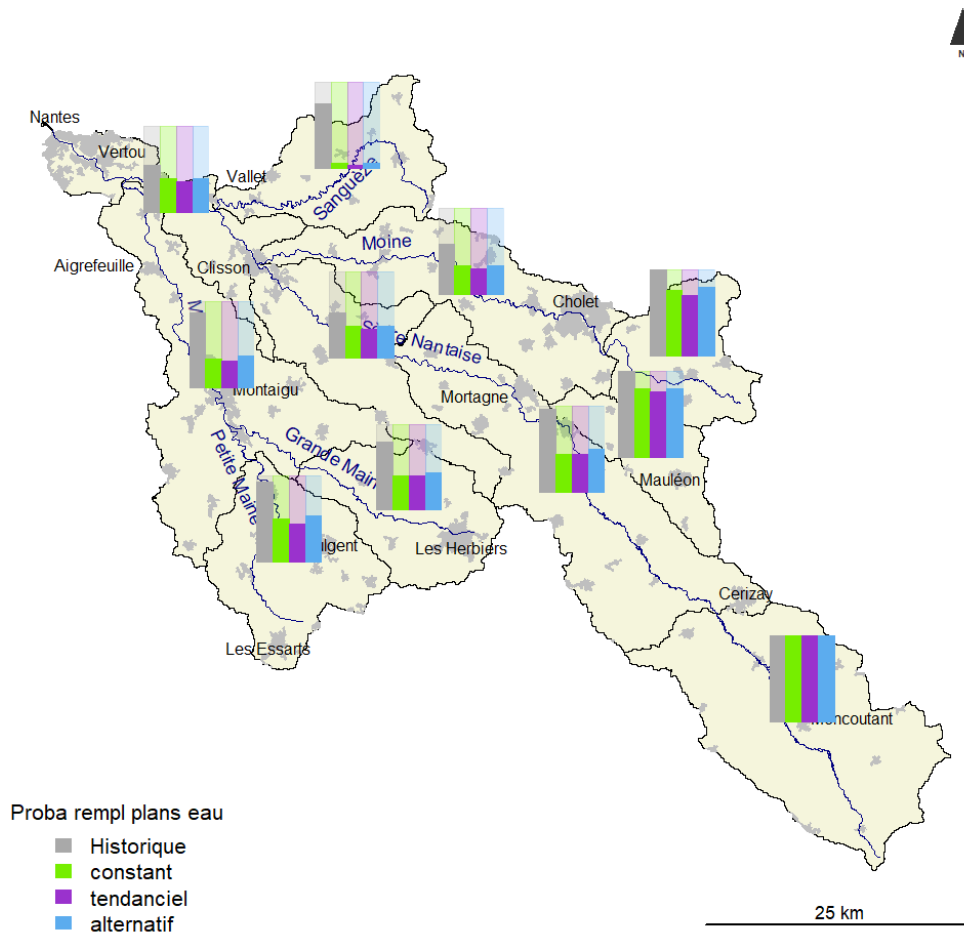


Figure 179 : Probabilité de remplissage des retenues d'irrigation pour 2070 (entre 0 et 1), pour chaque scénario d'usage et pour le modèle climatique B3 (le remplissage est déterminé par le dépassement de 80 % de la capacité totale des retenues d'irrigation de l'UG)

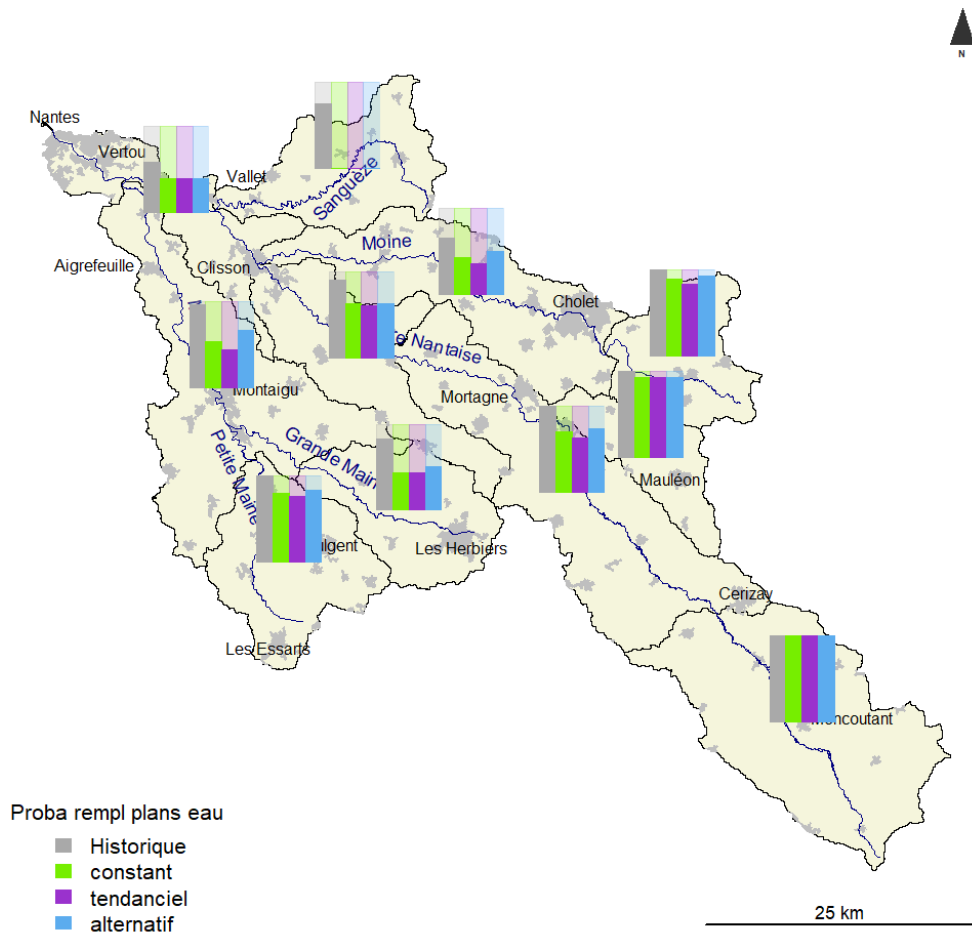


Figure 180 : Probabilité de remplissage des retenues d'irrigation pour 2070 (entre 0 et 1), représentées sur chaque UG, pour chaque scénario d'usage et pour le modèle climatique F4 (le remplissage est déterminé par le dépassement de 80 % de la capacité totale des retenues d'irrigation de l'UG)

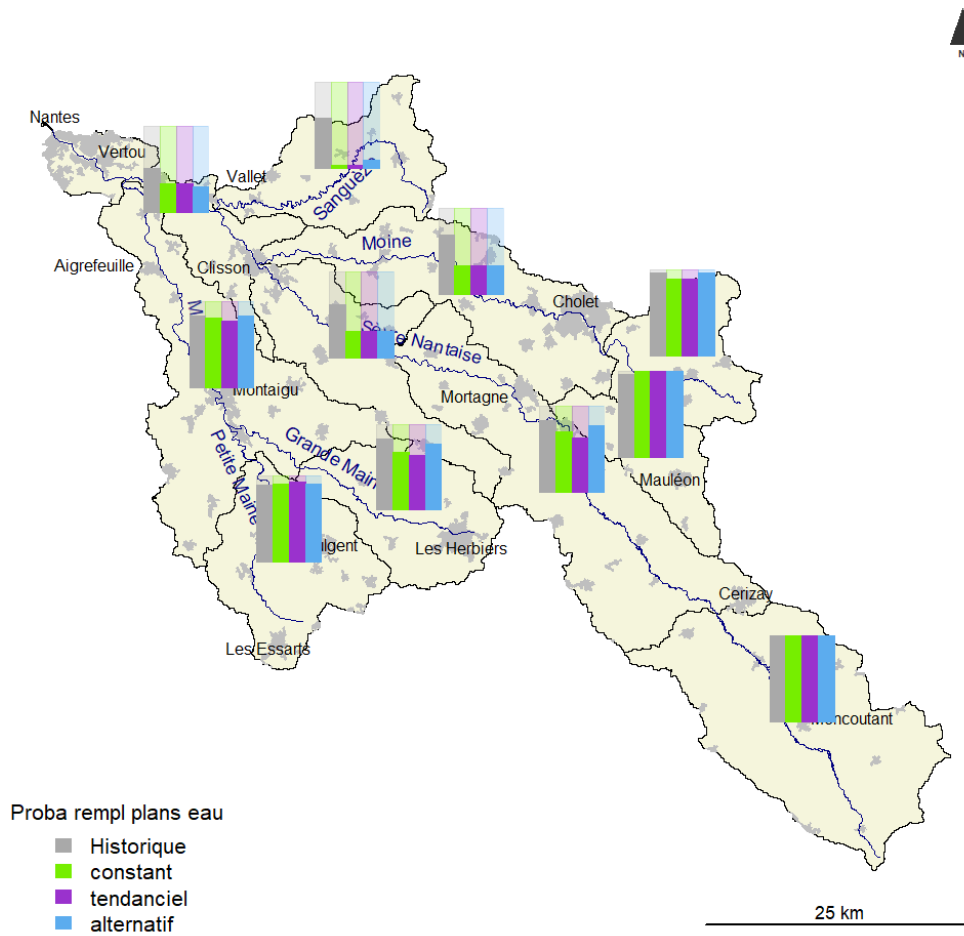


Figure 181 : Probabilité de remplissage des retenues d'irrigation pour 2070 (entre 0 et 1), représentées sur chaque UG, pour chaque scénario d'usage et pour le modèle climatique A1 (le remplissage est déterminé par le dépassement de 80 % de la capacité totale des retenues d'irrigation de l'UG)

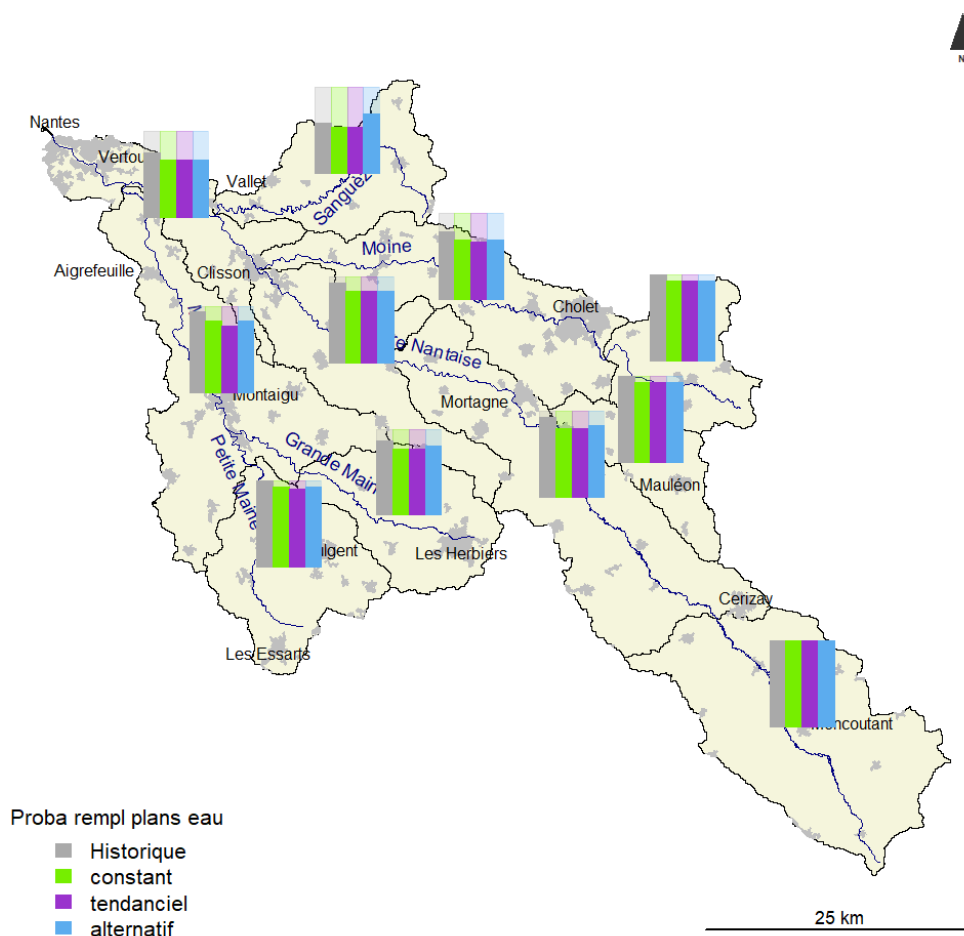


Figure 182 : Probabilité de remplissage des retenues d'irrigation pour 2070 (entre 0 et 1), représentées sur chaque UG, pour chaque scénario d'usage et pour le modèle climatique C1 (le remplissage est déterminé par le dépassement de 80 % de la capacité totale des retenues d'irrigation de l'UG)

5.4.3.5 Part potentielle du remplissage des retenues en novembre

Le Tableau 159 montre les parts du mois de novembre dans le potentiel de remplissage des retenues d'irrigation par UG et à l'horizon 2070. Une baisse continue s'observe pour l'ensemble des scénarios. Les baisses sont un peu plus importantes que pour 2050, et il existe très peu de cas pour lesquels le mois de novembre contribue à plus de 10 % du ruissellement hivernal à cet horizon.

Tableau 159: Part (en termes de pourcentage) du mois de novembre dans le ruissellement susceptible d'alimenter les plans d'eau en période de hautes eaux (de novembre à mars) pour les cinq modèles climatiques, sur la période de référence 1976-2005 et la période 2070. Violet foncé : > 20 %. Violet moyen : < 20 % & > 15 %. Violet clair : < 15 % & > 10 %. Jaune clair : < 10 % & > 5 %. Jaune : < 5 %.

| UG | Scénario | Part du mois de novembre dans ruissellement hivernal (%) | | | | |
|-----------------|------------|----------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Sèvre aval | Historique | 13,3 | 10,4 | 9,9 | 10,7 | 13,3 |
| | 2070 | 7,4 | 7,7 | 6,3 | 10,6 | 8,9 |
| Sèvre moyenne 2 | Historique | 14,1 | 11,4 | 10,5 | 11,2 | 14,4 |
| | 2070 | 8,1 | 7,9 | 6,4 | 10,9 | 9,2 |
| Sèvre moyenne 1 | Historique | 10,9 | 9,4 | 8,4 | 9,5 | 11,9 |
| | 2070 | 5,9 | 5,8 | 4,7 | 7,8 | 6,9 |
| Sèvre amont | Historique | 15,0 | 12,6 | 12,1 | 11,2 | 15,6 |
| | 2070 | 8,6 | 8,6 | 7,9 | 11,1 | 9,2 |
| Sanguèze | Historique | 17,7 | 13,6 | 13,9 | 13,1 | 16,8 |
| | 2070 | 11,0 | 11,4 | 9,4 | 14,4 | 11,7 |
| Maine | Historique | 14,4 | 11,8 | 10,6 | 11,1 | 14,5 |
| | 2070 | 8,0 | 7,7 | 6,2 | 10,7 | 8,8 |
| Petite Maine | Historique | 21,3 | 16,3 | 16,0 | 14,4 | 20,1 |
| | 2070 | 13,3 | 12,0 | 10,1 | 14,9 | 12,8 |
| Grande Maine | Historique | 14,2 | 11,8 | 10,6 | 10,8 | 14,8 |
| | 2070 | 7,5 | 7,3 | 5,5 | 10,1 | 8,1 |
| Moine 2 | Historique | 14,0 | 12,3 | 11,6 | 10,9 | 14,4 |
| | 2070 | 8,3 | 8,7 | 7,6 | 10,6 | 9,0 |
| Moine 1 | Historique | 13,1 | 11,0 | 10,7 | 9,6 | 13,2 |
| | 2070 | 6,4 | 7,2 | 6,4 | 8,9 | 7,5 |
| Quin | Historique | 14,3 | 11,7 | 11,3 | 10,9 | 14,5 |
| | 2070 | 7,8 | 7,7 | 6,7 | 10,1 | 8,3 |

5.4.3.6 Niveau de remplissage des grands réservoirs

Les régimes de volumes annuels des grands barrages montrent des baisses importantes à l'horizon 2070 (Figure 183). Les baisses sont particulièrement importantes pour le scénario climatique B3. Ce scénario conduit à des niveaux des réservoirs de Bultière (pour le scénario constant) et de Verdon particulièrement bas affectant aussi le réservoir de Ribou, pourtant soutenu par Verdon. Le scénario tendanciel montre globalement des volumes sensiblement plus bas que les scénarios alternatif et constant. Au niveau du réservoir de Bultière, l'évolution des règles de gestion du barrage permet de garder des volumes équivalents aux niveaux historiques avec les scénarios tendanciel et alternatif. Cependant, les régimes montrent un retard dans le remplissage de la retenue entre novembre et février.

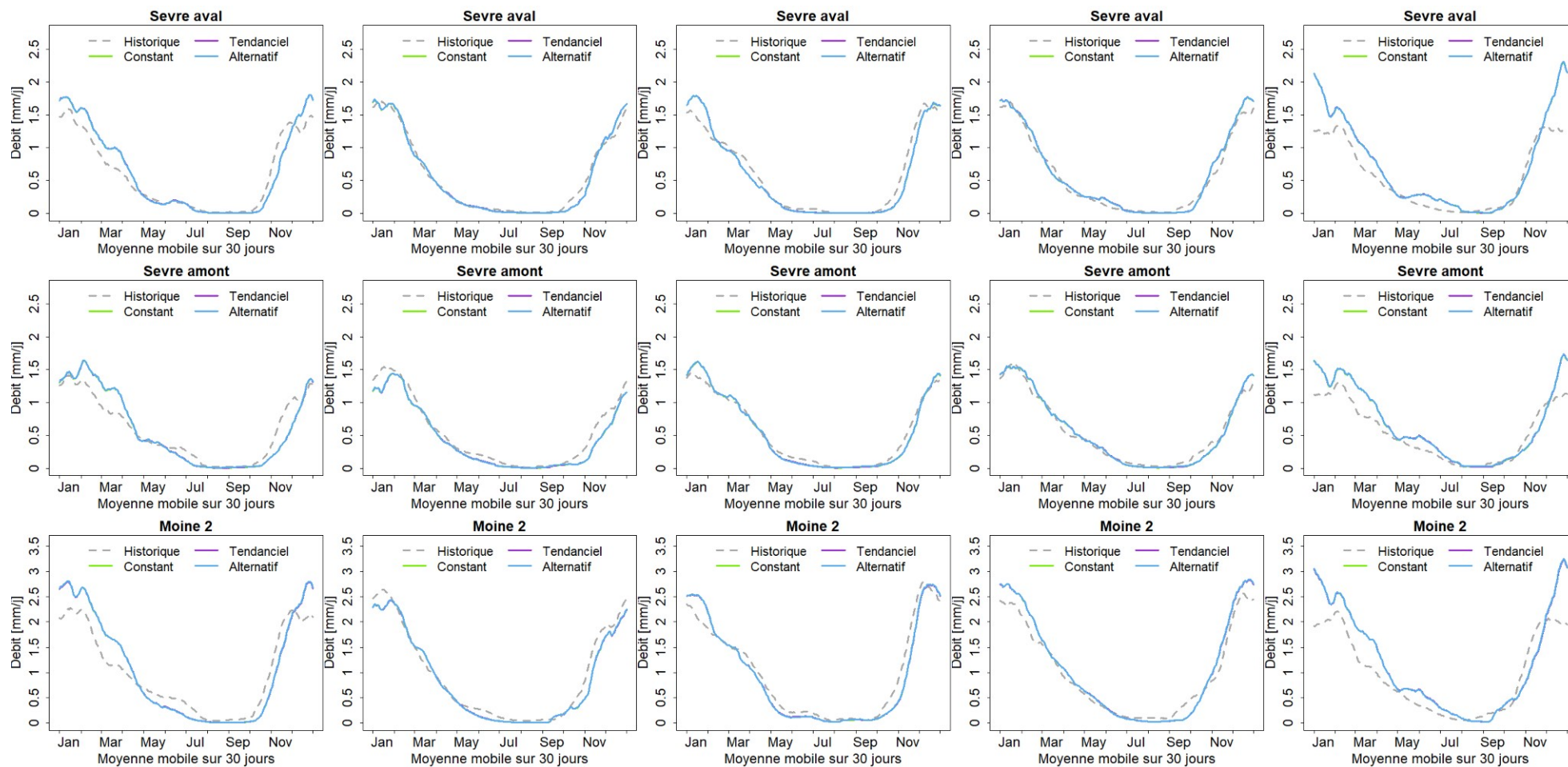


Figure 183 : Régime du volume des 3 gros barrages sur 2070 superposé pour les 3 scénarios et la période historique. En ligne, les 3 barrages, en colonne, les 5 modèles climatiques

5.4.3.7 Taux de satisfaction globale des usages

Les Figure 184 à Figure 188 montrent que le taux de satisfaction des usages est globalement plus faible à l'horizon 2070 qu'aux horizons 2030 et 2050. La répartition entre UG reste cependant la même à l'exception de l'UG Sèvre amont qui est plus affectée à cette échéance qu'aux précédentes. Une autre spécificité de cet horizon concerne la différence entre scénarios d'usages. Si le scénario alternatif donne toujours de meilleurs taux de satisfaction, ses taux de satisfaction se rapprochent de ceux du scénario constant. Il est possible que les substitutions de cultures ne compensent plus les augmentations de besoins pour l'AEP.

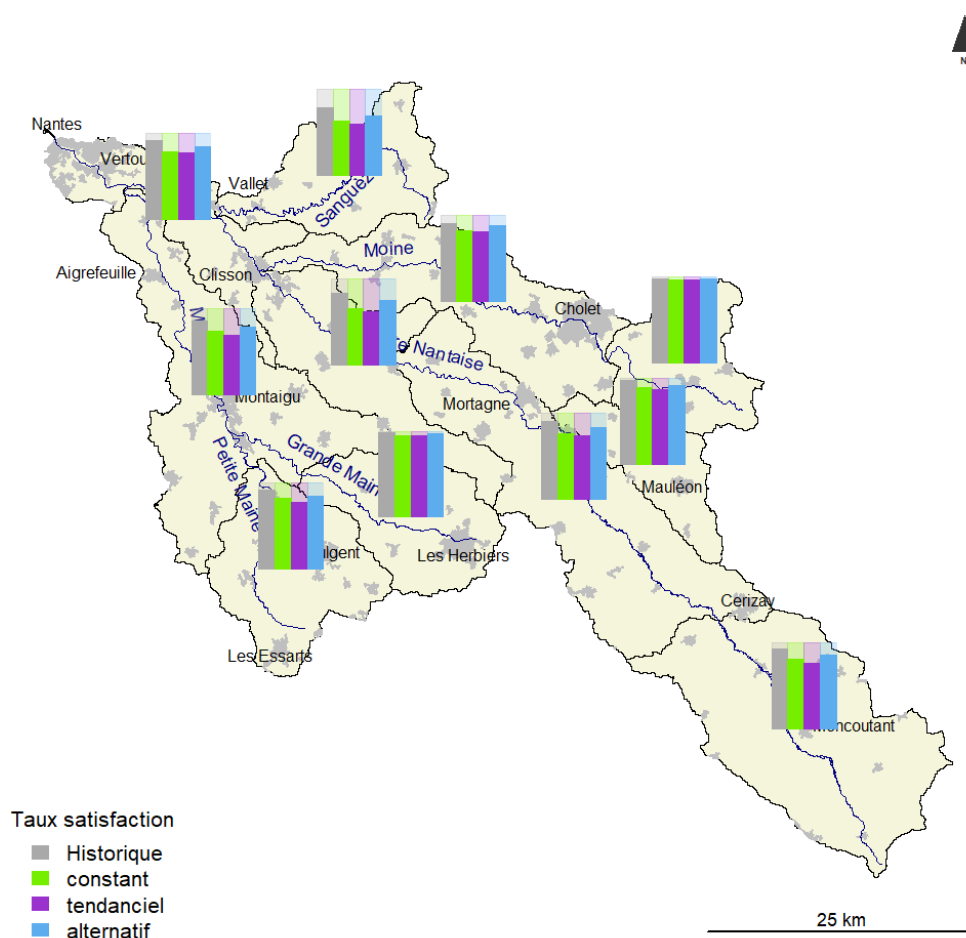


Figure 184 : Carte de satisfaction globale des usages pour 2070 pour le modèle climatique C2 et les 3 scénarios et l'historique

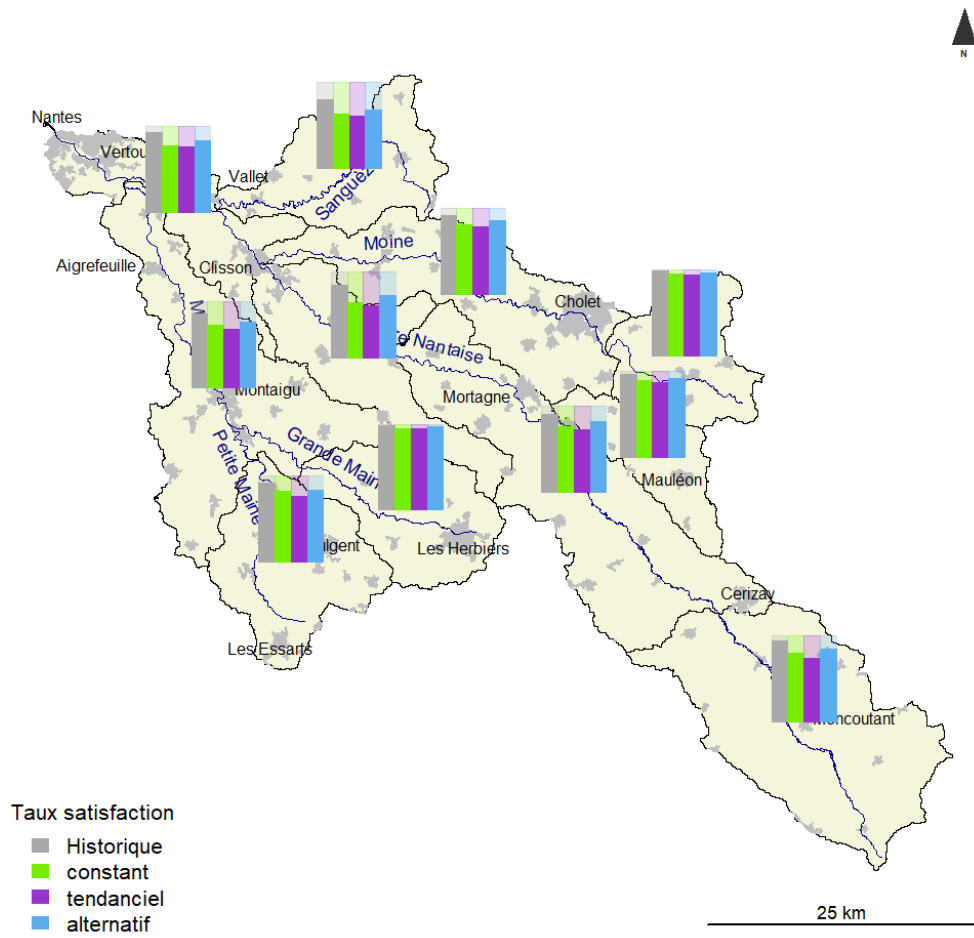


Figure 185 : Carte de satisfaction globale des usages pour 2070 pour le modèle climatique B3 et les 3 scénarios et l'historique

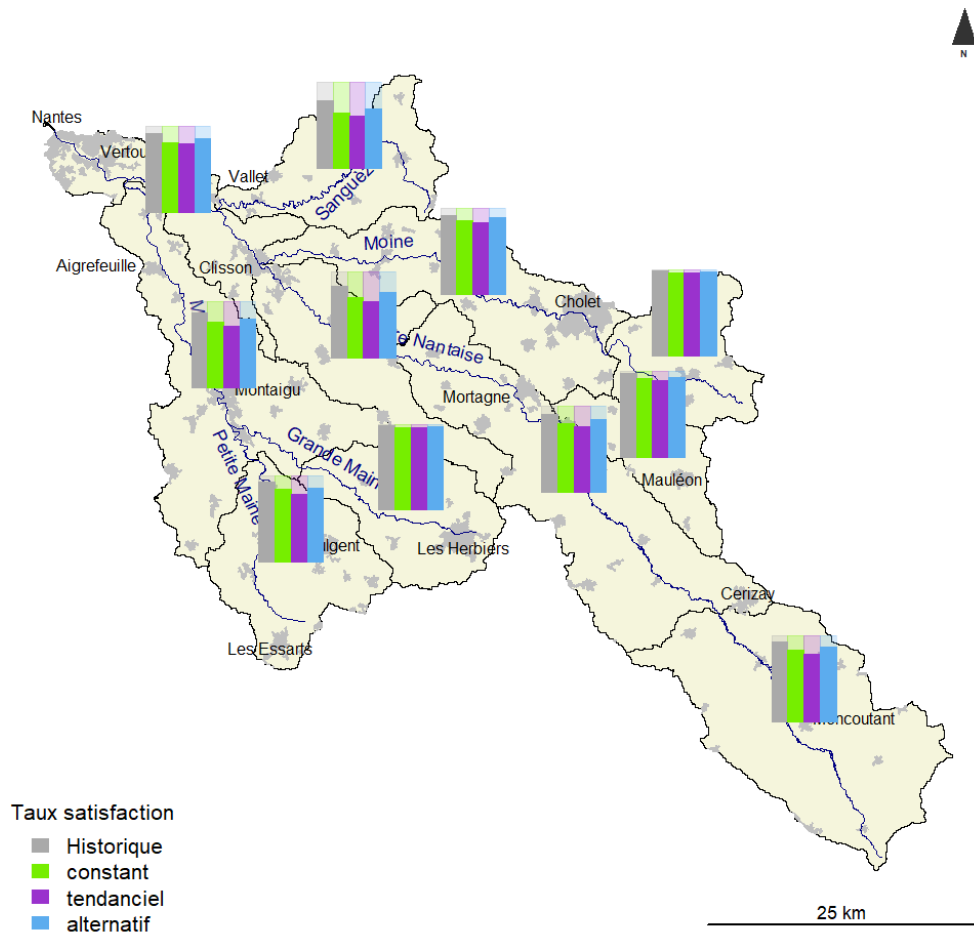


Figure 186 : Carte de satisfaction globale des usages pour 2070 pour le modèle climatique F4 et les 3 scénarios et l'historique

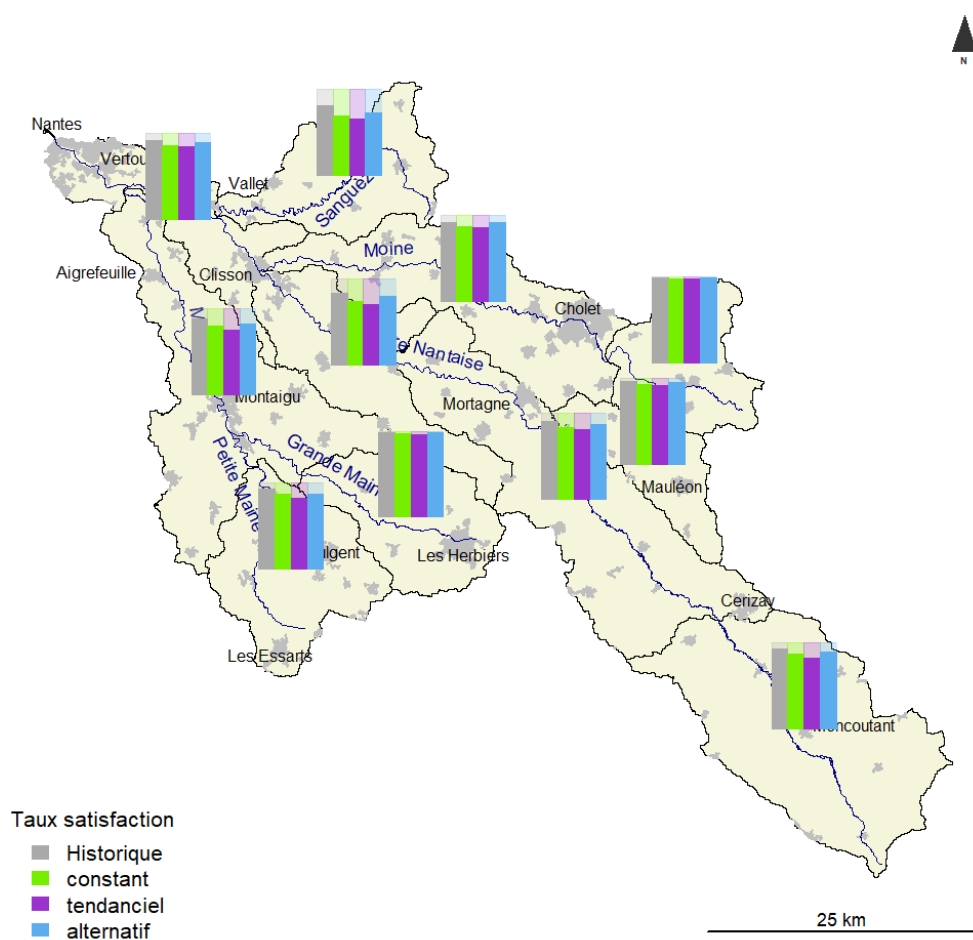


Figure 187 : Carte de satisfaction globale des usages pour 2070 pour le modèle climatique A1 et les 3 scénarios et l'historique

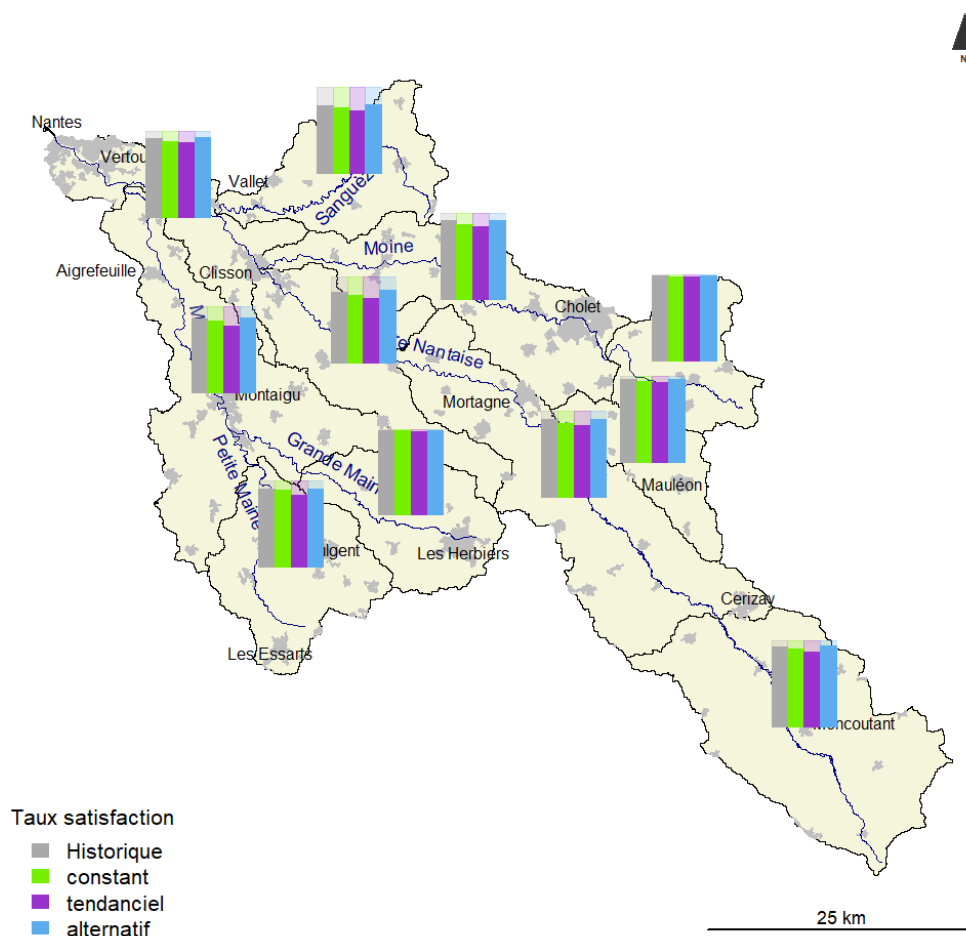


Figure 188 : Carte de satisfaction globale des usages pour 2070 pour le modèle climatique C1 et les 3 scénarios et l'historique

5.4.3.8 Taux de satisfaction individuel par usage

Le Tableau 160 montre que les taux de satisfaction pour l'irrigation baisseront significativement à l'horizon 2070. Cette baisse des taux de satisfaction est particulièrement importante pour les UG Sèvre moyenne 1 et 2 et Sèvre aval. Sur ces UG, pour certains scénarios, seuls 60 % des besoins en irrigation des plantes seront satisfaits, ce qui pourrait aboutir à des pertes de rendement. Pour les UG de l'amont, ces taux sont meilleurs mais dépassent rarement les 80 %, ce qui reste potentiellement problématique.

Tableau 160 : Taux de satisfaction pour la période 2070 et les cinq modèles climatiques pour l'usage irrigation

| UG | Scénario | Taux de satisfaction de l'irrigation pour 2070 | | | | |
|-----------------|------------|------------------------------------------------|------|------|------|------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Sèvre aval | Constant | 67,1 | 66,4 | 70,6 | 75,1 | 80,0 |
| | Tendanciel | 64,9 | 63,9 | 67,7 | 73,8 | 78,5 |
| | Alternatif | 78,0 | 77,3 | 79,4 | 83,4 | 88,1 |
| Sèvre moyenne 2 | Constant | 62,7 | 61,0 | 66,0 | 70,3 | 75,3 |
| | Tendanciel | 60,5 | 58,6 | 63,2 | 68,5 | 73,3 |
| | Alternatif | 72,6 | 70,9 | 73,8 | 77,7 | 83,1 |
| Sèvre moyenne 1 | Constant | 59,7 | 57,8 | 62,3 | 67,5 | 72,9 |
| | Tendanciel | 58,1 | 55,9 | 60,1 | 66,1 | 71,5 |
| | Alternatif | 70,3 | 68,3 | 71,0 | 75,6 | 81,3 |
| Sèvre amont | Constant | 73,9 | 72,0 | 76,3 | 80,3 | 85,7 |
| | Tendanciel | 72,3 | 70,1 | 74,0 | 79,1 | 84,4 |
| | Alternatif | 82,5 | 80,6 | 82,8 | 86,7 | 91,4 |
| Sanguèze | Constant | 50,7 | 50,1 | 50,1 | 55,7 | 65,6 |
| | Tendanciel | 53,5 | 53,7 | 53,8 | 59,1 | 66,8 |
| | Alternatif | 62,5 | 60,7 | 60,5 | 65,6 | 74,2 |
| Maine | Constant | 71,0 | 69,4 | 72,6 | 76,0 | 80,2 |
| | Tendanciel | 67,2 | 65,7 | 69,4 | 72,4 | 75,5 |
| | Alternatif | 76,6 | 74,2 | 77,5 | 79,9 | 84,8 |
| Petite Maine | Constant | 75,8 | 74,6 | 77,0 | 80,1 | 83,6 |
| | Tendanciel | 72,5 | 71,4 | 74,5 | 77,1 | 79,6 |
| | Alternatif | 80,5 | 78,6 | 81,1 | 83,3 | 87,5 |
| Grande Maine | Constant | 79,6 | 78,5 | 81,1 | 84,0 | 86,8 |
| | Tendanciel | 76,4 | 75,6 | 78,7 | 81,2 | 83,1 |
| | Alternatif | 84,0 | 82,2 | 85,0 | 87,2 | 90,0 |
| Moine 2 | Constant | 78,6 | 76,1 | 81,6 | 83,5 | 83,2 |
| | Tendanciel | 78,6 | 76,2 | 82,0 | 84,0 | 83,3 |
| | Alternatif | 86,4 | 84,1 | 87,7 | 89,9 | 90,4 |
| Moine 1 | Constant | 86,6 | 83,6 | 87,7 | 89,9 | 89,1 |
| | Tendanciel | 86,4 | 82,7 | 87,6 | 90,2 | 89,0 |
| | Alternatif | 91,5 | 89,0 | 91,7 | 93,8 | 93,7 |
| Ouin | Constant | 72,5 | 72,5 | 75,5 | 80,6 | 83,7 |
| | Tendanciel | 70,7 | 70,1 | 72,6 | 79,1 | 82,1 |
| | Alternatif | 81,8 | 81,3 | 82,5 | 86,8 | 90,2 |

La satisfaction de la demande pour l'abreuvement hors AEP reste bonne mais elle devrait baisser de quelques pourcents par rapport aux taux de satisfaction à l'horizon 2050 (Tableau 161). Il est intéressant de noter que ce taux de satisfaction ne s'améliore pas malgré le fait que la demande pour l'abreuvement diminue dans les scénarios tendanciels et alternatifs (dû à la baisse des cheptels).

Tableau 161 : Taux de satisfaction pour la période 2070 et les cinq modèles climatiques pour l'usage abreuvement (hors AEP)

| UG | Scénario | Taux de satisfaction de l'abreuvement (hors AEP) pour 2070 | | | | |
|-----------------|------------|------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Sèvre aval | Constant | 79,4 | 77,8 | 79,4 | 82,9 | 85,6 |
| | Tendanciel | 81,5 | 79,6 | 81,6 | 85,1 | 87,8 |
| | Alternatif | 80,6 | 79,2 | 81,5 | 85,2 | 87,8 |
| Sèvre moyenne 2 | Constant | 94,5 | 93,9 | 95,0 | 96,1 | 97,2 |
| | Tendanciel | 94,3 | 93,9 | 95,2 | 95,9 | 96,9 |
| | Alternatif | 96,2 | 95,4 | 97,0 | 97,0 | 98,2 |
| Sèvre moyenne 1 | Constant | 92,9 | 93,4 | 93,4 | 94,5 | 96,1 |
| | Tendanciel | 94,0 | 94,2 | 94,1 | 95,3 | 96,9 |
| | Alternatif | 94,0 | 94,3 | 94,1 | 95,3 | 96,9 |
| Sèvre amont | Constant | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Tendanciel | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Alternatif | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Sanguèze | Constant | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Tendanciel | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Alternatif | 99,9 | 99,9 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Maine | Constant | 95,3 | 95,3 | 96,1 | 96,7 | 96,9 |
| | Tendanciel | 94,4 | 94,4 | 95,3 | 96,1 | 96,5 |
| | Alternatif | 95,8 | 95,6 | 96,2 | 96,7 | 97,1 |
| Petite Maine | Constant | 99,1 | 99,0 | 99,7 | 99,6 | 99,6 |
| | Tendanciel | 97,5 | 97,6 | 98,3 | 98,7 | 98,9 |
| | Alternatif | 98,8 | 98,8 | 99,3 | 99,5 | 99,6 |
| Grande Maine | Constant | 96,3 | 96,2 | 96,8 | 96,9 | 97,3 |
| | Tendanciel | 91,7 | 92,0 | 94,3 | 94,5 | 94,8 |
| | Alternatif | 95,1 | 94,9 | 96,6 | 96,7 | 96,9 |
| Moine 2 | Constant | 99,9 | 99,9 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| | Tendanciel | 99,8 | 99,9 | 99,9 | 99,9 | 99,9 |
| | Alternatif | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |
| Moine 1 | Constant | 93,7 | 92,8 | 93,5 | 94,2 | 95,0 |
| | Tendanciel | 94,2 | 93,2 | 94,0 | 94,7 | 95,4 |
| | Alternatif | 94,4 | 93,6 | 94,2 | 94,8 | 95,8 |
| Ouin | Constant | 99,8 | 99,8 | 99,9 | 99,9 | 99,9 |
| | Tendanciel | 99,8 | 99,8 | 99,9 | 99,8 | 99,9 |
| | Alternatif | 99,9 | 99,9 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

L'usage AEP reste relativement préservé, même s'il existe une légère baisse du taux de satisfaction pour les scénarios climatiques C2 et B3 (Tableau 162).

Tableau 162 : Taux de satisfaction pour la période 2070 et les cinq modèles climatiques pour l'usage AEP

| UG | Scénario | Taux de satisfaction de l'AEP pour 2070 | | | | |
|-----------------|------------|-----------------------------------------|------|------|-------|-------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Sèvre moyenne 1 | Constant | 98,9 | 98,9 | 99,3 | 99,5 | 99,5 |
| | Tendanciel | 99,0 | 99,1 | 99,5 | 99,6 | 99,6 |
| | Alternatif | 99,1 | 99,1 | 99,5 | 99,6 | 99,6 |
| Grande Maine | Constant | 98,9 | 98,6 | 99,4 | 99,7 | 100,0 |
| | Tendanciel | 99,9 | 99,7 | 99,9 | 100,0 | 100,0 |
| | Alternatif | 100,0 | 99,8 | 99,9 | 100,0 | 100,0 |
| Moine 1 | Constant | 100,0 | 99,0 | 99,9 | 100,0 | 100,0 |
| | Tendanciel | 100,0 | 98,5 | 99,6 | 100,0 | 100,0 |
| | Alternatif | 100,0 | 98,9 | 99,8 | 100,0 | 100,0 |
| Ouin | Constant | 99,1 | 99,1 | 99,5 | 99,5 | 99,7 |
| | Tendanciel | 99,0 | 99,1 | 99,5 | 99,4 | 99,6 |
| | Alternatif | 99,5 | 99,3 | 99,6 | 99,7 | 99,8 |

Enfin, pour les usages industriels hors AEP (Tableau 163), des baisses de quelques pourcents sont à prévoir. Il convient de noter que, dans la plupart des cas, près de 10 % des besoins pour l'industrie ne seront pas satisfaits, ce qui peut avoir de l'importance pour certains secteurs comme l'agro-alimentaire.

Tableau 163 : Taux de satisfaction pour la période 2070 et les cinq modèles climatiques pour l'usage industriel hors AEP

| UG | Scénario | Taux de satisfaction de l'industrie hors AEP pour 2070 | | | | |
|--------------|------------|--------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Sèvre aval | Constant | 89,7 | 88,0 | 91,1 | 93,9 | 95,3 |
| | Tendanciel | 90,4 | 88,9 | 91,7 | 94,2 | 95,5 |
| | Alternatif | 91,2 | 89,4 | 92,6 | 94,8 | 96,2 |
| Sèvre amont | Constant | 90,1 | 88,4 | 91,5 | 94,2 | 95,5 |
| | Tendanciel | 90,7 | 89,2 | 92,0 | 94,4 | 95,7 |
| | Alternatif | 91,5 | 89,8 | 92,9 | 95,1 | 96,5 |
| Sanguèze | Constant | 82,5 | 81,5 | 81,0 | 85,2 | 88,6 |
| | Tendanciel | 84,2 | 83,5 | 82,9 | 86,6 | 89,6 |
| | Alternatif | 83,6 | 82,3 | 81,4 | 86,0 | 89,5 |
| Maine | Constant | 91,3 | 90,8 | 92,0 | 93,8 | 95,1 |
| | Tendanciel | 90,7 | 90,3 | 91,0 | 92,7 | 94,0 |
| | Alternatif | 93,4 | 92,3 | 93,3 | 94,8 | 96,5 |
| Petite Maine | Constant | 91,3 | 90,8 | 92,0 | 93,8 | 95,1 |
| | Tendanciel | 90,7 | 90,3 | 91,0 | 92,7 | 94,0 |
| | Alternatif | 93,4 | 92,3 | 93,3 | 94,8 | 96,5 |
| Grande Maine | Constant | 89,0 | 88,6 | 89,4 | 90,9 | 93,0 |
| | Tendanciel | 88,7 | 88,1 | 88,9 | 90,3 | 92,1 |
| | Alternatif | 91,6 | 90,2 | 91,2 | 92,4 | 94,6 |

| UG | Scénario | Taux de satisfaction de l'industrie hors AEP pour 2070 | | | | |
|---------|------------|--------------------------------------------------------|------|------|------|------|
| | | C2 | B3 | F4 | A1 | C1 |
| Moine 2 | Constant | 96,5 | 94,8 | 96,7 | 97,4 | 97,8 |
| | Tendanciel | 96,7 | 95,2 | 97,1 | 97,7 | 97,9 |
| | Alternatif | 97,9 | 96,4 | 97,6 | 98,3 | 98,6 |
| Ouin | Constant | 90,1 | 88,4 | 91,5 | 94,2 | 95,5 |
| | Tendanciel | 90,7 | 89,2 | 92,0 | 94,4 | 95,7 |
| | Alternatif | 91,5 | 89,8 | 92,9 | 95,1 | 96,5 |

5.4.3.9 Balance prélèvements / rejets

Pour finir, l'analyse des déséquilibres entre prélèvements et rejets (Figure 189 à Figure 193) montre des écarts similaires à ce qui était observé aux horizons précédents. Cependant, les écarts entre scénarios d'usages sont plus importants. Sur les UG pour lesquelles les rejets sont plus importants que les prélèvements comme l'UG Moine 2 par exemple, les scénarios tendanciel et alternatif semblent fournir plus de rejets que le scénario constant. Cela est dû au fait que l'augmentation de la population induit une augmentation des rejets de STEPs, d'autant que cette population arrivante est préférentiellement reliée au réseau d'assainissement collectif. Par contre, sur les UG pour lesquelles les prélèvements sont supérieurs aux rejets, les scénarios constant et alternatif sont assez proches tandis que davantage de prélèvements sont nécessaires au scénario tendanciel, notamment sur l'UG Moine 1 (prélèvement de Ribou).

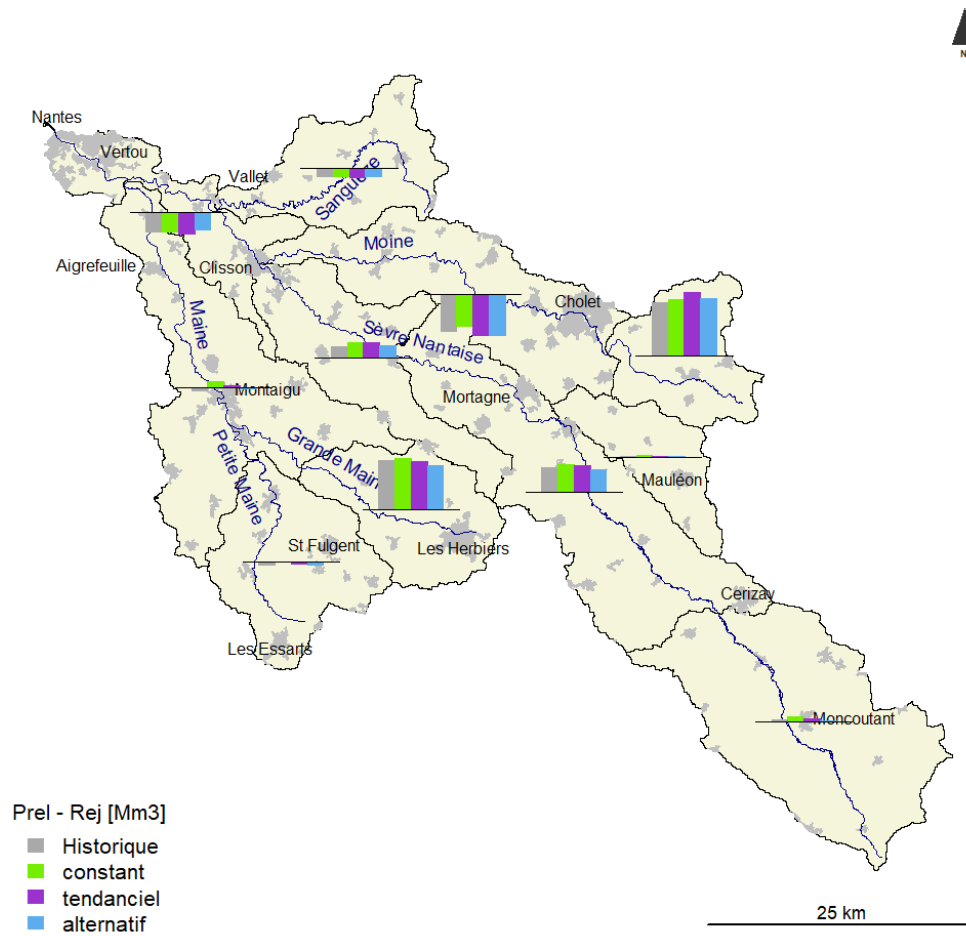


Figure 189 : Différence entre prélèvement et rejet pour chacun des scénarios à l'horizon 2070 et pour le modèle climatique C2. Pour chaque UG, si la barre se trouve au-dessus (au-dessous) de la droite noire, les prélèvements sont supérieurs (inférieurs) aux rejets

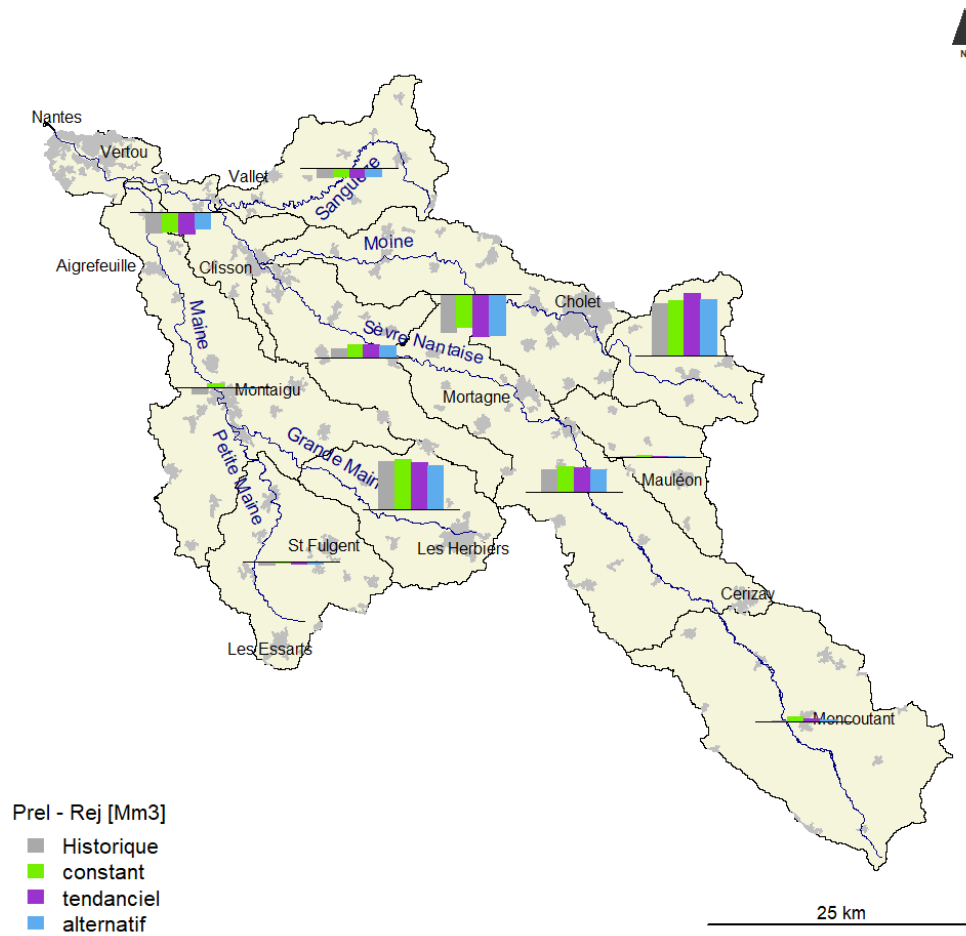


Figure 190 : Différence entre prélèvement et rejet pour chacun des scénarios à l'horizon 2070 et pour le modèle climatique B3. Pour chaque UG, si la barre se trouve au-dessus (au-dessous) de la droite noire, les prélèvements sont supérieurs (inférieurs) aux rejets

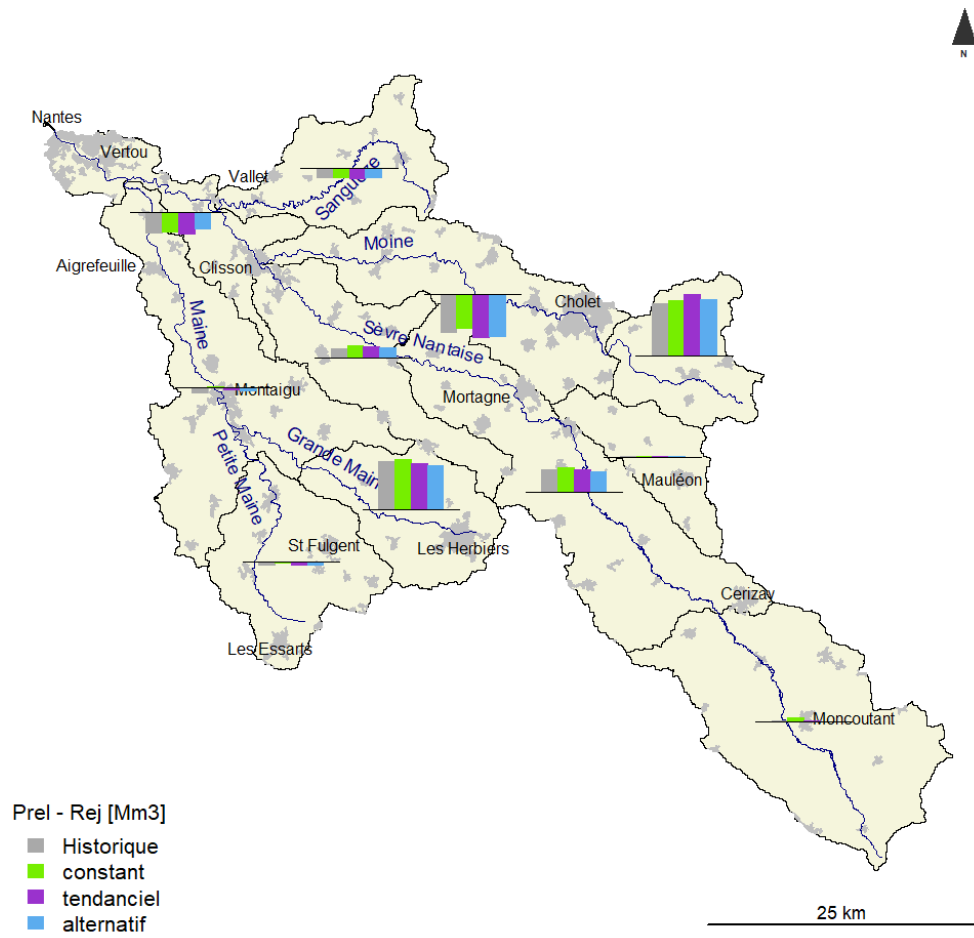


Figure 191 : Différence entre prélèvement et rejet pour chacun des scénarios à l'horizon 2070 et pour le modèle climatique F4. Pour chaque UG, si la barre se trouve au-dessus (au-dessous) de la droite noire, les prélèvements sont supérieurs (inférieurs) aux rejets

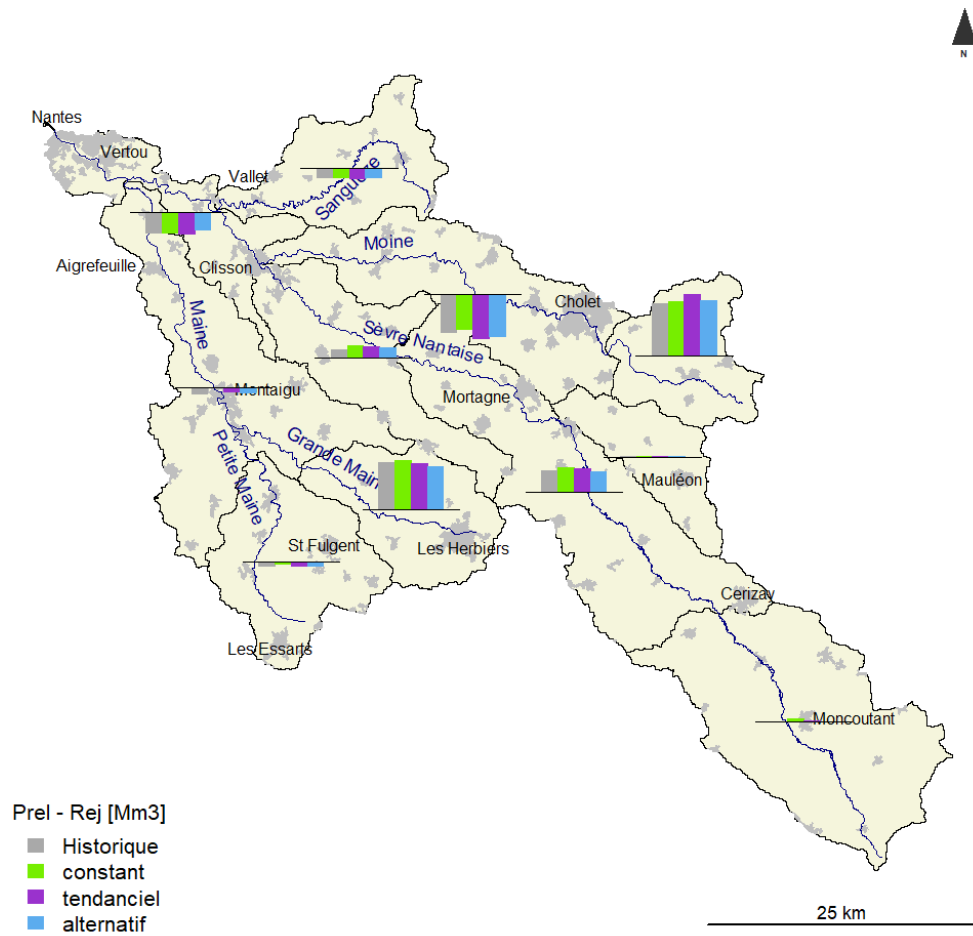


Figure 192 : Différence entre prélèvement et rejet pour chacun des scénarios à l'horizon 2070 et pour le modèle climatique A1. Pour chaque UG, si la barre se trouve au-dessus (au-dessous) de la droite noire, les prélèvements sont supérieurs (inférieurs) aux rejets

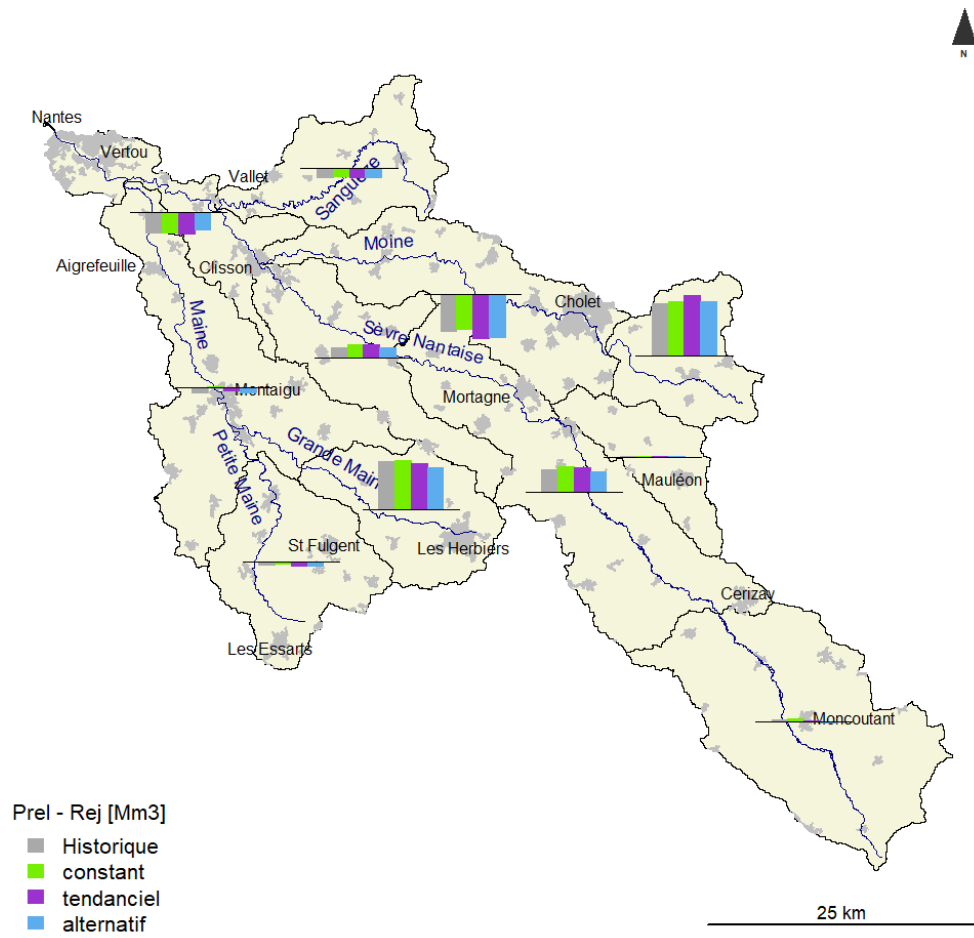


Figure 193 : Différence entre prélèvement et rejet pour chacun des scénarios à l'horizon 2070 et pour le modèle climatique C1. Pour chaque UG, si la barre se trouve au-dessus (au-dessous) de la droite noire, les prélèvements sont supérieurs (inférieurs) aux rejets

À retenir :

Comme pour 2030 et 2050, les évolutions de régime de débit du bassin seront similaires à l'horizon 2070 entre les débits influencés et désinfluencés. Selon la majorité des scénarios climatiques, les modules devraient stagner par rapport aux valeurs historiques (mais des baisses ou des hausses sont prévues par les scénarios B3 et C1, respectivement). Les QMNA5 vont baisser de manière importante sur la majorité des UG et pour la majorité des scénarios. Cependant, ils baisseront souvent moins que pour les débits désinfluencés. Le coût de cette atténuation devrait être la baisse des taux de satisfaction d'usages.

La période de basses eaux devrait, là encore, s'étendre par rapport à l'historique (très bas débits étendus à mai et 15 à 21 jours de retard de la reprise des écoulements en novembre pour tous les scénarios). Les étiages devraient être plus faibles globalement.

Comme aux horizons 2030 et 2050, les différents scénarios d'usages créeront peu de variabilité sur les hauts débits et les modules, et des différences marquées sur les bas débits et la satisfaction des usages. Le scénario tendanciel se détachera car il apportera moins de satisfaction des usages et des niveaux de retenues plus faibles. A l'inverse, les scénarios alternatif et constant auront tendance à se rapprocher en termes de satisfaction des usages car la substitution des cultures permettant de réduire la demande pour l'irrigation sera compensée par une augmentation de la demande pour l'AEP.

La baisse de la satisfaction des usages prévue pour 2070 devrait être plus importante qu'en 2050 et 2030. Des niveaux de satisfaction faibles (autour de 60 %) devraient être à prévoir pour la demande en eau des plantes. La difficulté de remplissage des retenues pourrait mener à ce qu'on ne puisse pas compenser entièrement ce déficit d'irrigation par du stockage hivernal. En effet, sur un certain nombre d'UG du bassin, le remplissage hivernal sera insuffisant pour permettre de créer tous les ans un stock hivernal correspondant à la capacité actuelle des retenues agricoles. Une augmentation de la capacité de retenues pourrait donc entraîner une probabilité de remplissage encore plus faible. De plus, le mois de novembre sera de moins en moins en capacité d'assurer une part importante de ce remplissage des retenues. L'ensemble des UG seront impactées à l'exception des UG Ouin et Moine 1.

5.4.4 Conclusion sur l'évolution des débits influencés

Concernant l'évolution des régimes de débits influencés, des conclusions similaires à celles qui se sont dégagées de l'analyse de l'évolution climatique des débits désinfluencés peuvent être établies : les hauts débits pourraient augmenter à court terme pour se stabiliser autour des valeurs historiques à long terme, les débits d'étiages et notamment les QMNA5 devraient constamment diminuer d'ici à 2100 jusqu'à atteindre des valeurs très faibles pour certaines UG et enfin la période de basses eaux devrait s'étendre pour inclure tout ou partie du mois de novembre. Cependant, si les scénarios d'usages ne semblent pas avoir une influence importante sur l'évolution des hauts débits, ils sont à prendre en compte dans l'évolution des bas débits.

Les restrictions de prélèvement et les rejets pourraient atténuer les diminutions de bas débits sans pour autant les empêcher totalement. Cependant, cette atténuation se fera au détriment de la satisfaction de la demande en eau pour ces usages. La demande pour l'irrigation et l'industrie (hors AEP) devrait, en particulier, être insuffisamment satisfaite dans certains cas. Par ailleurs, le remplissage des retenues et plans d'eau semble tendre à diminuer sur l'ensemble du bassin. Notamment, l'apport du mois de novembre au remplissage des plans d'eau d'irrigation, qui se situe entre 10 et 15 % sur la période historique, devrait progressivement et significativement baisser au cours du XXI^e siècle. C'est aussi le cas pour les retenues de Bultière (même si le changement de règles de gestion atténue la baisse sur ce réservoir), de Verdon et de Ribou, ce qui fait craindre de possibles enjeux de sécurité de l'AEP même si la demande pour cette dernière semble en général satisfaite.

La différence entre les trois scénarios d'usages s'observe principalement au regard de l'évolution des bas débits et de la satisfaction des usages. Le scénario tendanciel semble aboutir à des augmentations de prélèvements plus marquées et donc à des taux de satisfaction de la demande plus faibles bien qu'il ne conduise pas forcément à des bas débits plus faibles dans les cours d'eau du fait des mesures de limitations considérées. Le scénario alternatif donne de meilleurs résultats en termes de satisfaction, la substitution des cultures comme le blé et le maïs représentant probablement une justification majeure de ces meilleurs résultats. Cependant, à l'horizon 2070, le scénario alternatif est « rattrapé » par le scénario constant, probablement du fait de l'augmentation de la consommation AEP dans le cadre de ce scénario alternatif.

6 Bilan de la phase 3

Pour rappel, l'objectif de la phase 3 de l'étude HMUC est de caractériser l'évolution du climat et d'identifier les débits biologiques nécessaires au bon état des milieux sur le bassin versant. Cette analyse a eu pour but de réfléchir aux évolutions futures des usages de l'eau et à leur conséquence en termes de déficit hydrologique et de satisfaction des usages.

Le volet Milieux a permis, sur la base de 13 stations d'évaluation de débits biologiques, de définir une **gamme de débits environnementaux à l'exutoire des 11 unités de gestion, en tenant compte de la saisonnalité des besoins des milieux naturels** (les valeurs hors période de basses eaux étant données à titre indicatif). Ces débits environnementaux participeront, dans le cadre de la quatrième phase l'étude, à déterminer les Débits Objectif d'Étiage (DOE) et les Volumes Prélevables (VP).

Dans le cadre des volets Hydrologie, Climat et Usages, la réponse à ces objectifs s'est faite par la mise en place d'une **chaîne de modélisation ayant pour but de caractériser l'hydrologie et les usages futurs du bassin versant de la Sèvre Nantaise**. La période modélisée recouvre les années 1976 à 2100 et permet de comparer l'évolution du bassin jusqu'à la fin du siècle par rapport à l'historique. La chaîne est constituée d'un scénario d'émissions futures de gaz à effet de serre (le RCP 8.5) qui alimente des modèles climatiques (couples de modèles globaux et régionaux) afin de modéliser les variables climatiques futures (précipitation, température et évapotranspiration potentielle). Ces variables permettent d'alimenter le modèle hydrologique mis en place lors de la phase 2 et des modèles d'usages proposés dans cette phase 3, permettant de modéliser les débits influencés et désinfluencés sur le bassin.

La mise en place de cette chaîne de modélisation a permis de faire une **analyse prospective du futur du bassin**, c'est-à-dire que les évolutions climatiques et d'usages futurs ont été scénarisées pour établir un ensemble de futurs possibles. Bien que le spectre de possibilités explorées ait été maximisé, il est important de noter qu'il s'agit de possibilités et non de prévisions du futur. L'objectif ici est d'analyser l'évolution possible du bassin plutôt que de prédire des valeurs de variables hydrologiques à plus ou moins long terme.

Au total, 20 scénarios ont été considérés, ces scénarios sont des combinaisons de 5 scénarios climatiques et 3 scénarios d'usages (auquel s'ajoute un scénario d'usages nuls permettant l'analyse des débits désinfluencés). Les scénarios climatiques ont été sélectionnés afin de couvrir le plus largement possible le spectre des projections du projet national Explore 2 en termes d'évolutions saisonnières de précipitations et de températures. Les scénarios d'usages ont été obtenus **en concertation** avec les acteurs du bassin. Une proposition, reposant sur l'analyse de documents prospectifs nationaux et locaux, a été amendée avant d'être validée au cours d'ateliers thématiques puis avec le comité technique de l'étude HMUC (en mars et avril dernier). **Ce processus de concertation a abouti à la création de 3 scénarios d'usages :**

- Un scénario constant visant à reproduire les usages passés sur la période future.
- Un scénario tendanciel reprenant les tendances d'usages de l'eau enregistrées sur ces dernières années ainsi que les projets d'évolution actés.
- Un scénario alternatif, reposant sur le scénario tendanciel, mais auquel ont été appliquées des stratégies permettant, pour certaines, de diminuer l'impact sur la ressource mais aussi, pour d'autres, de conserver le tissu économique du bassin.

D'un point de vue hydrologique, les résultats de cette analyse prospective montrent une **baisse généralisée des débits d'étiage sur le bassin (quel que soit le scénario)** ainsi qu'un **allongement de la période de basses eaux** qui, selon le scénario, devrait s'étendre de façon plus ou moins importante au mois de novembre. Pour les hauts débits, l'évolution prévue par les différents scénarios climatiques est plus contrastée. Cependant, une majorité de scénarios s'accordent sur une stagnation à long terme (horizon 2070) par rapport à la période historique.

Du point de vue des usages, l'analyse montre une baisse des taux de satisfaction sur l'ensemble du bassin et pour l'ensemble des scénarios. L'irrigation devrait être l'usage le plus touché car la demande devrait augmenter du fait des hausses d'évapotranspiration potentielle, et la ressource disponible devrait diminuer en période de bas débits. De plus, l'analyse a montré que la ressource disponible en hautes eaux suffira de moins en moins à assurer le stockage hivernal de manière régulière. D'autres usages, comme l'AEP, devraient souffrir de moindres baisses de taux de satisfactions du fait de leur statut d'usage prioritaire. L'augmentation de la consommation AEP prévue pour les scénarios tendanciel et alternatif (progression de la population) devrait cependant contribuer indirectement à des déséquilibres de satisfaction des usages entre UG. Le scénario alternatif pourrait permettre de combler en partie ces déséquilibres par la substitution de cultures au moyen d'espèces dont les besoins en eau sont moindres.

Enfin, l'analyse a montré que, si l'évolution des usages avait un impact sur les basses eaux et en termes de satisfaction des usages, les débits seront en général plus sensibles aux évolutions de scénarios climatiques dont l'impact général sur l'hydrologie est plus fort. Cela souligne que l'adaptation au changement climatique, si elle a un intérêt non négligeable, ne peut pas entièrement compenser les mesures d'atténuation de nos émissions de gaz à effet de serre. Cependant, il est indéniable que des modifications des usages ont un impact certain sur les ressources et sur le taux de satisfaction de ces usages.

Les résultats de cette phase 3 serviront de base pour la dernière phase du projet (phase 4 : « Quantification des volumes prélevables et programme d'actions »). L'un des objectifs de cette dernière phase sera de redéfinir les volumes prélevables, les débits objectifs d'étiages et de proposer une évolution, si nécessaire, des débits réglementaires. Ces calculs s'appuieront en grande partie sur les débits biologiques établis durant cette phase 3. Ils seront aussi resitués au regard des projections climatiques proposées au cours de cette phase. Les résultats de l'analyse prospective, bien qu'ils ne soient pas directement utilisés pour la phase 4, seront un outil de discussion permettant d'orienter les décisions futures.

7 Références

- Baptist, F., N. Poulet and N. Séon-Massin (Coordinateurs) (2014). Les poissons d'eau douce à l'heure du changement climatique: état des lieux et pistes pour l'adaptation. Collection Comprendre pour agir, Onema: 128 p.
- Beaufort, A., F. Moatar, E. Sauquet, P. Loicq and D. M. Hannah (2020). "Influence of landscape and hydrological factors on stream-air temperature relationships at regional scale." *Hydrological Processes* 34(3): 583-597.
- Comte, L. and G. Grenouillet (2015). "Distribution shifts of freshwater fish under a variable climate: comparing climatic, bioclimatic and biotic velocities." *Diversity and Distributions* 21(9): 1014-1026.
- Comte, L., J. D. Olden, P. A. Tedesco, A. Ruhi and X. L. Giam (2021). "Climate and land-use changes interact to drive long-term reorganization of riverine fish communities globally." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 118(27).
- Cormont S., Gonzalez G., Massard P., Favriou P., Roy R. 2020. Etude comportementale du brochet en vallée de Meuse. Rapport d'étude Fédération de pêche 55 et AERM. 126p.
- Dorchies, D., Thirel, G., Jay-Allemand, M., Chauveau, M., Dehay, F., Bourgin, P.-Y., Perrin, C., Jost, C., Rizzoli, J.-L., Demerliac, S., Thépot, R., 2014. Climate change impacts on multi-objective reservoir management: case study on the Seine River basin, France. *International Journal of River Basin Management*, 12(3): 265-283, <https://doi.org/10.1080/15715124.2013.865636>.
- Explore2070 (2012). Vulnérabilité des milieux aquatiques et de leurs écosystèmes. Etude de la répartition des poissons d'eau douce, MEDDE/Biotope: 81 p.
- Graveline, N. (2015) Prospective et prise de décision robuste pour la construction des programmes d'action de préservation de la ressource en eau. Rapport final. BRGM/RP-64719-FR
- Grimaud, M. 2020. Etude du brochet et de ses frayères sur la Seine. Mémoire de stage 43p.
- IPCC, 2014. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White. ed. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2021. Summary for Policymakers. In *Climate Change 2021 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou, Cambridge university press. Édition.
- Legrand, M., C. Briand, L. Buisson, T. Besse, G. Artur, D. Azam, A. Baisez, D. Barracou, N. Bourre, L. Carry, A. L. Caudal, J. Corre, E. Croguennec, S. D. Mikaelian, Q. Josset, L. Le Gurun, F. Schaeffer, R. Toussaint and P. Laffaille (2021). "Diadromous fish modified timing of upstream migration over the last 30 years in France." *Freshwater Biology* 66(2): 286-302.
- Lemaitre-Basset, T., 2020. Présentation orale, comité de thèse de première année.

Morel, M., H. Pella, F. Branger, E. Sauquet, G. Grenouillet, J. Cote, I. Braud and N. Lamouroux (2023). "Catchment-scale applications of hydraulic habitat models: Climate change effects on fish." *Ecohydrology* 16(3).

Oberdorff, T. (2022). "Time for decisive actions to protect freshwater ecosystems from global changes." *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*(423).

Ovidio, M. & Philippart, J. 2005. Long range seasonal movements of northern pike (*Esox lucius* L.) in the barbel zone of the River Ourthe (River Meuse basin, Belgium). In *Aquatic telemetry: advances and applications*. Rome, FAO/COISPA. 295p.

Robin, Y., Corre, L., Marson, P., Bernus, S., Vrac, M., Thao, S. Projections climatiques régionalisées : correction de biais et changements futurs. Rapport de projet Explore2. 62 p.
<https://doi.org/10.57745/99X4CD>

Santos, L., Thomas, A., Mounereau, L. et Thirel, G. 2022. Etude HMUC : Rapport Phase 1 – Analyse des données et définition des besoins complémentaires. 115 p. <https://hal.inrae.fr/hal-03962321>

Santos, L., Tales, E., Bluche, E., Thomas, A., Mounereau, L. et Thirel, G. 2023. Etude HMUC : Rapport Phase 2 – Etat des lieux / Diagnostic / Constitution de la modélisation. 324 p. <https://hal.inrae.fr/hal-04008873>

Sauquet, E., Y., Arama, E., Blanc-Coutagne, H., Bouscasse, F., Branger, I., Braud, J.-F., Brun, J., Cherel, T., Cipriani, T., Datry, A., Ducharme, F., Hendrickx, B., Hingray, F., Krowicki, I., Le Goff, M., Le Lay, C., Magand, F., Malerbe, T., Mathevet, A., Mezghani, C., Monteil, C., Perrin, P., Poulhe, A., Rossi, R., Samie, P., Strosser, G., Thirel, F., Tilmant, J.-P., Vidal, 2016. Le partage de la ressource en eau sur la Durance en 2050 : vers une évolution du mode de gestion des grands ouvrages duranciens ? *La Houille Blanche*, (5), 25-31, <https://doi.org/10.1051/lhb/2016046>.

Smith, P, 1992. CROPWAT: a computer program for irrigation planning and management. Version 5.7. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Souchon, Y. and L. Tissot (2012). "Synthesis of thermal tolerances of the common freshwater fish species in large Western Europe rivers." *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*(405).

Soutif-Bellenger, 2023. Eau, agriculture, changement climatique. Apports de la modélisation intégrée agro-hydrologique pour l'adaptation. Thèse de doctorat. INRAE Antony.

Soutif-Bellenger, M., Thirel, G., Therond, O., Villerd, J., 2023. As simple as possible but not simpler?: the case of irrigation modeling at catchment scale in southwestern France, 41, pages 713–736, <https://doi.org/10.1007/s00271-023-00846-x>

Thirel, G., Gerlinger, K., Perrin, C., Drogue, G., Renard, B., Wagner, J.-P., 2019. Quels futurs possibles pour les débits des affluents français du Rhin (Moselle, Sarre, Ill) ? *La Houille Blanche*, 5-6 140-149, <https://doi.org/10.1051/lhb/2019039>.

Thirel, G., Collet, L., Rousset, F., Delaigue, O. François, D., Gailhard, J., Le Lay, M., Perrin, C., Reverdy, M., Samacoits, R., Terrier, M., Vidal, J.-P., Wagner, J.-P., 2021. Projet CHIMERE 21. CHIers – Meuse : Evolution du RégimE hydrologique au 21e siècle. Rapport final. Agence de l'Eau Rhin-Meuse, convention n° 17C08004. 23/04/2021. 152 pp. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03206168>.

8 Acronymes utilisés

AEP : Alimentation en Eau Potable

BNPE : Banque Nationale des Prélèvements en Eau

BRGM : Bureau de Recherche Géologique et Minière

CEMAGREF : CEntre national du Machinisme Agricole du Génie Rural, des Eaux et des Forêts

CET : Évapotranspiration culturale maximale

CLE : Commission Locale de l'Eau

CMIP5 : Coupled Model Intercomparison Project number 5

CMIP6 : Coupled Model Intercomparison Project number 6

COTECH : COmité TECHnique

CropWat : Modèle agronomique formé des mots Crop (culture) et Wat (pour Water, l'eau)

DCR : Débit de Crise

DOE : Débit Objectif d'Étiage

DSA : Débit Seuil d'Alerte

EPTB : Etablissement Public Territorial de Bassin

ETP : Évapotranspiration Potentielle

GCM : General Circulation Model

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (se dit IPCC en anglais)

GR : modèle du Génie Rural

GR4J : modèle GR journalier à 4 paramètres

GR6J : modèle GR journalier à 6 paramètres

HMUC : Hydrologie, Milieux, Usages, Climat

HydroConcept : Bureau d'études en environnement des milieux aquatiques

INRA : Institut National de Recherche Agronomique

INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'alimentation et l'Environnement

IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change (se dit GIEC en français)

Irstea : Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture

Kc : Coefficient cultural

PTGE : Plan Territorial de Gestion des Eaux

QMNA2 : Débit Mensuel miNimal Annuel de période de retour 2 ans

QMNA5 : Débit Mensuel miNimal Annuel de période de retour 5 ans

RCM : Regional Climate Model

RCP : Representative Concentration Pathway

SAFEGE : Société Anonyme Française d'Etudes de Gestion et d'Entreprises

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SAR : Seuil d'Accroissement des Risques

SAU : Surface Agricole Utile

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SDGRE : Schéma Départemental de Gestion de la Ressource en Eau

Sispea : Système d'Information des Services Publics d'Eau et d'Assainissement

SPU : Surface Pondérée Utile

SSP : Shared Socioeconomic Pathways

STEP : STation d'EPuration

UG : Unité de Gestion

VCN3(5) : Volume Consécutif miNimal sur 3 jours, avec une période de retour de 5 ans

VCN10 : Volume Consécutif miNimal sur 10 jours