



HAL
open science

Cibler, mettre en oeuvre et évaluer la lutte contre les pertes des réseaux d'eau potable dans le but de préserver la ressource en eau : impacts de la réduction des pertes sur les ressources (bilan eau) et sur l'environnement (bilan des effets) - Etude de cas : réalisation du bilan eau du SIAEP de Nanthiat

Julie Pillot, Eddy Renaud

► **To cite this version:**

Julie Pillot, Eddy Renaud. Cibler, mettre en oeuvre et évaluer la lutte contre les pertes des réseaux d'eau potable dans le but de préserver la ressource en eau : impacts de la réduction des pertes sur les ressources (bilan eau) et sur l'environnement (bilan des effets) - Etude de cas : réalisation du bilan eau du SIAEP de Nanthiat. [Rapport de recherche] irstea. 2015, pp.49. hal-02605753

HAL Id: hal-02605753


<https://hal.inrae.fr/hal-02605753>

Submitted on 16 May 2020

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.

Programmation 2015 – L'eau en espace urbanisé - Action 07



Cibler, mettre en œuvre et évaluer la lutte contre les pertes des réseaux d'eau potable dans le but de préserver la ressource en eau

Impacts de la réduction des pertes sur les ressources (bilan eau) et sur l'environnement (bilan des effets)

Etude de cas : Réalisation du bilan eau du SIAEP de Nanthiat

Complément au rapport final

Julie PILLOT (Irstea)

Eddy RENAUD (Irstea)

Décembre 2015

Document élaboré dans le cadre de la convention ONEMA –Irstea 2013-2015

En partenariat avec le Ministère de l'Environnement, du Développement Durable et de l'Énergie

- **AUTEURS**

Julie PILLOT, Ingénieure (Irstea – équipe GPIE)

Eddy RENAUD, Ingénieur (Irstea – équipe GPIE), eddy.renaud@irstea.fr

- **CORRESPONDANTS**

ONEMA : Bénédicte AUGÉARD, Direction de l'Action Scientifique et Technique,
benedicte.augeard@onema.fr

Irstea : Eddy RENAUD, Ingénieur, eddy.renaud@irstea.fr

Droits d'usage : Libre

Niveau géographique : national

Couverture géographique : France

Niveau de lecture : Elus, professionnels, experts

• **SOMMAIRE**

1. Présentation du syndicat	4
2. Bilan volumique du système d'AEP en 2013	8
2.1. Volumes du système d'AEP	8
2.2. Les volumes collectés par les systèmes d'assainissement	8
3. Présentation des hypothèses de destination des rejets	11
4. Le contexte des ressources en eau sur le territoire du syndicat	12
4.1. Les masses d'eau souterraines	12
4.2. Les masses d'eau superficielles	14
4.2.1. les cours d'eau	14
4.2.2. Les bassins versants des cours d'eau	15
4.2.3. Les zones de répartition des eaux (ZRE)	15
4.3. Eléments de caractérisation de la ressource : L'Isle à Sarrazac	17
5. Répartition géographique des volumes rejetés	18
6. Bilan de la réalimentation des masses d'eau	21
6.1. Impacts du système d'AEP sur ses ressources en eau	21
6.2. Discussion sur la méthode de répartition des volumes	24
6.3. Incertitudes associées aux exports	27
6.4. Analyse par unité de distribution (UDI)	27
6.5. Intérêt de la réalimentation de la ressource selon la localisation du rejet... ..	29
7. Bilan sur la période d'étiage	31
7.1. L'étiage de l'Isle au mois d'août	31
7.1.1. Evolution de l'évapotranspiration potentielle (ETP)	32
7.1.2. Bilan volumique du système sur le mois d'étiage	32
7.2. Ajustement des hypothèses de rejet	33
7.3. Bilan eau sur le mois d'étiage	34
7.3.1. Modes de rejets	34
7.3.2. Réalimentation des ressources	34
7.3.3. Etude du décalage temporelle entre prélèvement et rejet	35
8. Effet de la réduction des pertes sur la réalimentation des ressources	36
9. Conclusion	38
10. Glossaire	39
11. Sigles & Abréviations	41
12. Sources & Références	43
13. Table des illustrations	45
14. Annexe : Mesures hydrométriques à la station de Cognac sur l'Isle	47

1. Présentation du syndicat

Le Tableau 1 suivant présente les éléments caractéristiques du SIAEP de Nanthiat.

Avec une densité d'abonnés de 8.7 abonnés/km de réseau, le SIAEP de Nanthiat est rural. D'après le référentiel de l'agence de l'eau Adour Garonne, sa performance est jugée bonne (ILP < 1.5 m³/km/j) (Renaud, 2009).

Bien qu'en zone de répartition des eaux, le seuil de rendement imposé par la réglementation n'est pas majoré car le syndicat prélève annuellement moins de 2 millions de m³.

Le rendement de distribution est calculé de la manière suivante en utilisant les valeurs issues du RAD de l'exercice 2013, récapitulées sur la Figure 1.

$$R = \frac{V_{\text{lus}} + V_{\text{ed}} + V_{\text{nld-service}}}{V_{\text{pro}} + V_{\text{id}}}$$

Avec :

- V_{lus} le volume livré aux usagers comprenant :
 - o Les volumes livrés sur chaque commune en 2013 donnés dans le RAD pour une période moyenne de relevé des compteurs des abonnés de 334 jours, et annualisés sur 364 jours ;
 - o Les volumes consommés non comptés pour les essais des poteaux d'incendie, estimés à 440 m³ par l'exploitant ;
- V_{ed} le volume exporté sur l'année 2013 ;
- V_{nld-service} le volume utilisé pour les besoins d'exploitation du service ;
- V_{pro} le volume produit sur l'année 2013 à la « station Nanthiat Pont du Château » ;
- V_{id} le volume importé sur l'année 2013 ;

Avec un rendement de distribution de 66.5%, le syndicat a tout juste atteint son seuil réglementaire de rendement en 2013 (aux volumes de services près). En 2012, le syndicat avait un rendement de 62.3% (Saur, 2012). La production d'un plan d'actions de réduction des pertes n'est pas obligatoire d'après les valeurs de 2013 mais la conformité à la réglementation est fragile.

Tableau 1 : Eléments de présentation du SIAEP de Nanthiat

Caractéristiques	2013
Nombre de communes adhérentes	12
Nombre d'abonnés	3074
Linéaire de réseau hors branchement (km)*	353.5
Rendement de distribution (%)	66.5
ILC	2.12
ILP	1.07
ZRE	Oui
Volume prélevé > 2 Mm ³	Non
Seuil réglementaire de rendement : 0.65 + 0.2 x ILC	65.42 %

*Le linéaire de réseau a été calculé sur le SIG (somme des longueurs des tronçons du réseau). Cela représente une différence positive de 1% par rapport à la valeur du linéaire renseigné dans le RAD (Saur, 2013).

Les caractéristiques des communes adhérentes au SIAEP de Nanthiat sont présentées dans le Tableau 2 suivant.

Tableau 2 : Présentation des communes adhérentes du SIAEP de Nanthiat – extrait RAD 2013

Commune	Nombre d'abonnés	Nombre de branchements	Volume AEP (m3) <i>(sur 334 jours en moyenne)</i>
Clermont-d'excideuil	180	183	11 867
Corgnac-sur-l'isle	378	381	24 903
Dussac	247	250	14 650
Eyzerac	297	300	23 513
Nantheuil	503	507	37 516
Nanthiat	150	153	11 465
Saint-germain-des-pres	355	357	24 647
Saint-jory-las-bloux	54	57	3 782
Saint-pantaly-d'excideuil	92	95	6 345
Saint-paul-la-roche	317	322	31 836
Saint-sulpice-d'excideuil	238	239	13 022
Sarrazac	282	287	20 794
Total	3 093	3 131	224 340

Le syndicat a une ressource propre, la prise en rivière (PER) « Pont du Château » de la rivière l'Isle, située sur la commune de Sarrazac, et réalise un import depuis le SIAEP de Excideuil pour l'alimentation d'une partie de la commune de St-Pantaly d'Excideuil. Les principales caractéristiques de ces captages sont récapitulées dans le Tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3 : Les ressources d'eau du SIAEP de Nanthiat

Dénomination de l'exploitant	Pont du Château	La Pinsonnelle
CNPE	07357X0003	07594X0016/L.26
Type de captage	Prise en rivière	Forage
Masse d'eau de rattachement	L'Isle du confluent de la Valouse au confluent de l'Auvezère (FRFR50)	Calcaires jurassiques BV Isle-Dronne secteurs hydro p6-p7 (FRFG003)
Exploitant	SIAEP de Nanthiat	SIAEP de Excideuil

Dénomination de l'exploitant	Pont du Château	La Pinsonnelle
DUP	Oui	Non communiqué
Autorisation de prélèvement	31.4 L/s 1 800 m ³ /jour	
Capacité de production	2 800 m ³ /jour	
Débit d'exploitation	130 m ³ /h	
Filière de traitement	Conventionnelle : traitement primaire, filtration sur sable, désinfection	

Le SIAEP de Nanthiat exporte une partie de sa production vers des syndicats voisins. Les exports sont présentés dans le Tableau 4 et localisés sur la Carte 2.

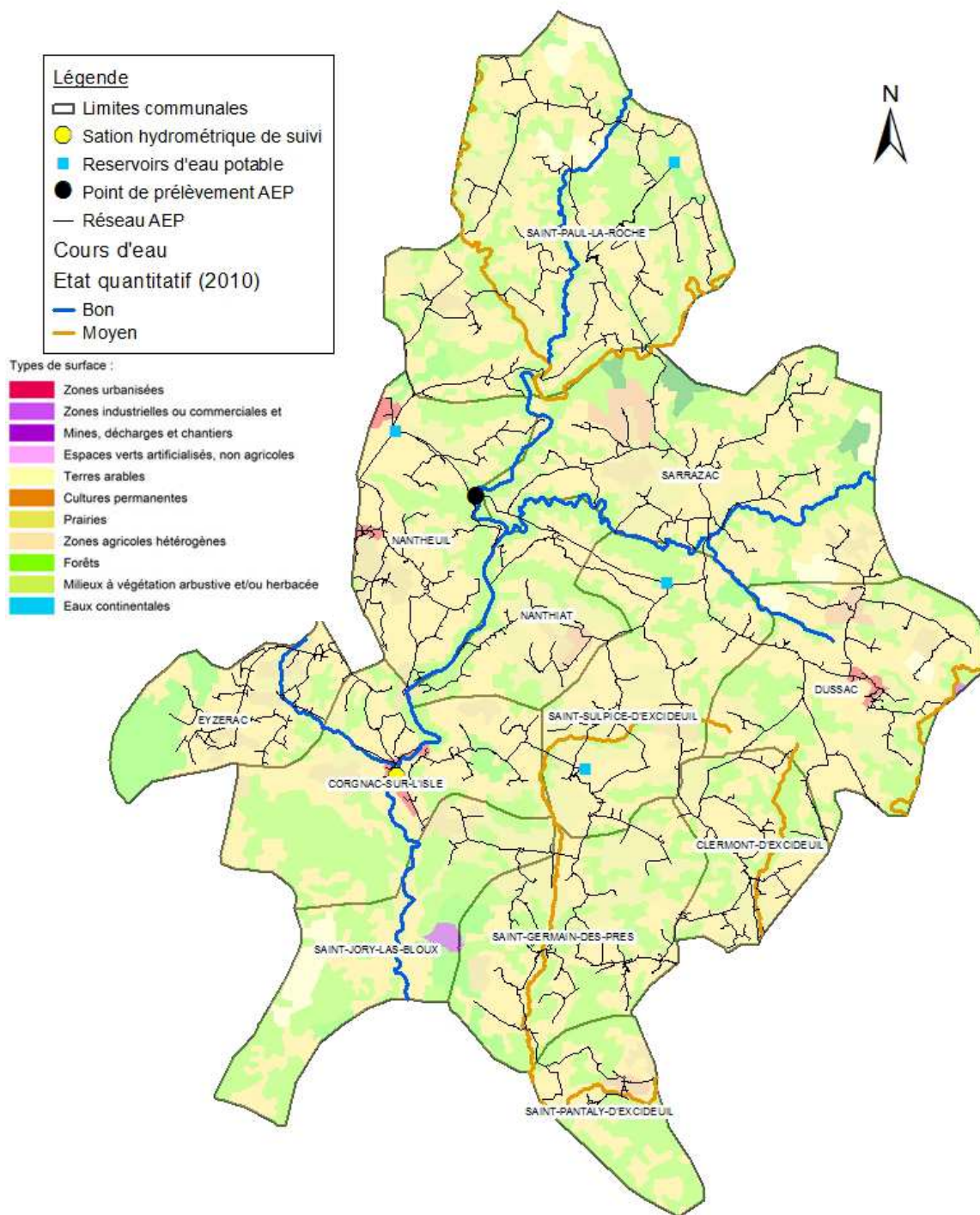
Tableau 4 : Les exports du SIAEP de Nanthiat

Destinataire	Dénomination de l'exploitant du point de vente	Indication sur la destination de l'eau exportée (source : RAD)
SIAEP de Excideuil	Les Roches	Desserte permanente de quartiers de la commune d'Excideuil
	Vauzelle	
	Le Faureau	
Thiviers	Marimont	Interconnexion : <i>les réservoirs de la ville peuvent être alimentés par le syndicat</i>
	Tuquet	Alimentation de la zone industrielle
Jumilhac-Le-Grand		Alimentation du sud de la commune

La Carte 1 présente le système d'AEP du syndicat dans son environnement superficiel. L'état des cours d'eau, représenté sur la carte par le code couleur, est l'état rapporté en 2010 par l'agence de bassin (Adour-Garonne), dans le cadre de l'évaluation de la directive cadre sur l'eau (DCE). L'occupation du sol provient de la base nationale CORINE Land Cover dans sa version de 2006.

On constate notamment que le système d'AEP du SIAEP de Nanthiat ne couvre que très partiellement certaines commune du sud du syndicat (Cognac sur l'Isle, Saint Jory Las Bloux et Saint Pantaly d'Excideuil).

La caractéristique « rural » du syndicat est confirmé par la représentation de l'occupation du sol, avec très peu de surfaces urbanisées et industrielles (en rouge et violet) et une part importante de forêts et de d'espaces agricoles (en vert et brun).



SIAEP de Nanthiat

Carte 1 : Le système d'AEP du SIAEP de Nanthiat et son environnement

2. Bilan volumique du système d'AEP en 2013

2.1. Volumes du système d'AEP

Le bilan volumique du système est dressé à partir des données figurant dans le RAD et le RPQS de l'exercice 2013. Les volumes consommés sont donnés pour chaque commune adhérente au syndicat pour la période moyenne entre deux relevés de compteur des abonnés (334 jours en moyenne en 2013). Les volumes livrés sur chaque commune ont été rapportés à 364 jours afin de présenter un bilan cohérent avec les autres volumes du système d'eau potable, présentés Figure 1.

On considère un taux de fuite après livraison aux usagers autorisé de 5% (Lamonerie, 2013).

2.2. Les volumes collectés par les systèmes d'assainissement

Afin d'identifier la destination finale de l'eau potable livrée, les systèmes d'assainissement des abonnés du service d'eau potable doivent être identifiés et localisés.

Une partie de l'eau livrée aux abonnés du service d'eau potable est collectée après usage pour être dépolluée avant rejet au milieu naturel. Un taux de collecte (Tc) à l'assainissement de 91% pour chaque abonné du système d'AEP a été appliqué. Cela correspond à un Tc moyen d'après les études (Allaoui, 2014) et (Fisnot, 2015) pour lesquelles l'information sur les raccordements à l'assainissement collectif était disponible.

Les stations d'épuration (STEP) traitant les effluents domestiques des communes du SIAEP de Nanthiat ont été identifiées et localisées d'après le SIE du bassin Adour Garonne et le portail de l'assainissement communal. Elles sont localisées sur la Carte 3.

Le taux de raccordement (TxR) représente la part des abonnés du service d'eau potable dont les effluents domestiques sont traités par une STEP donnée.

Tableau 5 : L'assainissement collectif des usagers du SIAEP de Nanthiat

Commune	Code STEP	Filière de traitement	Mode de rejet au milieu naturel	Taux de raccordement (TxR)	Méthode de calcul de TxR
Corgnac-sur-l'isle	0524134V001	Filtre planté	Ecoulement	19%	Voir (1)
Dussac	0524158V001	Filtre planté	Ecoulement	20%	Voir (1)
Nantheuil	0524304V001	Filtre planté	Ecoulement	4%	Voir (2)
Saint-pantaly-d'excideuil	0524476V001	Filtre planté	Mixte	27%	Voir (1)
Saint-paul-la-roche	0524481V001	Filtre planté	Infiltration	19%	Voir (1)
Saint-sulpice-d'excideuil	0524505V001	Filtre planté	Infiltration	29%	Voir (2)

Commune	Code STEP	Filière de traitement	Mode de rejet au milieu naturel	Taux de raccordement (TxR)	Méthode de calcul de TxR
Sarrazac	0524522V001	Filtre planté	Infiltration	14%	Voir (2)

(1) Obtenu en rapportant la charge maximale en entrée de STEP (exprimée en EH) au nombre d'abonnés communaux au service d'AEP du SIAEP de Nanthiat.

(2) Obtenu en rapportant le nombre d'abonnés raccordés à la STEP figurant dans le RPQS d'assainissement au nombre d'abonnés du service d'eau potable de la commune correspondante.

Le reste des abonnés du système d'AEP est considéré raccordé à un système d'assainissement autonome, conforme à la réglementation. Le rejet se fait sur le lieu de la livraison de l'eau potable.

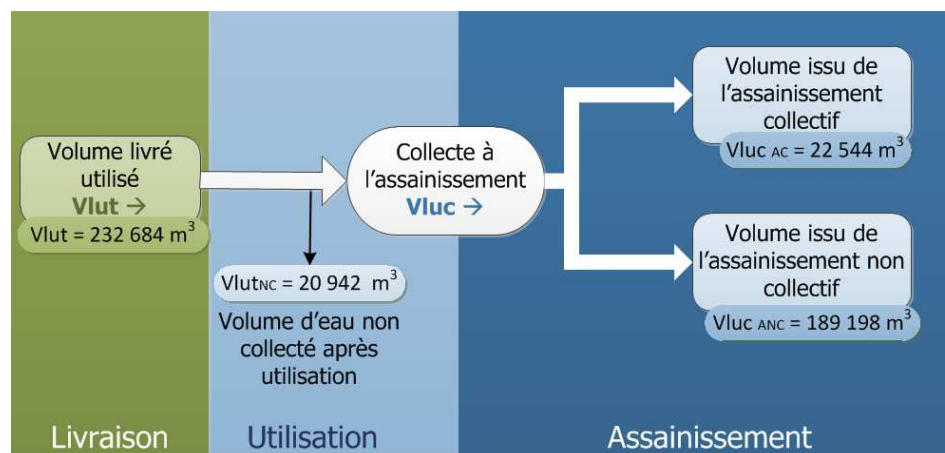
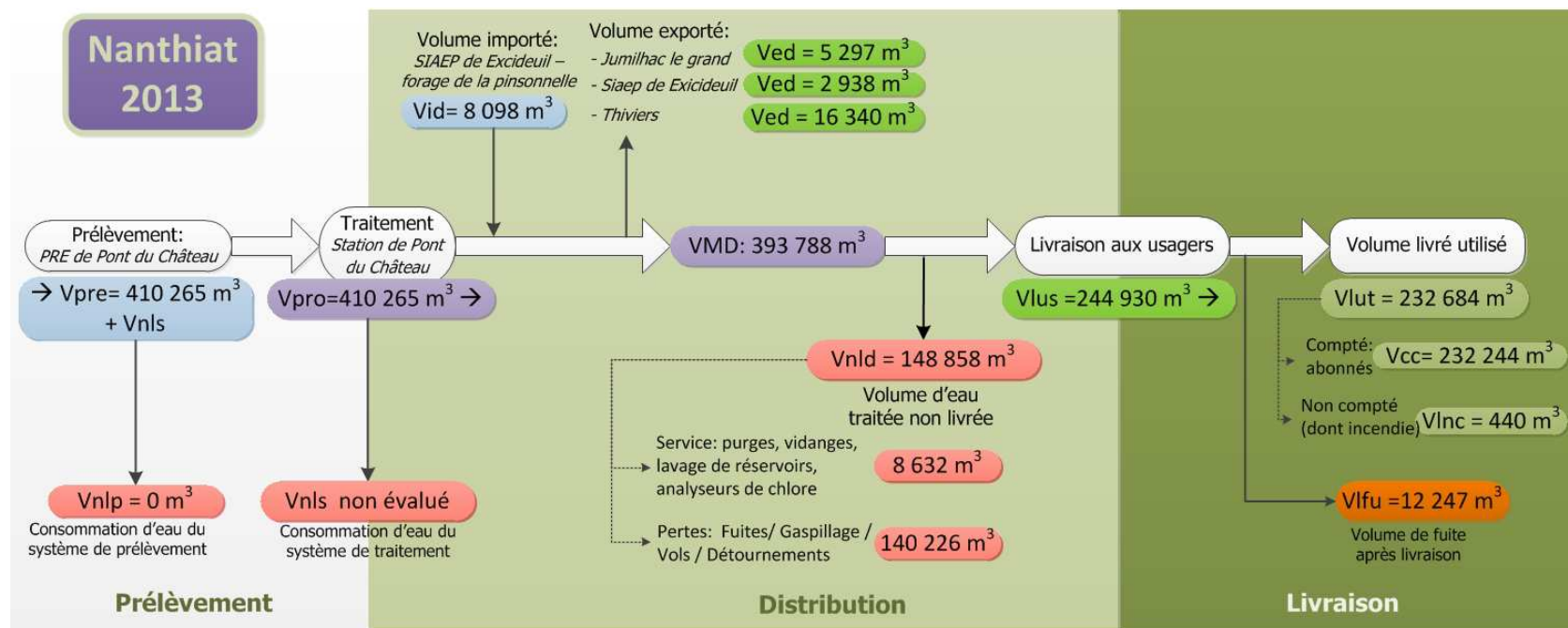


Figure 1 : Représentation schématique des volumes livrés et non livrés par le SIAEP de Nanthiat

3. Présentation des hypothèses de destination des rejets

Le retour de l'eau au milieu naturel se fait par 3 modes :

- Infiltration dans une masse d'eau affleurant à la surface
- Ecoulement dans un bassin versant ou rejet direct dans un cours d'eau (masse d'eau de surface)
- Evapotranspiration : transpiration par le couvert végétal et évaporation au niveau du sol

La répartition de chaque volume quantifié, représenté sur la Figure 1, par mode de rejet est calculée à l'aide des taux de rejet présentés dans le Tableau 6 ci-dessous.

Afin d'identifier les masses d'eau destinataires des rejets, des hypothèses sur la localisation des rejets sont également formulées dans le Tableau 6 pour chaque volume.

Tableau 6 : Hypothèses de mode de rejet des volumes livrés et non livrés par le SIAEP de Nanthiat

Usage de l'eau		Taux de rejet			Localisation	Justification
		Infiltration	Evapotranspiration	Ecoulement	Répartition géographique des volumes	
Service/Exploitation réseau (Vnld – service)		0.4	0.1	0.5	Voir (1)	
Fuites réseau (Vnld – pertes)		0.95	0.05	0.0		Réseau enterré
Vlus	Consommation sans comptage (Vlnc)	0.1	0.3	0.6		lavage voirie : pluvial Sanitaires public : AC centre ville Fontaines : évapotranspiration
	Fuites après livraison (Vlfu)	0.95	0.05	0.0	Réseau enterré	
	Vlut	Non collecté	0.10	0.9	0.0	Ce qui n'est pas collecté + faibles débits
		ANC	0.42	0.11	0.47	Selon l'étude ANC de La Réole (Allaoui, 2014)
	AC	FPR – rejet écoulement	0.1	0.3	0.6	au point de rejet de la STEP
FPR – rejet infiltration		0.6	0.3	0.1	mention de « infiltration » dans la description du milieu récepteur	

(1) Ces volumes sont considérés être consommés de manière uniforme en tout point du réseau (voir paragraphe 5)

(2) Ces volumes sont calculés pour chaque commune et considérés uniformément répartis sur ces communes. (voir paragraphe 5)

En affectant ces taux de rejet aux volumes correspondants, on obtient la répartition du volume prélevé par le syndicat selon les modes de rejet (Figure 2). Dans le cas du SIAEP de Nanthiat, l'infiltration des rejets représente près des 60% du volume prélevé. La part évapotranspirée n'est pas négligeable du fait de l'assainissement par des systèmes extensifs.

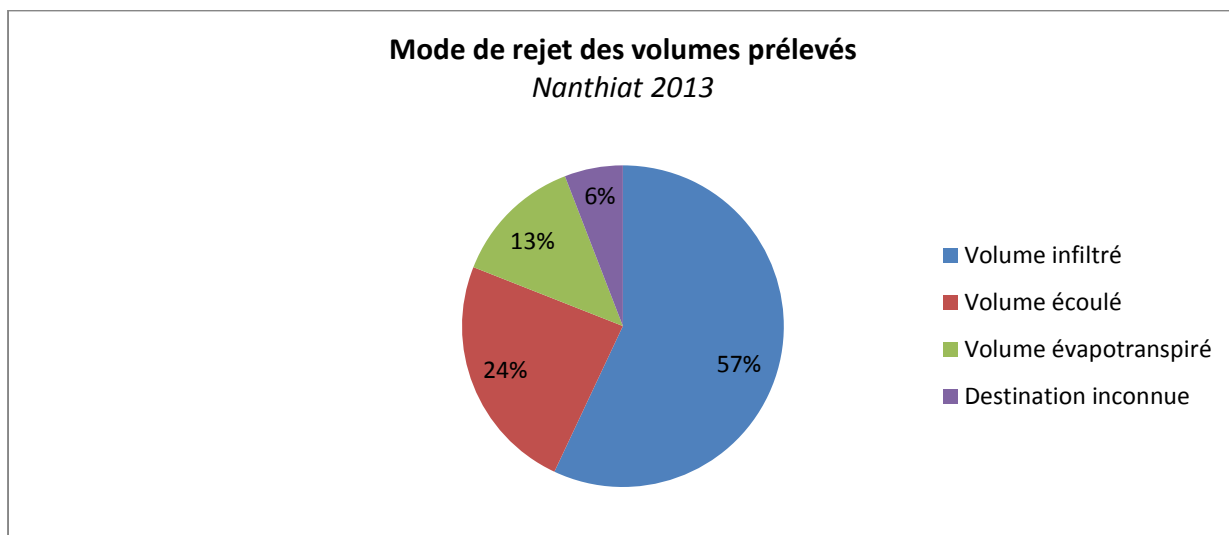
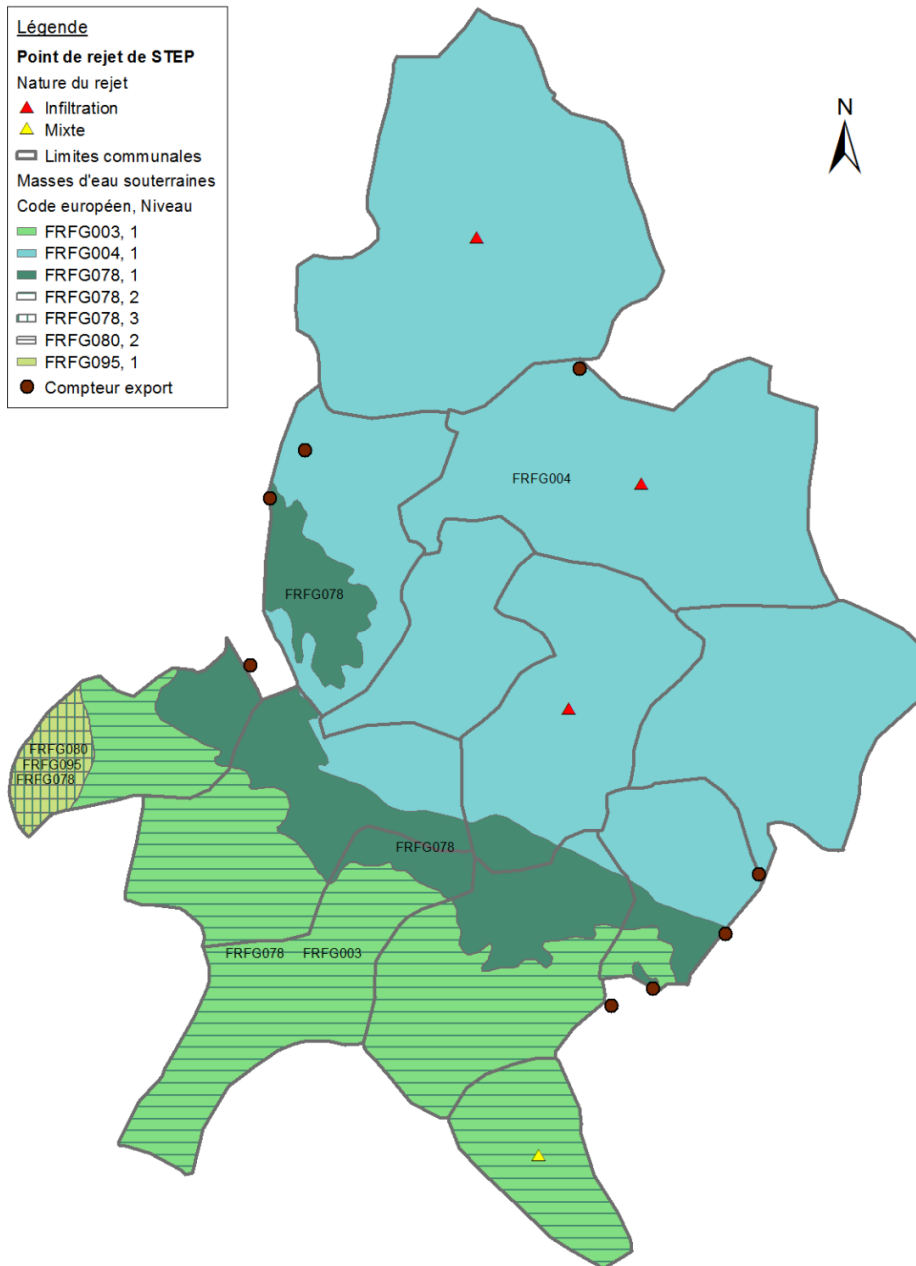


Figure 2 : Répartition du volume prélevé brut par mode de rejet

4. Le contexte des ressources en eau sur le territoire du syndicat

4.1. Les masses d'eau souterraines

La Carte 2 présente les masses d'eau souterraines (MESO) sur le périmètre du SIAEP de Nanthiat. Le niveau d'une MESO correspond à la superposition des masses d'eau ; le niveau 1 est donné à la masse d'eau qui affleure à la surface. Le Tableau 7 récapitule pour chaque MESO à l'affleurement ou ressource du SIAEP de Nanthiat le code et le nom et l'état quantitatif estimé pour le rapportage de la DCE en 2010.



Carte 2 : Les masses d'eau souterraines sur le territoire du SIAEP de Nanthiat

Tableau 7 : Les masses d'eau souterraines affleurantes ou ressource du SIAEP de Nanthiat

Code européen	Nom de la masse d'eau souterraine	Etat quantitatif (rapportage DCE 2010)	Etat chimique (rapportage DCE 2010)
FRFG003	Calcaires jurassiques BV Isle-Dronne secteurs hydro p6-p7	Bon (pression de l'usage AEP moyenne)	Mauvais (pesticides) – objectif d'atteinte du BE en 2027
FRFG004	Socle BV Isle-Dronne secteurs hydro p6-p7	Bon	Bon
FRFG078	Sables, grès, calcaires et dolomies de l'infra-toarcien	Bon (pression de l'usage AEP moyenne)	Mauvais (nitrates, pesticides) - objectif d'atteinte du BE en 2027
FRFG080	Calcaires du jurassique moyen et supérieur captif	Mauvais (test balance "recharge/prélèvements" médiocre ; pression de l'usage AEP forte) – objectif d'atteinte du BE en 2027	Bon
FRFG095	Calcaires, grès et sables du turonien-coniacien-santonien libre BV Isle-Dronne	Bon (pression de l'usage AEP moyenne)	Mauvais (nitrates, pesticides) - objectif d'atteinte du BE en 2027

4.2. Les masses d'eau superficielles

4.2.1. les cours d'eau

Le Tableau 8 ci-dessous récapitule les masses d'eau de surface de type cours d'eau partiellement ou totalement incluses dans le périmètre du syndicat, représentées sur la Carte 3. Les aspects quantitatifs de la gestion des masses d'eau de surface sont évalués par l'état écologique des masses d'eau dans le cadre de la DCE, du fait de l'impact des débits et des niveaux des cours d'eau sur les écosystèmes.

Tableau 8 : Les masses d'eau de surface sur le territoire du SIAEP de Nanthiat

Code européen	Nom de la masse d'eau de surface de type cours d'eau	Etat écologique (rapportage DCE 2010)
FRFR30	La Côte du confluent du Touroulet au confluent de la Queue d'Ane	Médiocre – objectif de d'atteinte du BE en 2015 (pression domestique forte)
FRFRR48_3	Le Pontillou	Moyen
FRFRR48_4	Le Ravillou	Moyen
FRFR48	La Loue du confluent de la Balance (incluse) au confluent de l'Isle	Moyen – objectif de d'atteinte du BE en 2027
FRFR49	L'Isle de sa source au confluent de la Valouse	Moyen – objectif de d'atteinte du BE en 2021

Code européen	Nom de la masse d'eau de surface de type cours d'eau	Etat écologique (rapportage DCE 2010)
FRFR50	L'Isle du confluent de la Valouse au confluent de l'Auvezère	Bon – objectif de d'atteinte du BE en 2021
FRFR536	Le Lavaud de sa source au confluent de l'Isle	Bon
FRFR538	La Valouse de sa source au confluent de l'Isle	Moyen – objectif de d'atteinte du BE en 2027
FRFR50_2	Ruisseau de Chadourgnac	Bon
FRFR536_1	Le Boucheron	Bon
FRFR538_1	La Rochille	Bon

4.2.2. Les bassins versants des cours d'eau

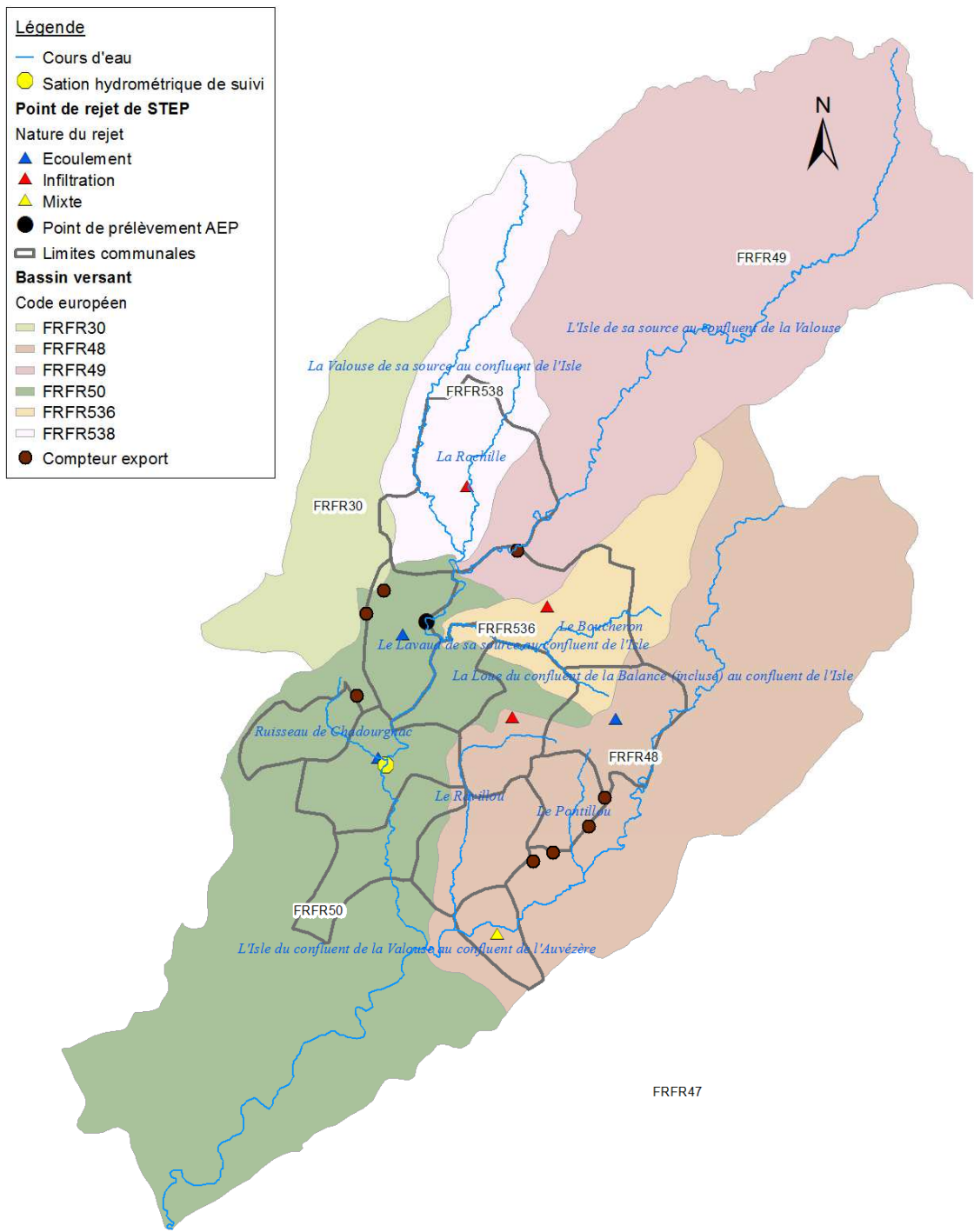
Les bassins versants des grandes masses d'eau, représentés sur la Carte 3 et répertoriés dans le Tableau 9, sont les surfaces dont les écoulements superficiels rejoignent les masses d'eau de surface et les très petites masses d'eau désignant leurs affluents (par exemple Le Pontillou pour La Loue).

Tableau 9 : Les bassins versants des masses d'eau de surface du SIAEP de Nanthiat

Code européen	Nom de la masse d'eau de surface alimentée par le bassin versant	Etat chimique (rapportage DCE 2010)
FRFR30	La Côte du confluent du Touroulet au confluent de la Queue d'Ane	Non classé – objectif de d'atteinte du BE en 2015
FRFR48	La Loue du confluent de la Balance (incluse) au confluent de l'Isle	Non classé – objectif de d'atteinte du BE en 2015
FRFR49	L'Isle de sa source au confluent de la Valouse	Bon
FRFR50	L'Isle du confluent de la Valouse au confluent de l'Auvezère	Bon
FRFR536	Le Lavaud de sa source au confluent de l'Isle	Non classé – objectif de d'atteinte du BE en 2015
FRFR538	La Valouse de sa source au confluent de l'Isle	Non classé – objectif de d'atteinte du BE en 2015

4.2.3. Les zones de répartition des eaux (ZRE)

Une zone de répartition des eaux est définie lorsqu'est constatée une insuffisance, autre qu'exceptionnelle, des ressources par rapport aux besoins. L'ensemble du territoire est classée en **ZRE superficielle** (n°05241).



Carte 3 : Les bassins versants et les cours d'eau du territoire du SIAEP de Nanthiat

4.3. Eléments de caractérisation de la ressource : L'Isle à Sarrazac

La station hydrométrique la plus proche de la prise d'eau est Cognac sur l'Isle (voir Carte 1). L'étude sur la ressource réalisée par le bureau d'étude *Hydraulique environnement* dans le cadre de l'étude diagnostique du réseau d'eau potable du SIAEP de Nanthiat réalisée en 2013 a fourni les éléments et les définitions présentés dans le Tableau 10.

Tableau 10 : Caractérisation de l'état quantitatif de l'Isle à Sarrazac

Indicateur		Débit (m3/s)
Débit moyen à Pont du Château	Module	5.3
	A l'étiage (août – septembre)	1.8
	Aux plus hautes eaux (janvier)	9
Caractérisation de l'étiage	DOC de Cognac-sur-l'Isle	0.66
	DCR de Cognac sur l'Isle	0.26
	Débit minimum biologique	inconnu
	Débit minimal pour prélever ¹	0.57
	Débit réservé à Pont du Château	0.53
Sollicitation pour l'AEP	Prélèvement moyen annuel	0.042

Le **Débits d'Objectifs d'Etiage** (DOE) définit le niveau en deçà duquel il est nécessaire de mettre en œuvre des mesures correctives.

Le **Débit d'Objectif Complémentaire** (DOC) est un objectif supplémentaire au DOE définit dans le SDAGE, qui est fixé aux points nodaux par un PGE ; dans ce cas, il s'agit du PGE Isle-Dronne et du point nodal « L'Isle à Bénnevent ».

Le **Débit De Crise** (DCR) correspond au niveau en deçà duquel la préservation des milieux aquatiques est mise en péril.

Le **débit minimum biologique** fixé à l'ouvrage ne doit pas être inférieur à une valeur plancher, le **débit minimal pour prélever** qui est en règle générale le 10^{ème} du module interannuel du cours d'eau.

Le module correspond à la moyenne des débits annuels au point considéré d'un cours d'eau.

Le **débit réservé** est la valeur du débit instantané qu'un ouvrage établi dans le lit d'un cours d'eau doit laisser transiter à son aval immédiat. Cette valeur de débit réservé doit correspondre à la plus forte valeur entre le débit minimum biologique et le débit plancher.

La Figure 3 suivante présente l'évolution mensuelle du prélèvement par le SIAEP de Nanthiat pour l'AEP et le débit de la ressource. On met ainsi en évidence que le pic de demande d'eau potable a lieu à l'étiage du cours d'eau. Le débit de l'Isle est alors très proche du débit minimal pour prélever. **Il y a donc un fort enjeu d'accès à la ressource en eau à l'étiage.**

¹ Débit réservé + Prélèvement pour l'AEP ; le DOC à Cognac-sur-l'Isle est respecté : Débit réservé à Cognac sur l'isle (0.643) + prélèvement AEP (0.042) > DOC à Cognac sur l'Isle (0.66)

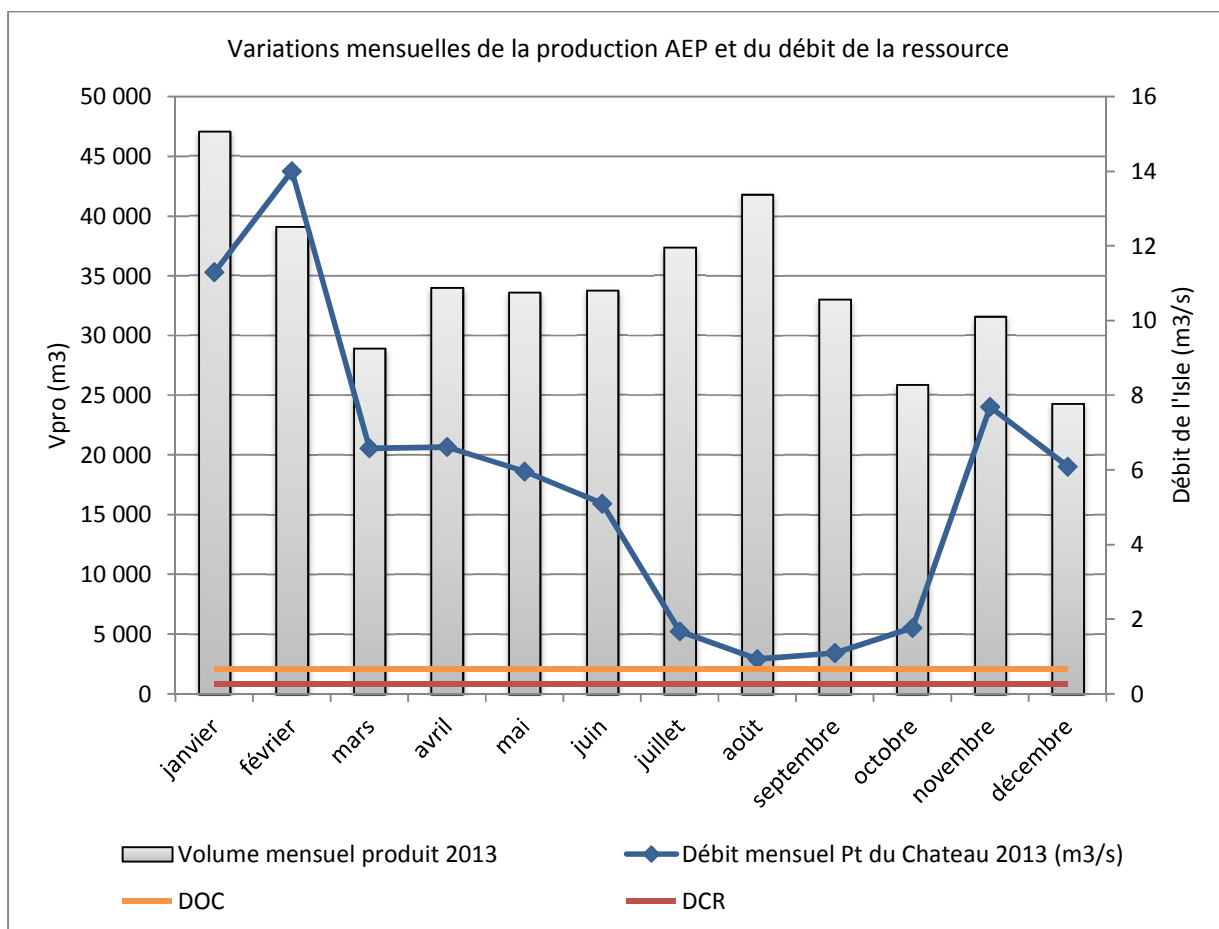


Figure 3 : Mise en évidence de la problématique de ressource en eau à l'été

5. Répartition géographique des volumes rejetés

Afin d'identifier les masses d'eau réalimentées par les volumes rejetés en de multiples points (autre que le rejet en sortie de STEP), il est nécessaire d'évaluer la répartition territoriale des points de rejets. Pour cela, 3 méthodes ont été testées avec un niveau croissant d'information et dont les résultats sont discutés ici :

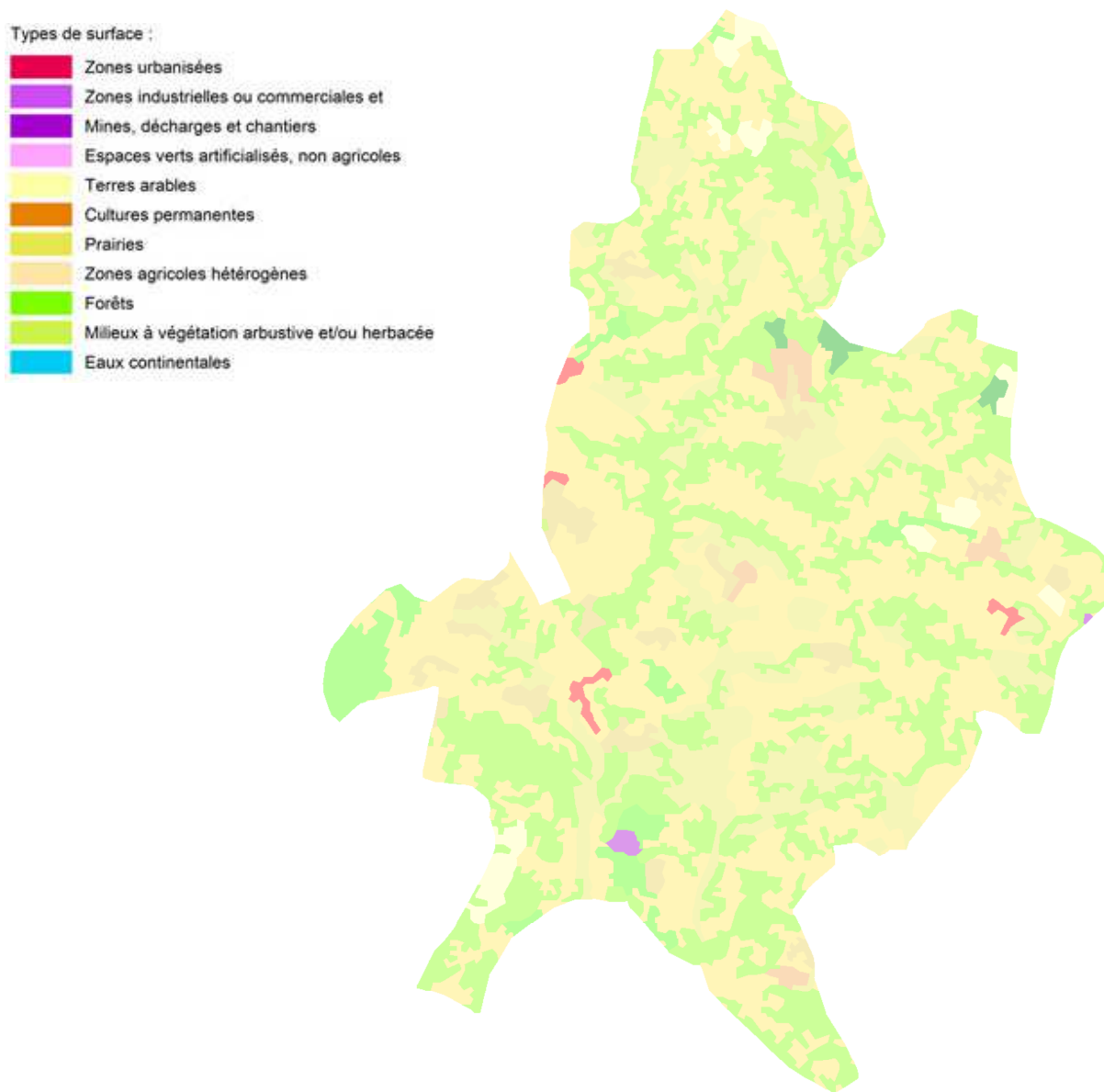
- **Méthode 1** : Répartition uniforme du volume rejeté sur le territoire administratif (= surface) où se fait le rejet ; en pratique le syndicat d'AEP pour les volumes non livrés et les communes pour les volumes livrés ;

Cette méthode suppose que le territoire est occupé uniformément par le réseau d'eau potable. Or il peut y avoir des zones sans réseau d'eau potable (forêts, zones cultivées, etc.), notamment en milieu rural comme c'est le cas du SIAEP de Nanthiat.

- **Méthode 2** : Répartition uniforme du volume rejeté sur le territoire urbanisé (= surfaces occupées) où se fait le rejet) ;

Les « surfaces occupées » sont obtenues en excluant les surfaces du territoire qui ne sont généralement pas traversées par le réseau d'eau potable, grâce aux données d'occupation du sol du référentiel CORINE Land Cover (CLC- 2006) représentées sur la Carte 4 :

- les forêts (catégorie 3 du référentiel CLC)
- les surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants (catégorie 246 du référentiel CLC)



Carte 4 : Occupation du sol sur le territoire du SIAEP de Nanthiat (source: CLC 2006)

Cependant, comme on a pu le constater sur la Carte 1, le réseau d'AEP n'est pas uniformément réparti sur le territoire. Notamment, certaines communes ne sont que partiellement alimentées par ce réseau.

- Méthode 3 : Répartition uniforme du volume rejeté sur le linéaire de réseau d'eau potable correspondant au rejet (en pratique, le réseau du syndicat pour les Vnld et le réseau communal pour les Vlus - Figure 1)

Ces méthodes nécessitent de superposer dans un SIG :

- les masses d'eau et les bassins versants associés d'une part (Carte 2 et Carte 3),
- les surfaces du système (frontières du syndicat, des communes), ainsi que le référentiel CLC pour la méthode 2 ou le réseau d'AEP pour la méthode 3, comme présenté sur la Carte 1.

On calcule ensuite les intersections entre les deux jeux de données afin d'obtenir la part de la surface, ou du linéaire de réseau, du système (syndicat ou commune) qui est incluse dans la MESO ou le BV.

Le résultat est présenté pour la méthode 3 (répartition selon le linéaire de réseau d'AEP) sur les Figure 4, Figure 5, Figure 6 et Figure 7 suivantes.

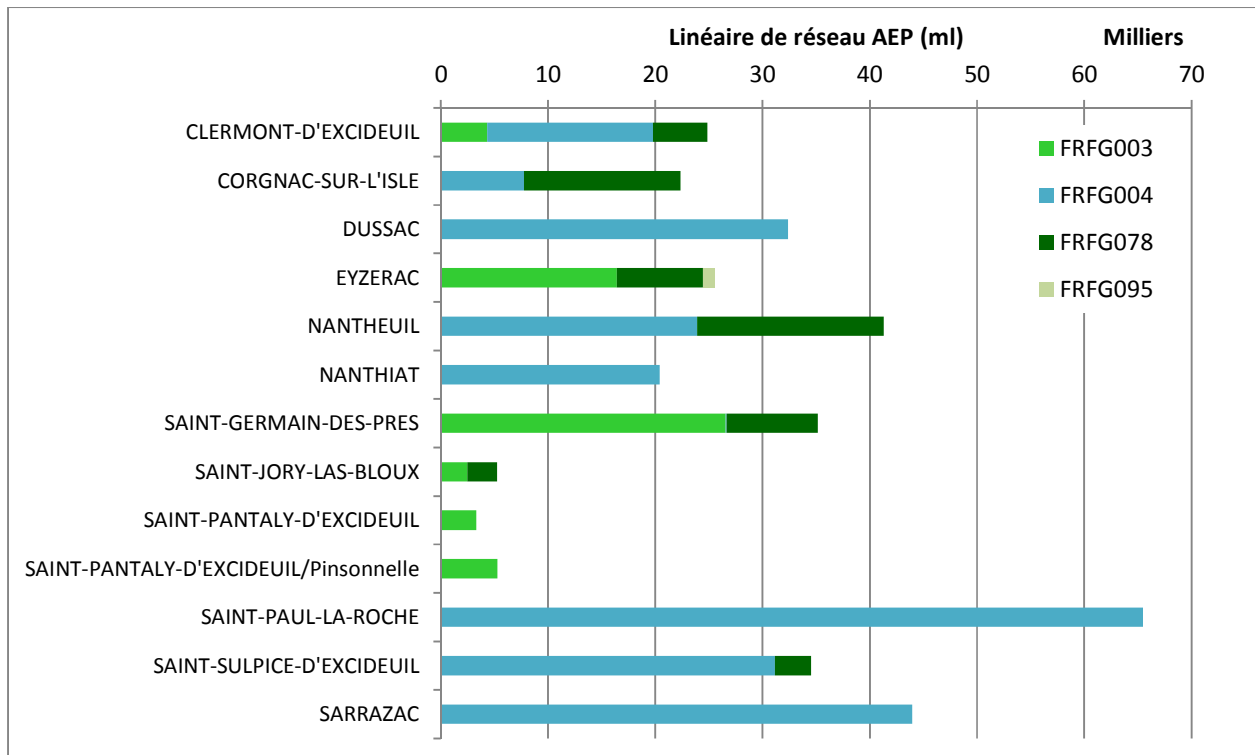


Figure 4 : Répartition du linéaire de réseau des communes sur les masses d'eau souterraines à l'affleurement

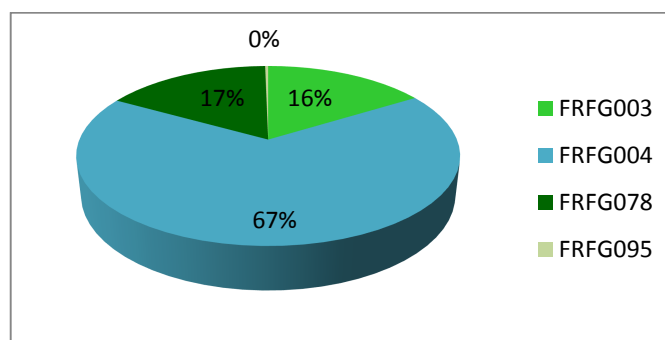


Figure 5 : Répartition du linéaire de réseau du SIAEP de Nanthiat sur les masses d'eau souterraines à l'affleurement

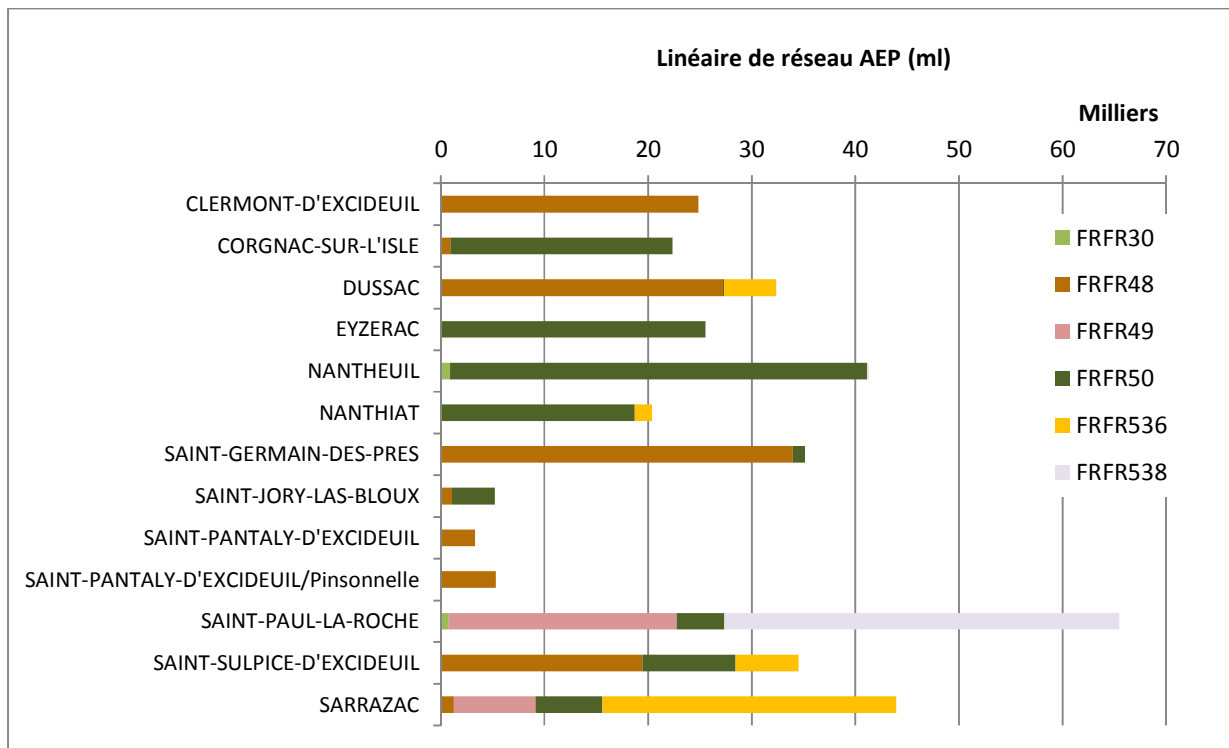


Figure 6 : Répartition du linéaire de réseau de chaque commune sur les bassins versants

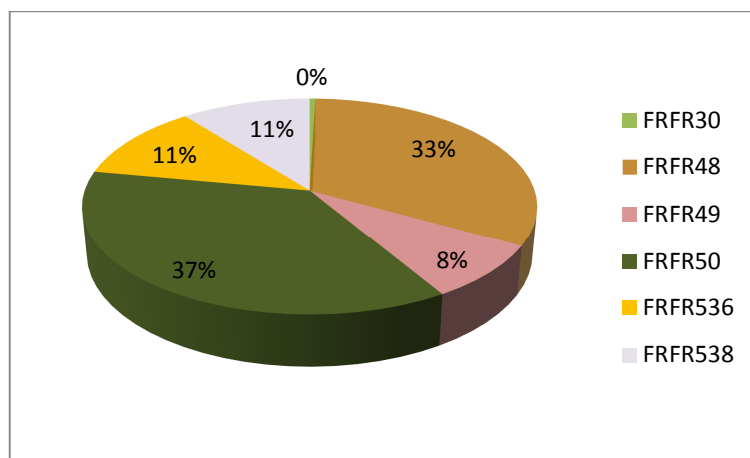


Figure 7 : Répartition du linéaire de réseau du SIAEP de Nanthiat sur les bassins versants

6. Bilan de la réalimentation des masses d'eau

6.1. Impacts du système d'AEP sur ses ressources en eau

La localisation des rejets et l'identification du mode de rejet permettent de quantifier les volumes de réalimentation (VR) des masses d'eau ressources du SIAEP de Nanthiat. Le taux de réalimentation (TR) est défini comme le rapport du volume de réalimentation (VR) sur le volume prélevé brut (VPB = $V_{pre} +$

Vid), calculé pour le système ou par ressource. Le volume prélevé net (VPN) est le volume prélevé brut, réalimentation déduite (VPB – VR). Ces indicateurs sont présentés dans le Tableau 11.

Tableau 11 : Indicateurs de la réalimentation des ressources par les rejets du SIAEP de Nanthiat

Indicateur	Intitulé	Bilan 2013
V _{PB}	Volume prélevé brut	418 363
VR	Volume de réalimentation des ressources :	91 275
VR[FRFR50]	L'Isle du confluent de la Valouse à l'Auvezère	49 113
VR [FRFG003]	Calcaires jurassique du BV Isle Dronne	42 162
TR	Taux de réalimentation des ressources :	22%
TR[FRFR50]	L'Isle du confluent de la Valouse à l'Auvezère	12%
TR [FRFG003]	Calcaires jurassique du BV Isle Dronne	521%
V _{PN}	Volume prélevé net	327 088

Les calcaires jurassique du BV Isle-Dronne, ressource importée du syndicat, sont davantage réalimentés par les rejets infiltrés du SIAEP de Nanthiat que ce qu'ils ne sont sollicités (TR > 100%).

La réalimentation de la masse d'eau FRFR50 – L'Isle se fait majoritairement par les rejets des volumes livrés collectés et traité en ANC (taux de rejet par écoulement : 47%), Figure 8. La réalimentation par les volumes non livrés représente 0,4% du volume prélevé dans cette ressource, et il s'agit en grande partie des volumes de service. En conséquence, les actions de réduction des pertes permettront une économie nette quasi-totale de la ressource.

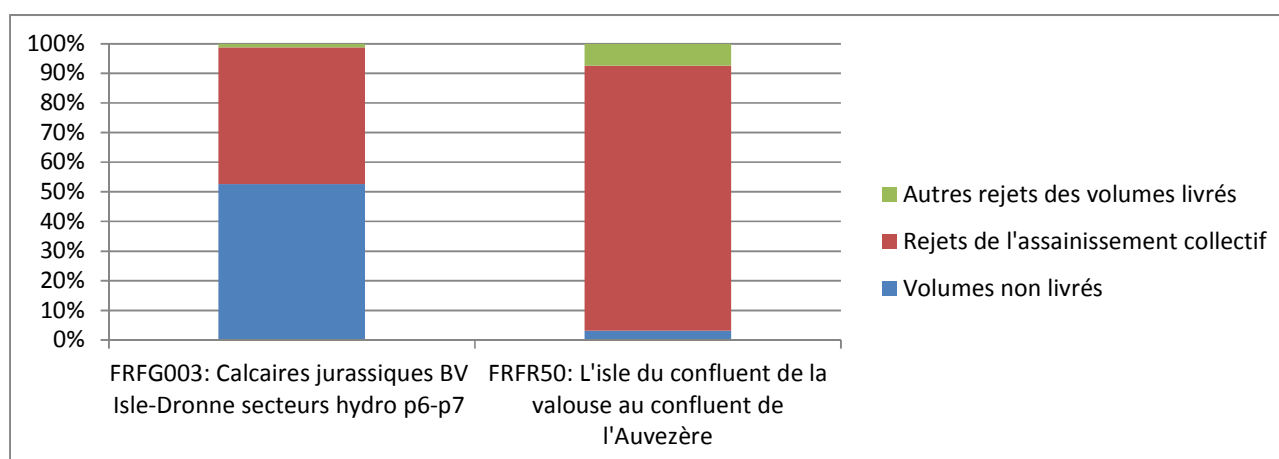


Figure 8 : Origines des volumes qui réalimentent les ressources

Le bilan des destinations des volumes rejetés au milieu naturel (c'est-à-dire l'ensemble des masses d'eau) réalisé à l'échelle du syndicat est présenté sur la Figure 9. La réalimentation de la ressource propre du système est représentée en rouge, avec le volume prélevé en gris.

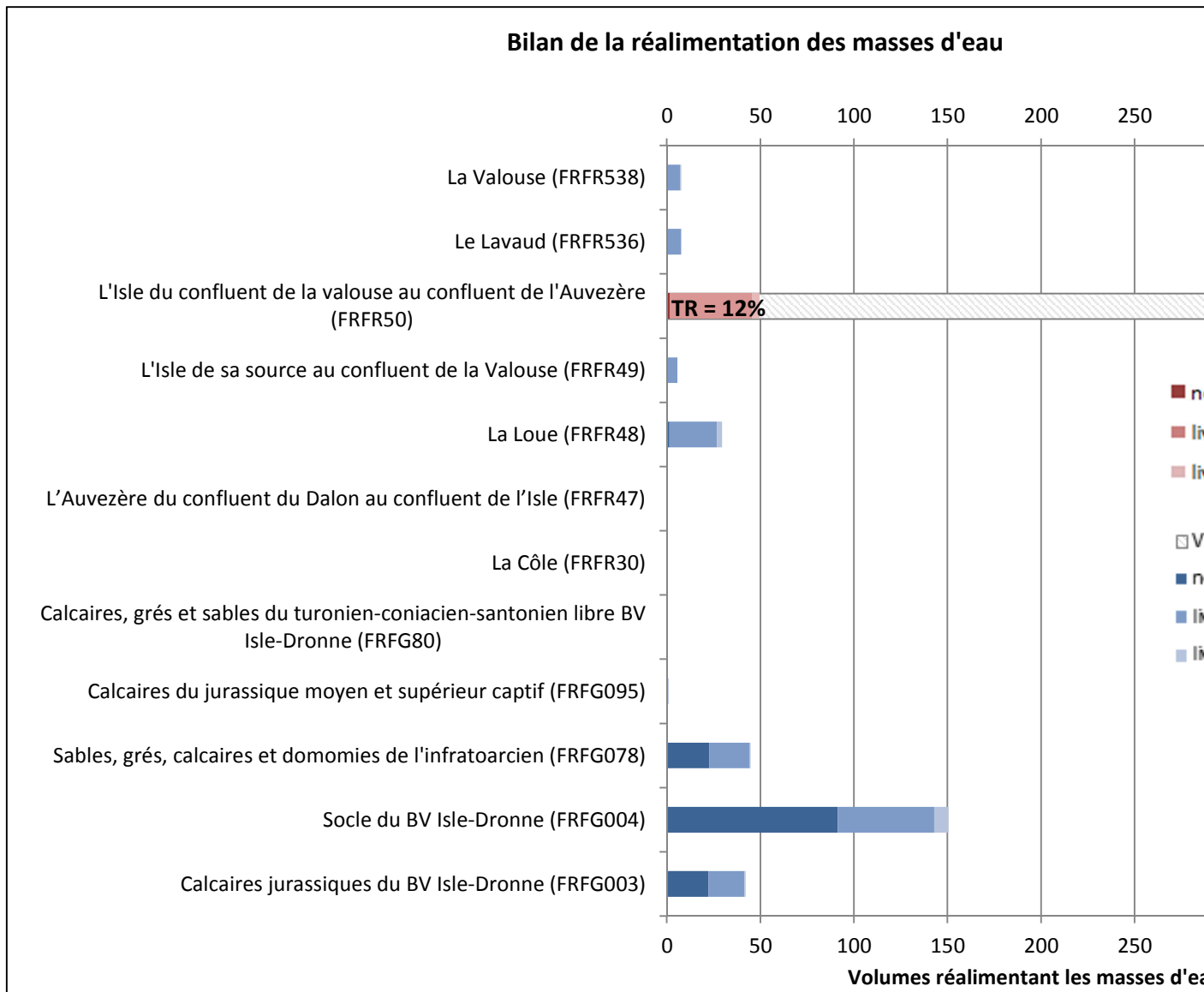


Figure 9 : Réalimentation annuelle des masses d'eau par les rejets

6.2. Discussion sur la méthode de répartition des volumes

La superposition des surfaces occupées (zones urbanisées, en blanc) et du réseau d'eau potable présentée sur la Carte 5 montre :

- une bonne correspondance entre les zones urbanisées et l'implantation du réseau ;

La correction apportée en tenant compte de l'occupation du sol pour présumer de l'implantation du réseau est cependant minime dans ce cas d'étude (Figure 10 – écart faible entre « surface totale » et « surface occupée »).

- l'absence de réseau d'AEP sur certaines communes adhérentes au syndicat ; elles ne sont desservies par le SIAEP de Nanthiat que partiellement (Saint Jory las Bloux, Saint Pantaly d'Excideuil au sud ouest du syndicat) ce qui se traduit par une part en surface du syndicat surestimée par rapport à la part de linéaire de réseau d'AEP (Figure 10).

On obtient finalement une bonne approximation de la part communale du réseau d'AEP du SIAEP de Nanthiat en se fondant sur les surfaces respectives des communes, à l'exception des communes les plus urbanisées telles que Nanthiat et Eyzérac (Figure 10).

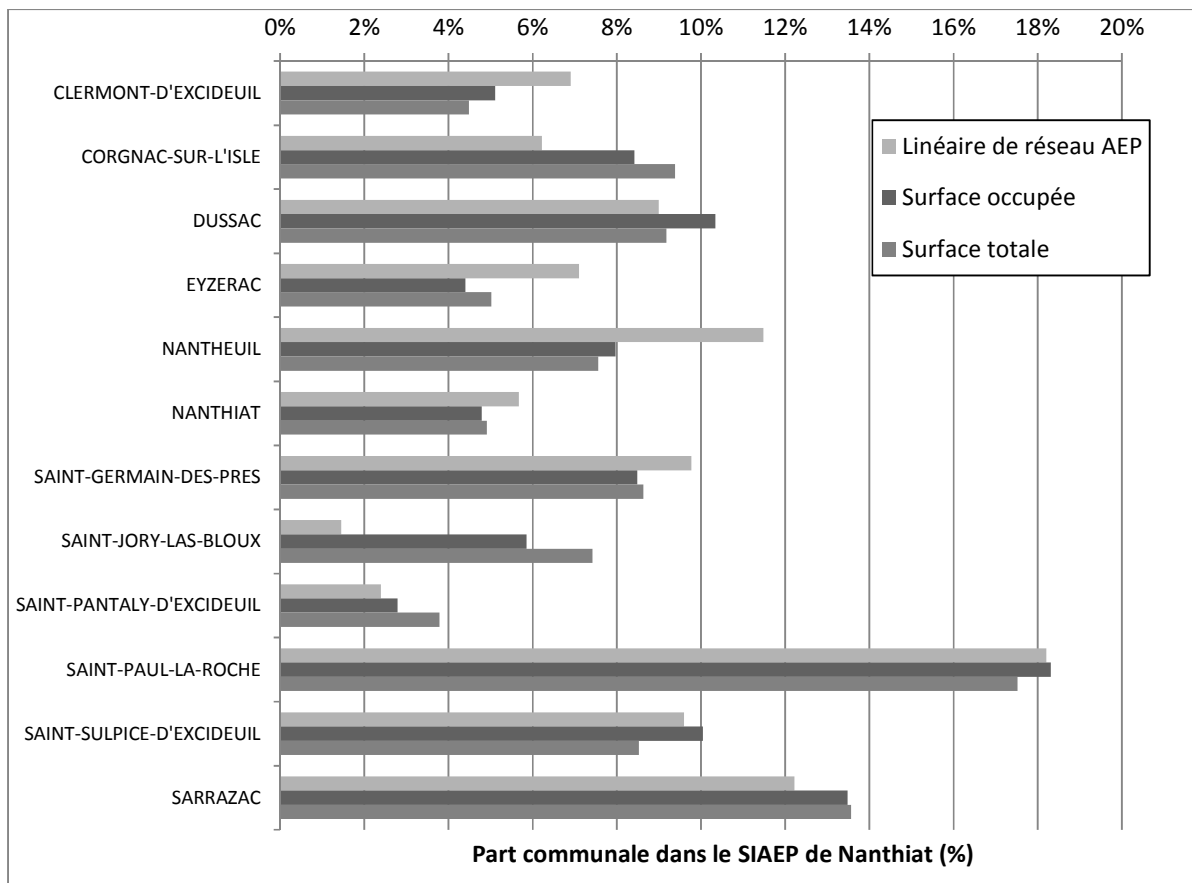
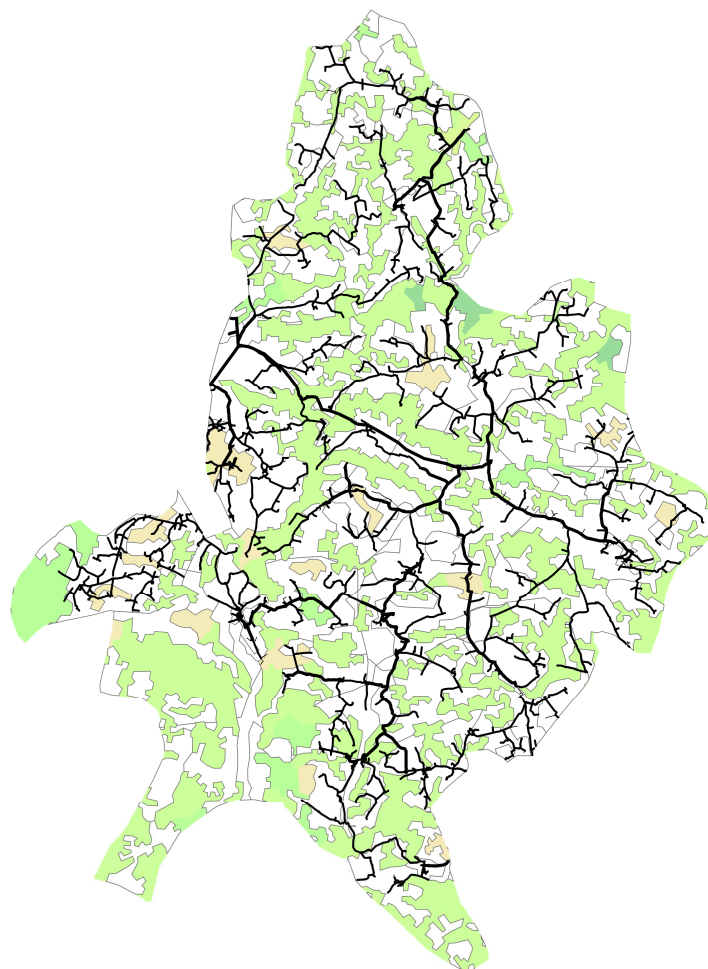


Figure 10 : Répartition communale des surfaces et linéaire de réseau - comparaison des méthodes de répartition des rejets



Carte 5 : Correspondance entre les surfaces occupées et le réseau d'AEP du SIAEP de Nanthiat

La méthode utilisée impacte le calcul de la réalimentation des masses d'eau (Tableau 12).

Dans le cas étudié, les résultats sont présentés dans le ci-dessous. Le taux de réalimentation de la ressource principale (L'Isle – FRFR50) varie de 1%. La différence est plus significative pour la ressource importée, ce qui entraîne une variation de 4% sur le TR du système.

Tableau 12 : Comparaison des taux de réalimentation selon la méthode de répartition

Méthode	TR de FRFR50	TR de FRFG003	TR du syndicat
Surface totale	13%	690%	26%
Surface occupée	13%	608%	25%
Linéaire de réseau	12%	521%	22%

Les volumes de réalimentations (VR, en rouge) et les volumes de non réalimentation (VNR, en bleu) sont comparés pour chaque masse d'eau sur la Figure 11.

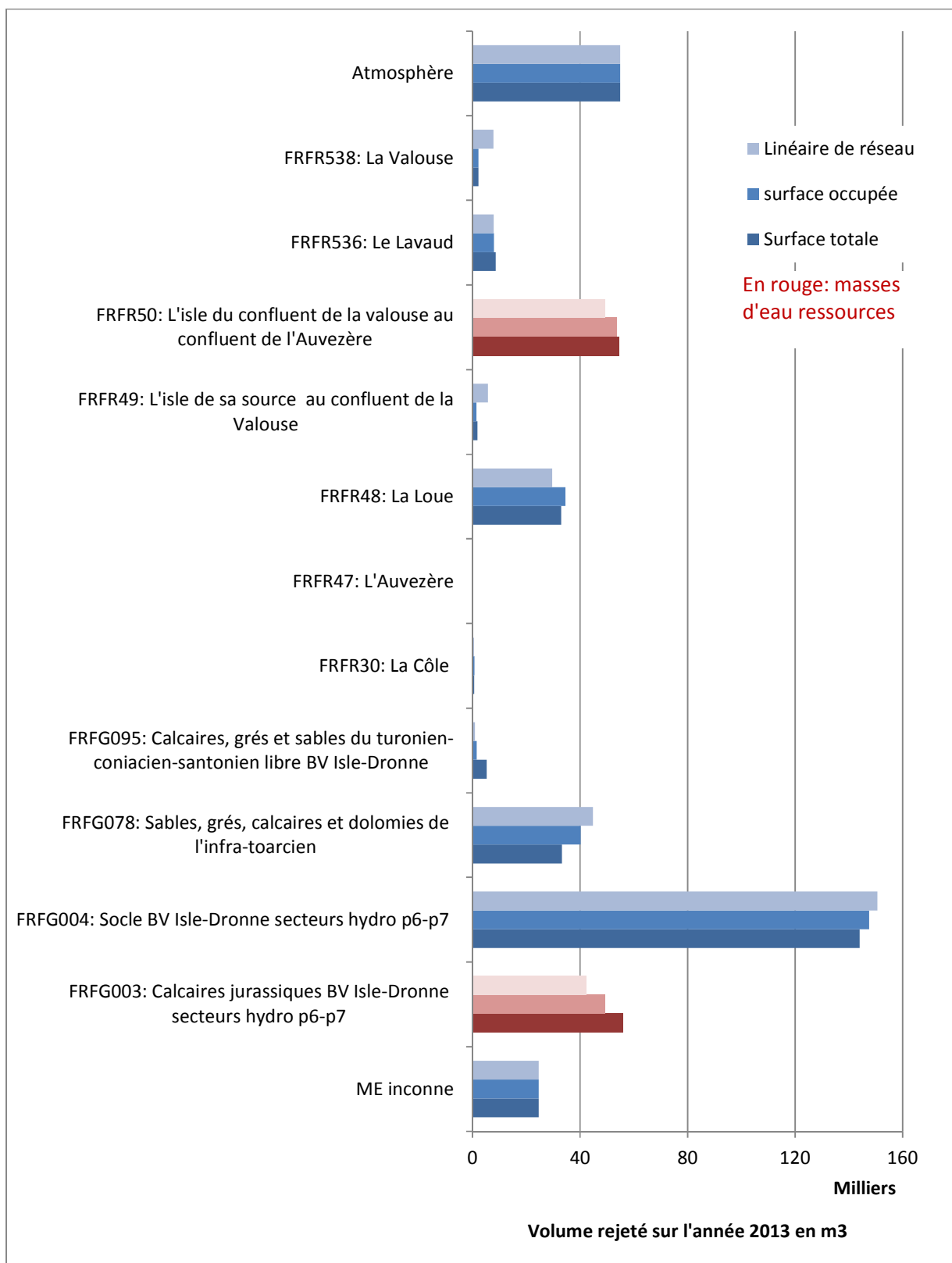


Figure 11 : Destination des volumes rejetés selon la méthode de répartition

6.3. Incertitudes associées aux exports

La destination des volumes exportés est inconnue (24 575 m³ en 2013 représentant 6 % de VPB), ce qui introduit une incertitude. En l'absence d'information, nous avons considéré précédemment que ces volumes ne réalimentaient pas les ressources du syndicat.

A partir des points de vente en gros du SIAEP positionnés par rapport aux masses d'eau sur les Carte 2 et Carte 3, il est possible d'évaluer la possibilité de réalimentation des ressources, à l'incertitude près des raccordements de l'assainissement collectif.

- Vente au SIAEP de Excideuil au sud-est du syndicat : Réalimentation possible de la ressource FRFG003 par infiltration mais impossible de FRFR50.
- Vente à Thiviers (voisins de Nantheuil, Ezeyrac), à l'ouest du syndicat : réalimentation peu probable (ou très faible) de FRFR50. La réalimentation de FRFG003 est fonction de la surface totale de la MESO, non représentée sur la Carte 2.
- Vente à Jumilhac le Grand au nord est du syndicat : réalimentation des ressources impossible.

Cette simple analyse permet de conclure que l'hypothèse de non réalimentation des ressources par les volumes exportés est pertinente.

Il est cependant possible d'évaluer l'incertitude maximale engendrée par les exports. Une réalimentation totale des ressources par les volumes exportés porterait le taux de réalimentation du syndicat à 28%. En tenant compte de l'évapotranspiration en appliquant le taux moyen de rejet par évapotranspiration obtenu sur le volume mis en distribution (soit 14% de Ved sur le SIAEP), l'infiltration et l'écoulement des volumes exportés représentent 5% de VPB, soit un TR maximal pour le syndicat de 27%.

6.4. Analyse par unité de distribution (UDI)

En raisonnant à l'échelle du syndicat, nous avons considéré la MESO FRFG003 'Les calcaires du jurassique du BV Isle –Dronne' comme étant une ressource mobilisée pour l'ensemble de l'AEP du SIAEP, via l'import depuis le SIAEP de Excideuil. De ce fait, tous les rejets à destination de cette masse d'eau sont des volumes de réalimentation qui participent à la préservation de la ressource.

Cependant, l'import ne concerne en réalité que l'alimentation en eau potable d'une partie de Saint-Pantaly-d'Excideuil, soit une unité de distribution indépendante du reste du syndicat. On définit ainsi 2 UDI, l'une alimentée depuis le forage de la Pinsonnelle, l'autre par la prise en rivière de Pont du Château (Carte 6).

La consommation des usagers de l'UDI « Pinsonnelle » est obtenue en considérant le rendement du syndicat identique sur l'ensemble du réseau ($V_{\text{us}} = \text{Rendement} \times \text{Volume importé depuis Pinsonnelle}$).

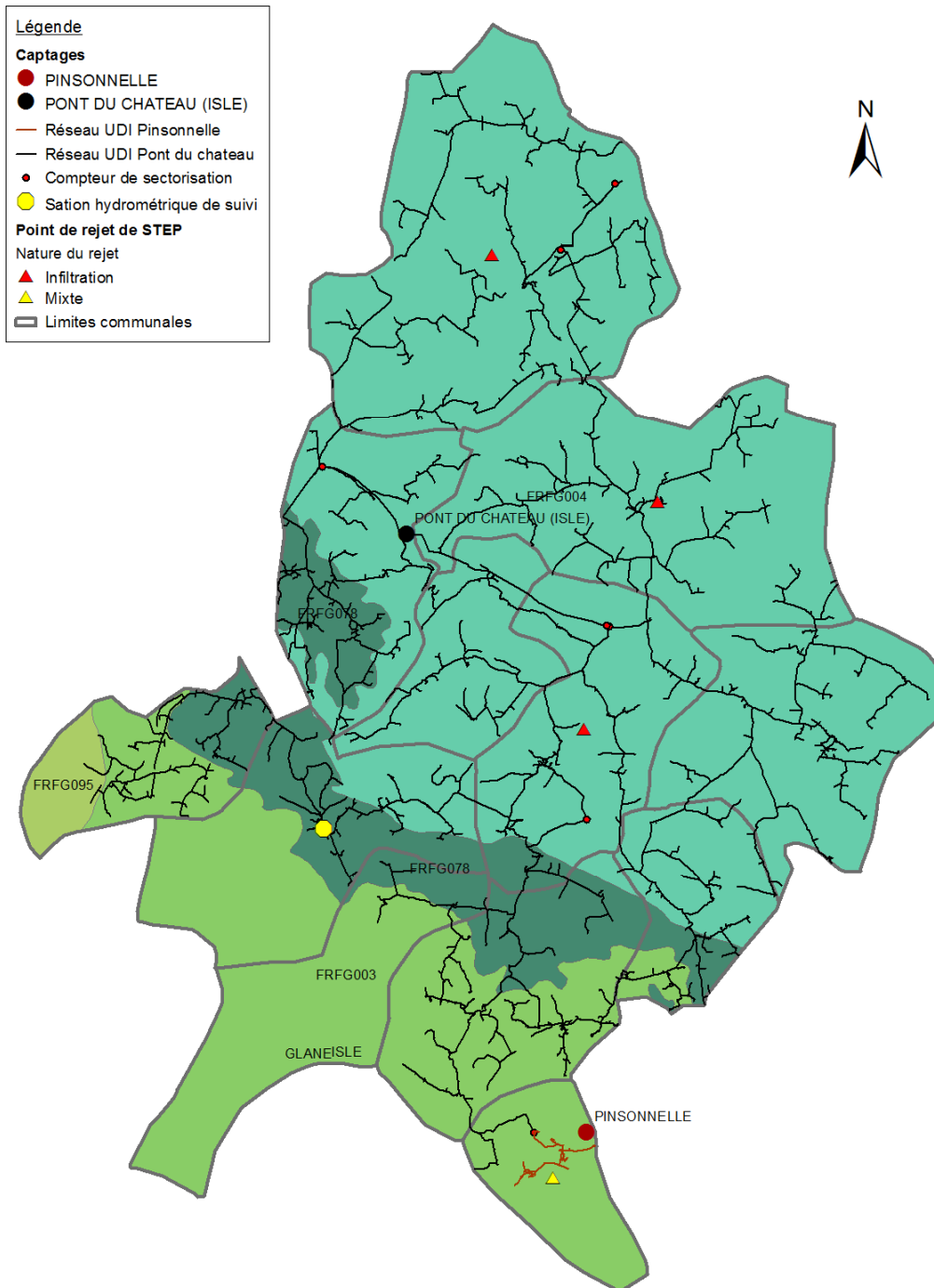
La consommation de la partie de la commune de Saint-Pantaly-d'Excideuil desservie par l'UDI « Pont du Château » est obtenue par déduction de la consommation de l'UDI « Pinsonnelle » à la consommation communale.

Les bilans eau réalisés à l'échelle des unités de distribution donnent les résultats présentés dans le Tableau 13.

La commune de Saint Pantaly d'Excideuil n'est pas située sur le bassin versant de la MESU FRFR50 (Carte 3). Les volumes écoulés sur l'UDI « Pinsonnelle » ne rejoignent donc pas cette masse d'eau. Par conséquent le volume de réalimentation de la ressource de l'UDI « Pont du Château » est inchangé.

Au contraire, une part significative des infiltrations sur l'UDI « Pont du Château » se fait à destination de la MESO FRFG003, qui n'est pas une ressource pour cette UDI. Ces volumes, auparavant considérés

comme étant des VR, sont en réalité des VNR car ce n'est pas l'eau de cette ressource qui réalimente la MESO. On obtient donc un volume et au taux de réalimentation de la masse d'eau FRFG003 par les infiltrations sur l'UDI Pinsonnelle très inférieur à ce qui était calculé sans ce raisonnement par UDI (Tableau 11).



Carte 6 : Unités de distribution (UDI) du SIAEP de Nanthiat

Tableau 13 : Indicateurs de la réalimentation des ressources des UDI du SIAEP de Nanthiat

Indicateur		UDI « Pont du château »	UDI « Pinsonnelle »
	Ressource de l'UDI	L'Isle - FRFR50	Calcaires jurassique – FRFG003
VPB	Volume prélevé brut	410 265 m ³	8 098 m ³
VR	Volume de réalimentation	49 112 m ³	4 812 m ³
TR	Taux de réalimentation	12 %	59%
VPN	Volume prélevé net	361 153 m ³	3 286 m ³

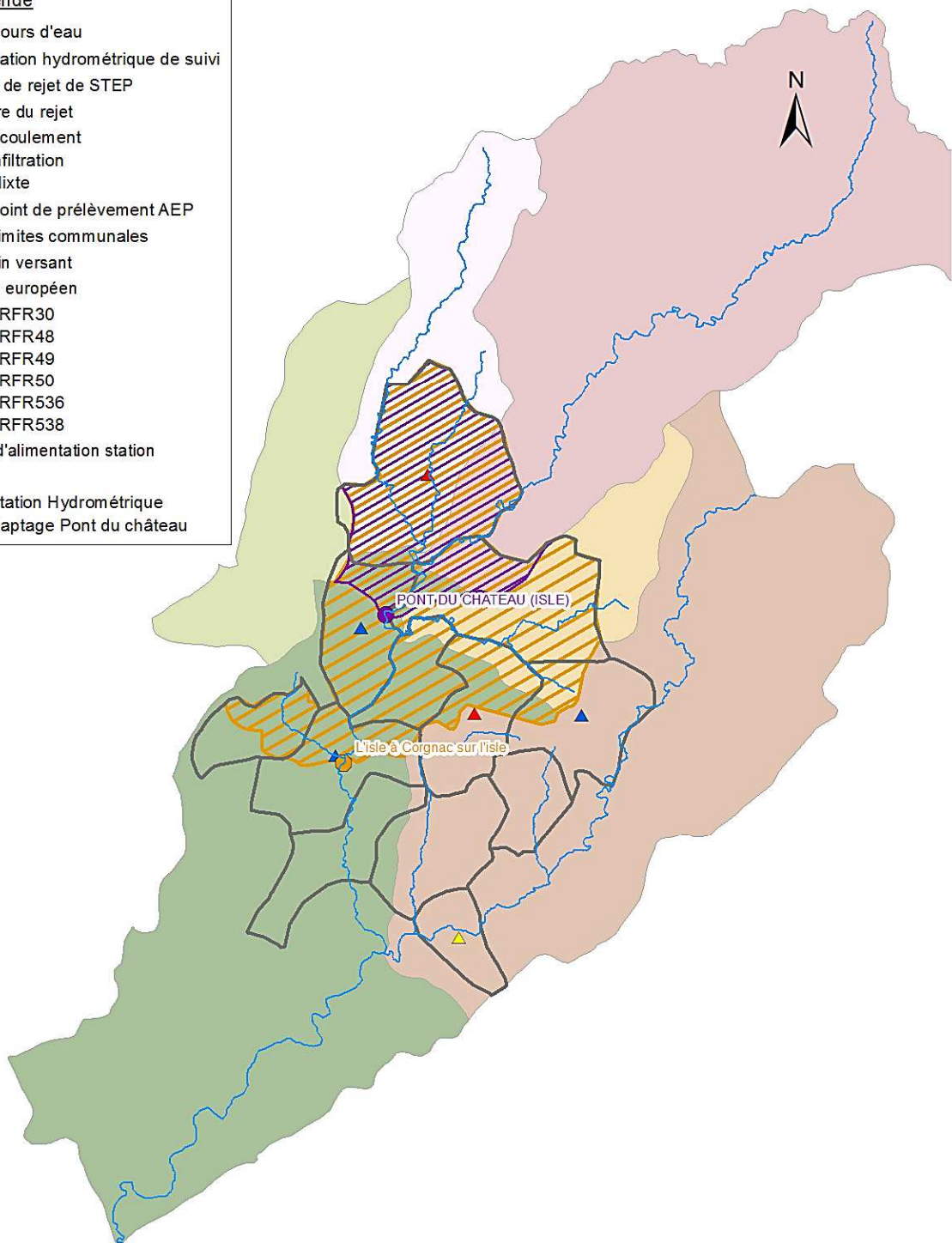
La réduction des prélèvements sur l'UDI Pinsonnelle représente un intérêt moindre pour la ressource, du fait que presque 60% du volume prélevé rejoint naturellement la masse d'eau sollicitée.

6.5. Intérêt de la réalimentation de la ressource selon la localisation du rejet

Les rejets par écoulement ont été calculés sur trois bassins versants de trois points d'intérêt sur la masse d'eau FRFR50 l'Isle (Carte 7), qui permettent d'analyser l'impact du service d'eau potable de Nanthiat sur le débit de l'Isle :

- Le captage de pont du château : la réalimentation en amont de la prise en rivière contribue à assurer un débit suffisant pour prélever ;
- La station hydrométrique de suivi de l'Isle à Cognac sur l'Isle où est mesuré le débit de la rivière utilisé pour évaluer son état quantitatif dans le dispositif de gestion du cours d'eau ;
- La confluence de l'Isle et de l'Auvezère, exutoire de la MESU FRFR50 ; elle a lieu en aval de la confluence de l'Isle et de la Loue dont le grand bassin versant (FRFR48) est alimenté par les rejets du SIAEP de Nanthiat.

La ressource principale étant superficielle, il est intéressant d'étudier la réalimentation du cours d'eau en tenant compte de ses affluents. En effet, les rejets à destination des affluents de l'Isle (La Valouse, La Rochille, Le Lavaud, le Boucheron, Le Ravillou, le Pontillou, le Ruisseau de Chardougnac et La Loue) participent à la réalimentation à cours terme de l'Isle (moyennant les besoins des écosystèmes de ces cours d'eau).



SIAEP de Nanthiat: Aire d'alimentation du captage et de la station hydrométrique

Carte 7 : Aires d'alimentation des points d'intérêts pour la ressource superficielle du SIAEP de Nanthiat

Du fait que l'on comptabilise la réalimentation des affluents, les taux de réalimentation de la ressource sont maximisés (Tableau 14).

On peut en conclure que 5% du volume prélevé par le SIAEP de Nanthiat participe à assurer un débit suffisant pour prélever au captage de Pont du Château.

Dans la gestion des prélèvements sur le cours d'eau réalisée à partir de la station hydrométrique de suivi, la part réelle de l'usage « eau potable » est de 85% du volume prélevé.

Enfin, presque un quart des volumes prélevés par le SIAEP de Nanthiat restent dans le réseau hydrographique en amont de l'exutoire de la masse d'eau ressource.

Tableau 14 : Réalimentation des bassins versants d'intérêt

Bassin versant d'intérêt	Aire d'alimentation de Pont du château	Aire d'alimentation de la station de Cognac	Grand BV de l'Isle au confluent de l'Auvezère
VR (m³)	18 908	62 475	100 399
TR de L'Isle	5%	15%	24%

7. Bilan sur la période d'étiage

Les prélèvements du syndicat sont réalisés à 98% dans la rivière l'Isle, dont le débit varie de manière saisonnière. Il est intéressant de réaliser un bilan eau sur le mois d'étiage afin d'analyser l'impact des prélèvements du syndicat lorsque la ressource est la plus fragile.

Cette étude est réalisée sans tenir compte des discussions précédentes, c'est-à-dire en raisonnant par masse d'eau et en supposant inconnues les destinations des volumes exportés.

7.1. L'étiage de l'Isle au mois d'août

On choisit de réaliser le bilan eau sur la période critique pour la ressource : l'étiage du mois d'août (Figure 3).

Durant l'étiage de 2012 (données journalières non disponibles pour 2013), le DOC mesuré à la station de suivi de Cognac sur-l'Isle, en aval de la prise d'eau du syndicat de Nanthiat, n'a pas été satisfait du 19 au 26 août comme cela est visible sur la Figure 12.

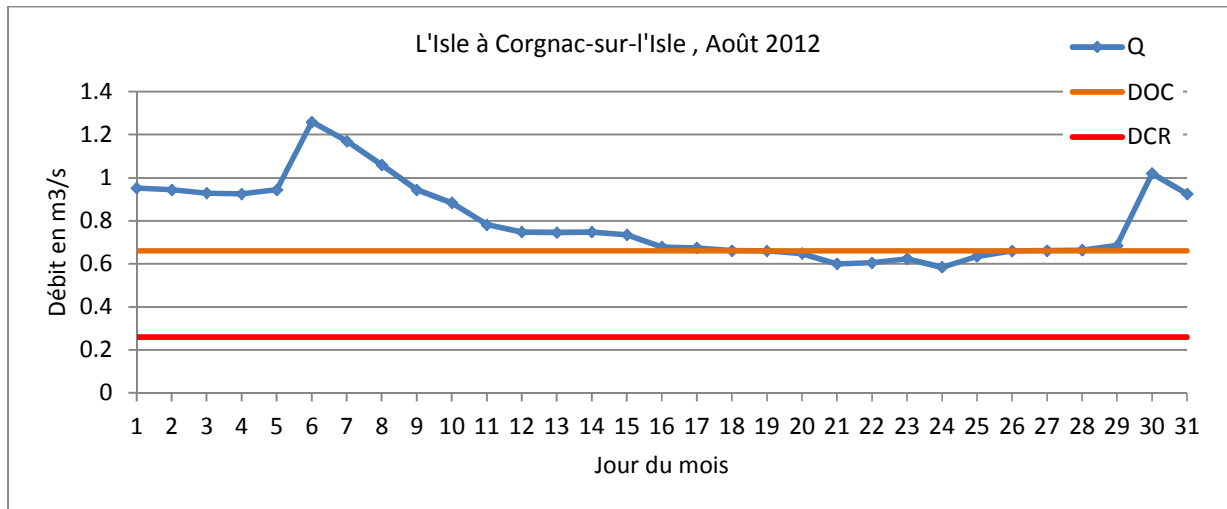


Figure 12 : Débit de l'Isle au mois d'août 2012

7.1.1. Evolution de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

Au mois d'août, l'évapotranspiration est accentuée par l'augmentation des températures. L'accroissement du phénomène d'évapotranspiration induit une baisse des réalimentations des ressources.

L'évapotranspiration potentielle mensuelle est estimée grâce aux formules empiriques de Thornthwaite (calculé à partir de moyennes interannuelles) et de Turc (calculé sur les données météorologiques de 2012). La méthode et les données utilisées sont détaillées dans l'annexe 1 du rapport final de l'étude (Pillot et al, 2015)).

L'ETP est maximale en juillet (Figure 13). En août, elle est égale à 115 mm, soit une augmentation de 182 % de la valeur moyenne (ETP = 62 mm).

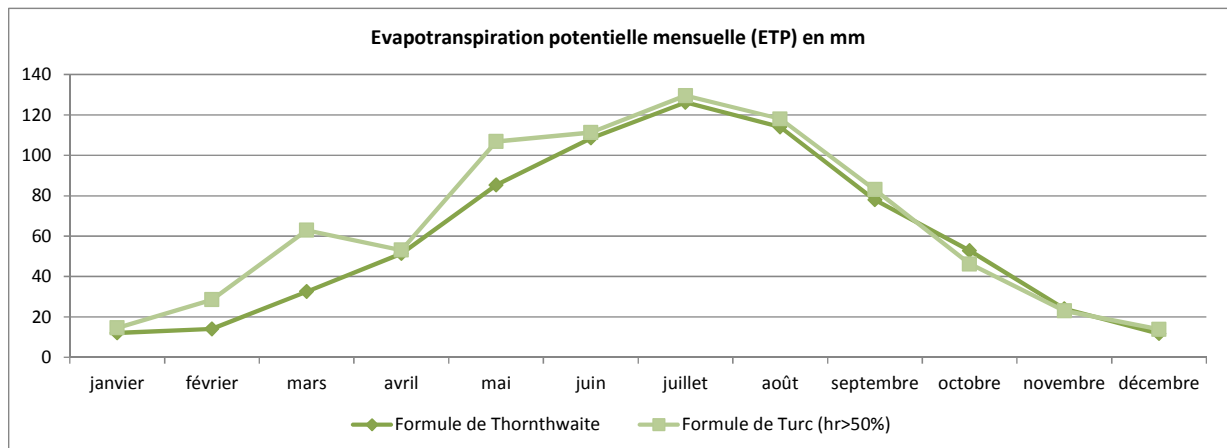


Figure 13 : Evolution annuelle de l'évapotranspiration potentielle

7.1.2. Bilan volumique du système sur le mois d'été

Un certain nombre de volumes sont calculés au pas de temps mensuel dans le RAD : V_{pre} , V_{pro} , V_{MD} , les imports/exports et les besoins stations.

Les volumes non livrés (Vnld) sont considérés constants sur l'année ; Un 12^{ème} du volume de pertes et du volume de service sont ainsi alloués au mois d'août. Les variations du volume produit sont donc imputées à la demande en eau (Figure 14).

L'accroissement de la demande en eau en période estivale est attribué à l'augmentation de la consommation par les usagers (tourisme et besoins saisonniers).

Nota : le pic de production durant l'hiver 2013 est anormal. Il n'est pas constaté en 2012.

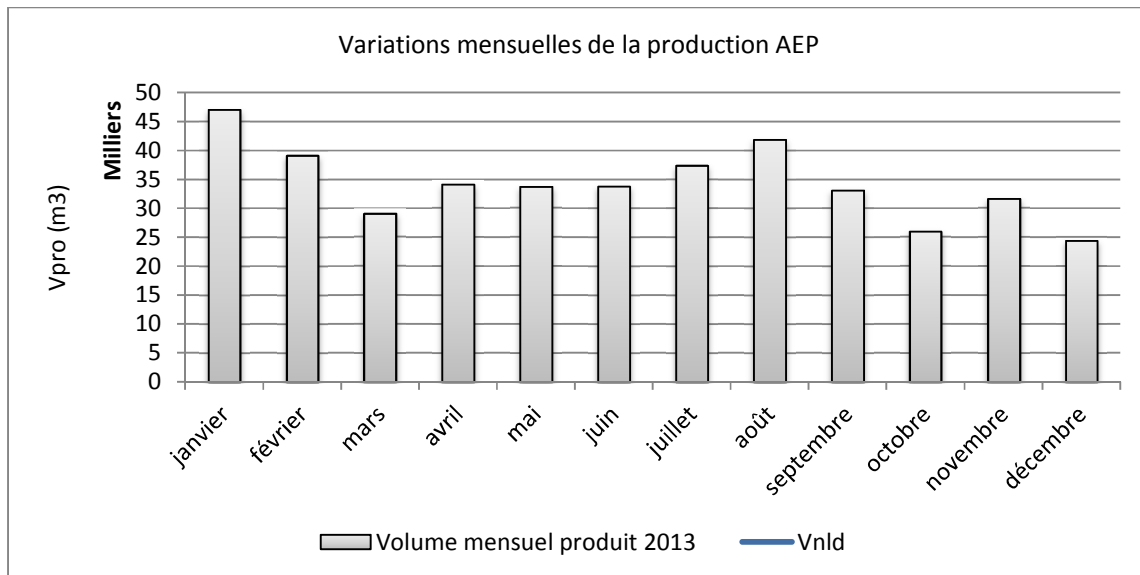


Figure 14 : Production mensuelle d'eau potable en 2013

Le volume livré mensuellement aux usagers du syndicat (Vlus) est obtenu par différence entre VMD (donné mensuellement) et Vnld (supposé constant).

En supposant constante sur l'année la répartition communale de Vlus, les Vlus communaux sont déduits au pas de temps mensuel.

7.2. Ajustement des hypothèses de rejet

L'augmentation de l'évapotranspiration est prise en compte en multipliant le taux de rejet par évapotranspiration par le ratio de l'ETP maximale sur l'ETP moyenne (1,82). Les taux d'infiltration et d'écoulement sont ensuite adaptés selon les hypothèses suivantes :

- Une moindre partie des eaux de service qui ruissellent (purges, vidanges, gaspillages) atteignent le cours d'eau, ou qui s'infiltrent en surface, car elles sont absorbées par le sol plus sec et davantage évaporées.
- Une partie des fuites du réseau (fuites visibles et fuites dans des sols non saturés) est évapotranspirée.
- Les eaux de lavage de voirie ont les mêmes destinations que les purges ; une partie de l'eau des fontaines est évapotranspirée.
- Les volumes traités par les filtres plantés sont davantage évapotranspirés.
- Les rejets d'ANC ne sont pas très profonds et sont en partie évapotranspirés.

Finalement, les taux de rejet adaptés au mois d'août sont ceux présentés dans le Tableau 15.

Tableau 15 : Taux de rejets adaptés au mois d'août

Usage de l'eau		Taux de rejet				
		Infiltration	Evapotranspiration	Ecoulement		
Service/Exploitation réseau (Vnld – service)		0.3	0.2	0.5		
Fuites réseau (Vnld – pertes)		0.9	0.1	0.0		
Vlus	Consommation sans comptage (VInc)		0.0	0.5	0.5	
	Fuites après livraison (Vifu)		0.9	0.1	0.0	
	Vlut	Non collecté		0.0	1.0	0.0
		ANC		0.3	0.2	0.5
		AC	FPR – rejet écoulement		0.0	0.5
FPR – rejet infiltration			0.4	0.5	0.1	

7.3. Bilan eau sur le mois d'été

7.3.1. Modes de rejets

L'application de ces taux sur les volumes calculés pour le mois d'août 2013 donne la répartition du volume prélevé brut (VPB) par mode de rejets présenté sur la Figure 15 ci-dessous:

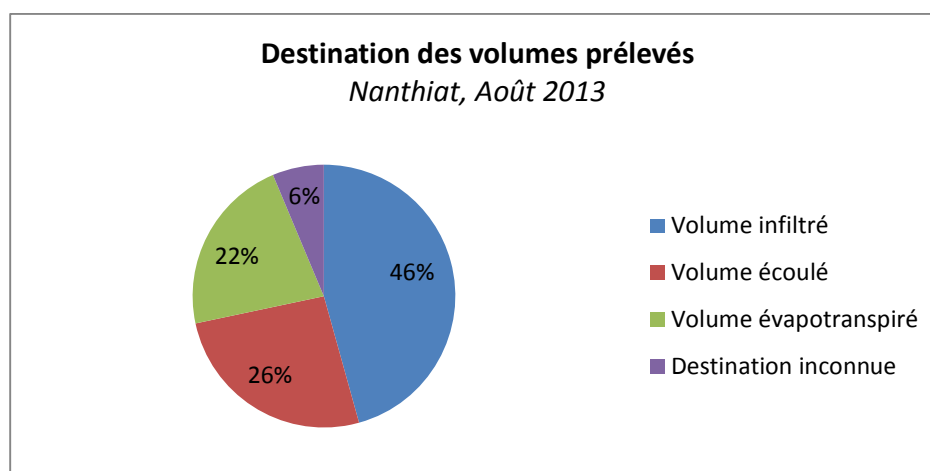


Figure 15 : Répartition par mode de rejet des volumes rejetés au mois d'août

7.3.2. Réalimentation des ressources

La réalimentation des ressources a été calculée en utilisant la méthode de répartition par le linéaire de réseau d'AEP, méthode 3 présentée précédemment en partie 5. Le Tableau 16 suivant présente les résultats du bilan eau à l'été.

On note qu'en considérant constant le volume non livré en distribution sur l'année, le rendement brut du système d'AEP du mois d'août est très supérieur au rendement annuel (+8 points), l'indicateur étant sensible à la consommation.

Le taux de réalimentation de la ressource superficielle étant fonction de la part de rejet par écoulement, dont les taux de rejets sont considérées peu dépendant de l'évapotranspiration, il change peu par rapport au TR annuel (donné dans le Tableau 11).

Tableau 16 : Indicateurs de la réalimentation des ressources à l'étiage (Août 2013)

Indicateur	Intitulé	Bilan août 2013
V_{PB} (m ³)	Volume prélevé brut	42 806
Rb	<i>Rendement brut du système (Volume livré/ V_{PB})</i>	72%
VR (m ³)	Volume de réalimentation des ressources :	9 012
VR [FRFR50] (m ³)	L'Isle du confluent de la Valouse à l'Auvezère	5 472
VR [FRFG003] (m ³)	Calcaires jurassique du BV Isle Dronne	3 540
TR	Taux de réalimentation des ressources :	21%
TR[FRFR50]	L'Isle du confluent de la Valouse à l'Auvezère	13%
TR [FRFG003]	Calcaires jurassique du BV Isle Dronne	341%

A l'étiage, il est intéressant de calculer le volume rejeté en amont de la station de Cognac-sur-l'Isle, qui participe à maintenir un débit supérieur au DOC : **17% du volume prélevé à Pont du Château au mois d'août réalimente le bassin versant de la station de Cognac-sur-l'Isle (affluents inclus) ; ce volume fait parti du débit de l'Isle mesuré à Corgac sur l'Isle.**

7.3.3. Etude du décalage temporelle entre prélèvement et rejet

Cette analyse nécessite une réflexion sur le délais entre le prélèvement et la réalimentation des ressources. En effet, lorsque l'on considère les prélèvements et les rejets constants sur l'année, la question du décalage temporel ne se pose pas. Dès lors que l'on considère les prélèvements fluctuant, le rapport entre les rejets et les prélèvements peu varier du fait des phénomènes de stockage de l'eau avant son rejet, par exemple une lagune dont le rejet au milieu se ferait de manière périodique.

Pour le cas d'étude, les délais de rejet par écoulement sont présentés dans le Tableau 17, en tenant compte des hypothèses suivantes :

- Le temps de séjour dans le réseau d'AEP varie de quelques heures à 72 heures environ d'après la modélisation hydraulique.
- Le temps de séjour hydraulique dans un FPR horizontal est d'environ 8 jours (Ouertani, 2002).
- Le temps de rétention dans une fosse septique est idéalement de 5 à 10 jours (RÉFEA, s.d.).

Il n'y a pas de phénomène de stockage d'eau important donc le délais entre le prélèvement et la restitution au milieu naturel est de l'ordre de quelques jours.

Tableau 17 : Délais entre prélèvement et rejet par écoulement

Usage de l'eau			Délais avant rejet par écoulement
Service/Exploitation réseau (Vnld – service)			Temps de séjour dans le réseau d'AEP: max 72 h
Fuites réseau (Vnld – pertes)			<i>Pas de rejet par écoulement</i>
Vlus	Consommation sans comptage (Vlnc)		Temps de séjour dans le réseau d'AEP: max 72h
	Fuites après livraison (Vlfu)		<i>Pas de rejet par écoulement</i>
	Vlut	Non collecté	<i>Pas de rejet par écoulement</i>
		ANC	Temps de séjour dans le réseau d'AEP + temps de séjour dans le système d'ANC : environ 10 jours
		AC	FPR – rejet écoulement
FPR – rejet infiltration			

8. Effet de la réduction des pertes sur la réalimentation des ressources

Lorsque le syndicat réduit ses pertes, il réduit les rejets de volumes non livrés.

Les volumes non livrés et leurs hypothèses de rejet sont rappelés dans le Tableau 18 ci-dessous:

Tableau 18 : Taux de rejet des volumes non livrés

Usage de l'eau non livrée	Volume 2013	Taux de rejet		
		Infiltration	Evapotranspiration	Ecoulement
Service/Exploitation réseau (Vnld – service)	8 632 m ³	0.4	0.1	0.5
Fuites réseau (Vnld – pertes)	140 226 m ³	0.95	0.05	0.0

Si l'on considère le volume de service inchangé, il apparaît clairement que les rejets par écoulement ne sont pas modifiés par la réduction des pertes du fait que l'on considère les fuites à 95% infiltrées et à 5 % évapotranspirées.

Comme pour une masse d'eau $TR = VR/VPB$, la réduction des prélèvements dans une masse d'eau de surface par diminution des pertes entraîne l'augmentation de son taux de réalimentation.

Par contre la réduction des pertes a pour conséquence un moindre volume infiltré dans les masses d'eau souterraines. Ainsi l'amélioration du rendement du réseau entraîne une réduction du volume importé depuis la Pinsonnelle, donc une diminution du volume prélevé brut, mais également une diminution de la réalimentation des calcaires jurassiques par les volumes non livrés, qui représentaient 53% du volume de réalimentation de la masse d'eau FRFG003 en 2013.

Tableau 19 : Réalimentation des ressources par les volumes non livrés

Indicateurs	SIAEP	L'Isle – FRFR50	Les calcaires jurassiques – FRFG003
VPB (m ³)	418 363	410 265	8 098
VPN (m ³)	327 088	361 152	-34 064
TR	22%	12%	521%
TRnl	6%	0.38%	274%

Prenons l'exemple d'une augmentation de 10 % du rendement de distribution du SIAEP de Nanthiat. En considérant des volumes livrés (Vlus et exports) identiques et un rendement identiques sur les 2 UDI, on obtient les volumes et les taux de réalimentation présentés dans le Tableau 20. On détermine le volume économisé sur le prélèvement brut des ressources (VecoB) et sur le prélèvement net (VecoN).

Ce scénario met en évidence :

- Un VR inchangé pour la ressource superficielle entraînant une économie nette égale à l'économie brute,
- La réduction de la réalimentation de la ressource souterraine qui se traduit par une économie nette négative, c'est-à-dire une perte pour la ressource.

Tableau 20 : Scénario de réduction des pertes correspondant à une augmentation du rendement de distribution de 10%

Indicateurs (m ³)	SIAEP	L'Isle – FRFR50	Les calcaires jurassiques – FRFG003
Rendement 2013 + 10%	76.5%		
Vnl (m ³)	94 157		
VPB (m ³)	363 662	356 623	7 039
TR	23%	14%	479%
TRnl	4%	0.44%	195%
VR (m ³)	82 837	49 113	33 724
VPN (m ³)	280 825	307 510	-26 685
VecoB (m ³)	54 700	53 641	1 058
VecoN (m ³)	46 263	53 642	-7 379

9. Conclusion

Ce cas d'étude illustre la mise en œuvre de la méthode du bilan eau sur un service d'eau potable mobilisant des ressources superficielles.

Le bilan eau nécessite de rassembler des données :

- d'exploitation du service d'eau potable (bilan volumique, SIG du réseau, autorisations de prélèvements),
- d'exploitation des systèmes d'assainissement (raccordements à l'AC, localisation des STEPs),
- de gestion des ressources en eau (référentiel des masses d'eau, base de donnée du sous sol, suivi des cours d'eau, ZRE),
- des données cartographiques (limites communales, zonage ZRE, occupation du sol).

Seule la connaissance fine des types d'assainissement des usagers du service d'eau potable peut être difficile à obtenir pour un gestionnaire de service d'eau potable, les autres données étant soit partagées à l'échelle nationale ou du bassin, soit directement issues de l'exploitation du service.

Cette étude a permis de montrer le potentiel de la méthode. Elle permet de quantifier la réalimentation de chacune de ses ressources, plus ou moins précisément selon le niveau de connaissance du système (volumes, réseau cartographié ou non) et ainsi de mesurer l'impact du service d'AEP sur les ressources. Mis en œuvre par un service d'eau potable disposant d'un réseau cartographié et d'un bon suivi de ses volumes (livrés et non livrés), des bilans peuvent être réalisés sur des sous-systèmes (ici l'UDI) afin de définir une stratégie territorialisée de préservation des ressources.

Concernant les ressources superficielles, la question des définitions prises pour la ressource et pour les rejets de réalimentation sont ici interrogées. En effet, la définition des ressources proposée dans la méthode se base sur les masses d'eau qui ont été définies pour l'évaluation de l'état des eaux requis par la DCE comme des milieux aquatiques homogènes. Cependant, il est intéressant de définir la ressource comme l'ensemble du réseau hydrographique amont du captage, de la station hydrométrique de suivi ou de la masse d'eau pour mettre en évidence les enjeux pour l'AEP, pour la gestion de l'étiage du cours d'eau ou pour la masse d'eau (au-delà de la portion incluse sur le territoire du service d'eau potable).

De même, l'étude des rejets en écoulement sur des bassins versants de points d'intérêt pour les ressources (captage, station de suivi, exutoire de la masse d'eau) permet d'approfondir la réflexion sur l'impact du système d'AEP sur la disponibilité quantitative de la ressource.

10. Glossaire

Bilan eau : bilan des prélèvements (par ses ouvrages propres ou importés) et des rejets d'un système d'eau potable

Bon état (des masses d'eau): objectif à atteindre pour l'ensemble des eaux conformément à la DCE, défini comme le bon état chimique et, pour les masses d'eau de surface, le bon état écologique ou, pour les masses d'eau souterraines, le bon état quantitatif.

CORINE Land Cover : Base de données d'occupation du sol nationale datée de 2006 suivant la nomenclature CORINE Land Cover en 44 postes, une unité minimale de 25 hectares, en coordonnées géographiques et en format vecteur ou raster.

Etat écologique (des masses d'eau de surface): Appréciation de la structure et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques associés aux eaux de surface. Il se caractérise par un écart aux conditions de références (représentatives d'une eau de surface pas ou très peu influencée par l'activité humaine), évalué sur la base de critères de nature biologique, hydromorphologique ou physico-chimique. Les limites du bon état écologique sont établies sur la base de l'exercice d'interétalonnage.

Etat quantitatif (des masses d'eau souterraines) : Appréciation de l'équilibre entre, d'une part, les prélèvements et les besoins liés à l'alimentation des eaux de surface, et d'autre part, la recharge naturelle d'une masse d'eau souterraine.

Le bon état est atteint lorsque les prélèvements ne dépassent pas la capacité de renouvellement de la ressource disponible, compte tenu de la nécessaire alimentation des écosystèmes aquatiques de surface, des sites et zones humides directement dépendants.

Evapotranspiration : Somme de la transpiration du couvert végétal (eau perdue sous forme de vapeur, transférée vers l'atmosphère) et de l'évaporation des sols. L'évapotranspiration potentielle est la valeur de ce flux lorsque la disponibilité en eau n'est pas limitative ; il s'agit de la valeur maximale de référence.

Karst : Ensemble de formes de surface et souterraines résultant de la dissolution de calcaires ou de dolomies par les eaux souterraines rendues acides par le dioxyde de carbone. Par extension, ensemble de formes comparables se développant dans les roches salines (gypse, anhydrite, halite), dénommé aussi pseudo-karst

Livraison (d'eau potable): service assuré par le système d'eau potable auprès des usagers autorisés, qu'ils soient privés ou publics.

Masse d'eau : Découpage territorial élémentaire des milieux aquatiques destinée à être l'unité d'évaluation de la DCE ; portion homogène de cours d'eau, canal, aquifère, plan d'eau ou zone côtière.

Masse d'eau de surface : Partie distincte et significative des eaux de surface (lac, réservoir, rivière, fleuve, canal)

Masse d'eau souterraine : Volume distinct d'eau souterraine à l'intérieur d'un ou de plusieurs aquifères.

Plan d'actions : Plan élaboré par un gestionnaire de réseau d'eau potable organisant les actions de lutte contre les pertes de son réseau, requis par l'article L.2224-7-1 du Code général des collectivités territoriales.

Réalimentation : Volume issu du système d'eau potable rejoignant une masse d'eau dans laquelle il avait été prélevé.

Rejet : Volume d'eau issu du système d'alimentation en eau potable, avant ou après livraison aux usagers du service.

Ressource : Masse d'eau dans laquelle prélève un système d'alimentation en eau potable, soit directement par ses propres captages, soit indirectement par import d'eau depuis un système tiers.

Secteur (hydraulique) : Partie du réseau d'eau potable dont tous les volumes entrants et sortants sont comptés.

Unité de distribution: Réseau de distribution caractérisé par une unité technique (continuité des canalisations), une qualité de l'eau homogène et géré par une même autorité organisatrice et un même exploitant.

Zone de répartition des eaux : Zone comprenant les bassins, sous-bassins, fractions de sous-bassins hydrographiques et systèmes aquifères où est constatée une insuffisance, autre qu'exceptionnelle, des ressources par rapport aux besoins.

11. Sigles & Abréviations

AC : Assainissement collectif

ADES : Portail national d'accès aux données sur les eaux souterraines

AEP: Alimentation en eau potable

ANC : Assainissement non collectif

BE : Bon état

BRGM : Bureau des ressources géologiques et minières

BV : Bassin versant

CLC : Corine Land Cover

DCE : Directive cadre sur l'eau

DCR : Débit de crise

DOC : Débit d'objectif complémentaire

DOE : Débit d'objectif d'étiage

DUP : Déclaration d'utilité publique

ETP : Evapotranspiration potentielle

FPR : Filtre planté de roseaux

ILC : indice linéaire de consommation

ILP : indice linéaire de pertes

MESO : masse d'eau souterraine

MESU : masse d'eau de surface

RAD : Rapport annuel du délégataire

RPQS : Rapport sur le prix et la qualité du service

SDAGE : Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux

SIAEP : Syndicat intercommunal d'alimentation en eau potable

SIE : Système d'information sur l'eau

SIG : Système d'information géographique

STEP : Station d'épuration

Tc : Taux de collecte à l'assainissement

TNR : Taux de non réalimentation des ressources

TR : Taux de réalimentation des ressources

UDI : Unité de distribution

VecoB : Volume économisé brut

VecoN : Volume économisé net

VNR : Volume de non réalimentation des ressources

VPB : Volume prélevé brut

VPN : Volume prélevé net

VR : Volume de réalimentation des ressources

ZRE : Zone de répartition des eaux

12. Sources & Références

Documents de références:

Allaoui Y., 2014 : Evaluation de l'impact des volumes mobilisés par un système d'alimentation en eau potable sur ses ressources en eau. Mémoire ENGEES. IRSTEA.

Fisnot C., 2015 : Construction d'un plan d'actions de réduction des pertes d'eau potable concourant à une stratégie d'optimisation de l'utilisation des ressources en eau – Application à la Communauté d'Agglomération Béziers Méditerranée. Mémoire ENGEES. Irstea. 92p.

Hydraulique Environnement – Centre Atlantique. 2013, septembre : SIAEP de Nanthiat. Etude diagnostique du réseau d'eau potable Schéma directeur. Rapport final. 357 pp.

Lamonerie J., 2013: Approche globale du potentiel de réduction des prélèvements d'eau d'un service d'alimentation en eau potable. Mémoire ENSE3. IRSTEA.

Pillot J., Renaud E., 2015 : Cibler, mettre en œuvre et évaluer la lutte contre les pertes des réseaux d'eau potable dans le but de préserver la ressource en eau. Impacts de la réduction des pertes sur les ressources (bilan eau) et sur l'environnement (bilan des effets). Rapport final. ONEMA.

Renaud E., 2009 : Valeurs de références de l'indice linéaire de pertes des réseaux d'alimentation en eau potable : application dans le contexte du SAGE Nappes Profondes de Gironde. Cemagref.

Saur, 2012 : Rapport annuel du délégué du SIAEP de Nanthiat

Saur, 2013 : Rapport annuel du délégué du SIAEP de Nanthiat

Syndicat intercommunal d'alimentation en eau potable (SIAEP) de Nanthiat, 2013 : Rapport sur le prix et la qualité du service public (RPQS) de l'eau potable.

Syndicat intercommunal d'alimentation en eau potable de Nanthiat, 2012 : Rapport sur le prix et la qualité du service public (RPQS) de l'eau potable.

Réseau francophone sur l'eau et l'assainissement (RéFEA), s.d. : Fiche technique *Construction d'une fosse septique*.

Ouertani I. (2002) Utilisation des filtres plantés de roseaux en assainissement non collectif. ENGREF. 23pp.

Ressources en ligne :

ADES : Fiche de la masse d'eau souterraine *Calcaires jurassiques BV Isle-Dronne secteur hydro p6-p7*. Consulté le 06/02/2015 sur <http://www.ades.eaufrance.fr/fmasseseau/2009/FRFG003.pdf>

ADES : Fiche Station de mesure des eaux souterraines, code national du point d'eau : 07594X0016/L.26. Consulté le 04/02/2015 sur <http://www.ades.eaufrance.fr/FichePtEau.aspx?code=07594X0016/L.26>

ADES : Fiche Station de mesure des eaux souterraines, code national du point d'eau : 07594X0016/L.26. Consulté le 04/02/2015 sur <http://www.ades.eaufrance.fr/FichePtEau.aspx?code=07594X0016/L.26>

Banque HYDRO : station de mesures hydrométriques située sur la commune de *Corgnac-sur-l'Isle*. Consulté le 06/02/2015 sur <http://www.hydro.eaufrance.fr>

BRGM : Fiche descriptive de la donnée BSS Eau Code nationale 07357X0003/HY. Consulté le 04/02/2015 sur http://fichebsseau.brgm.fr/bss_eau/fiche.jsf?code=07357X0003/HY

BRGM : Fiche descriptive de la donnée BSS Eau Code nationale 07594X0016/L.26. Consulté le 04/02/2015 sur http://fichebsseau.brgm.fr/bss_eau/fiche.jsf?code=07594X0016/L.26

Infoterre : Dossier du sous sol 07357X0003/HY. Consulté le 06/02/2015 sur <http://ficheinfoterre.brgm.fr/InfoterreFiche/ficheBss.action?id=07357X0003/HY>

Infoterre : Dossier du sous sol 07594X0016/L.26. Consulté le 06/02/2015 sur <http://ficheinfoterre.brgm.fr/InfoterreFiche/ficheBss.action?id=07594X0016/L.26>

SIE Adour Garonne : fiche commune. Consulté le 06/02/2015 sur <http://adour-garonne.eaufrance.fr/>

13. Table des illustrations

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Eléments de présentation du SIAEP de Nanthiat	4
Tableau 2 : Présentation des communes adhérentes du SIAEP de Nanthiat – extrait RAD 2013	5
Tableau 3 : Les ressources d'eau du SIAEP de Nanthiat	5
Tableau 4 : Les exports du SIAEP de Nanthiat	6
Tableau 5 : L'assainissement collectif des usagers du SIAEP de Nanthiat	8
Tableau 6 : Hypothèses de mode de rejet des volumes livrés et non livrés par le SIAEP de Nanthiat	11
Tableau 7 : Les masses d'eau souterraines affleurantes ou ressource du SIAEP de Nanthiat	14
Tableau 8 : Les masses d'eau de surface sur le territoire du SIAEP de Nanthiat	14
Tableau 9 : Les bassins versants des masses d'eau de surface du SIAEP de Nanthiat	15
Tableau 10 : Caractérisation de l'état quantitatif de l'Isle à Sarrazac	17
Tableau 11 : Indicateurs de la réalimentation des ressources par les rejets du SIAEP de Nanthiat	22
Tableau 12 : Comparaison des taux de réalimentation selon la méthode de répartition	25
Tableau 13 : Indicateurs de la réalimentation des ressources des UDI du SIAEP de Nanthiat	29
Tableau 14 : Réalimentation des bassins versants d'intérêt	31
Tableau 15 : Taux de rejets adaptés au mois d'août	34
Tableau 16 : Indicateurs de la réalimentation des ressources à l'étiage (Août 2013)	35
Tableau 17 : Délais entre prélèvement et rejet par écoulement	36
Tableau 18 : Taux de rejet des volumes non livrés	36
Tableau 19 : Réalimentation des ressources par les volumes non livrés	37
Tableau 20 : Scénario de réduction des pertes correspondant à une augmentation du rendement de distribution de 10%	37

Liste des figures :

Figure 1 : Représentation schématique des volumes livrés et non livrés par le SIAEP de Nanthiat	10
Figure 2 : Répartition du volume prélevé brut par mode de rejet	12
Figure 3 : Mise en évidence de la problématique de ressource en eau à l'étiage	18
Figure 4 : Répartition du linéaire de réseau des communes sur les masses d'eau souterraines à l'affleurement	20
Figure 5 : Répartition du linéaire de réseau du SIAEP de Nanthiat sur les masses d'eau souterraines à l'affleurement	20
Figure 6 : Répartition du linéaire de réseau de chaque commune sur les bassins versants	21
Figure 7 : Répartition du linéaire de réseau du SIAEP de Nanthiat sur les bassins versants	21

Figure 8 : Origines des volumes qui réalimentent les ressources	22
Figure 9 : Réalimentation annuelle des masses d'eau par les rejets	23
Figure 10 : Répartition communale des surfaces et linéaire de réseau - comparaison des méthodes de répartition des rejets	24
Figure 11 : Destination des volumes rejetés selon la méthode de répartition	26
Figure 12 : Débit de l'Isle au mois d'août 2012	32
Figure 13 : Evolution annuelle de l'évapotranspiration potentielle	32
Figure 14 : Production mensuelle d'eau potable en 2013.....	33
Figure 15 : Répartition par mode de rejet des volumes rejetés au mois d'août	34

Liste des cartes :

Carte 1 : Le système d'AEP du SIAEP de Nanthiat et son environnement	7
Carte 2 : Les masses d'eau souterraines sur le territoire du SIAEP de Nanthiat.....	13
Carte 3 : Les bassins versants et les cours d'eau du territoire du SIAEP de Nanthiat.....	16
Carte 4 : Occupation du sol sur le territoire du SIAEP de Nanthiat (source: CLC 2006).....	19
Carte 5 : Correspondance entre les surfaces occupées et le réseau d'AEP du SIAEP de Nanthiat	25
Carte 6 : Unités de distribution (UDI) du SIAEP de Nanthiat	28
Carte 7 : Aires d'alimentation des points d'intérêts pour la ressource superficielle du SIAEP de Nanthiat	30

14. Annexe : Mesures hydrométriques à la station de Cognac sur l'Isle

9/1/2015

HYDRO - Synthèse



Hydro > Accueil > Recherche > Visualisation des données > Synthèse

Stations : [Tout décocher / cocher](#)

P6081510 L'Isle à Cognac-sur-l'Isle

Procédures :

[FICHE-STATION](#) ?

[QJM](#) ?

[ENTRE2](#) ?

[SYNTHESE](#) ?

[TOUSMOIS](#) ?

[VCN-QCN](#) ?

[QMNA](#) ?

SYNTHESE : données hydrologiques de synthèse (1918 - 2015)

L'ISLE à CORGNAC-SUR-L'ISLE

code station : P6081510 producteur : DREAL Aquitaine
bassin versant : 432 km² e-mail : Bernard.GAILLARD@developpement-durable.gouv.fr

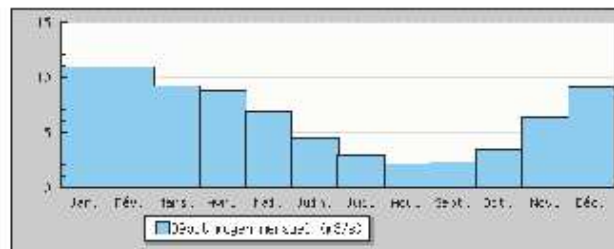
Calculées le 08/01/2015 - Intervalle de confiance : 95 %

écoulements mensuels (naturels) - données calculées sur 97 ans

	janv.	févr.	mars	avr.	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	dec.	année
débits (m ³ /s)	10.90 #	10.90 #	9.190 #	8.750	6.840 #	4.490 #	2.930 #	2.070 #	2.340 #	3.420 #	6.300	9.080 #	6.410
Qsp (l/s/km ²)	25.3 #	25.3 #	21.3 #	20.3	15.8 #	10.4 #	6.8 #	4.8 #	5.4 #	7.9 #	14.6	21.0 #	14.8
lame d'eau (mm)	67 #	63 #	57 #	52	42 #	26 #	18 #	12 #	14 #	21 #	37	56 #	470

Qsp : débits spécifiques

Les codes de validité affichés sont :
 . (espace) : valeur bonne
 ! : valeur reconstituée par le gestionnaire et jugée bonne
 # : valeur estimée (mesurée ou reconstituée) que le gestionnaire juge incertaine



modules interannuels (loi de Gauss - septembre à août) - données calculées sur 97 ans

module (moyenne)
6.410 [5.990;6.830]

	fréquence	quinquennale sèche	médiane	quinquennale humide
débits (m ³ /s)		4.700 [4.200;5.200]	6.400 [5.700;7.300]	8.100 [7.700;8.600]

Les valeurs entre crochets représentent les bornes de l'intervalle de confiance dans lequel la valeur exacte du paramètre estimé a 95% de chance de se trouver.



L'ISLE à CORGNAC-SUR-L'ISLE

Tableau des valeurs mensuelles et annuelles -Q (m3/s) - QMxA =15.06

V	Année	Sep	V	Oct	V	Nov	V	Dec	V	Jan	V	Fev	V	Mar	V	Avr	V	Mai	V	Jui	V	Jui	V	Aou	V	Moy/Total
	1996 - 97	1.00	#	2.52		8.22		9.78		4.50		8.54		4.41		2.25		5.54		2.84		5.28		2.45		4.76
	1997 - 98	1.74		0.94		5.49		12.56		21.22	#	5.18		4.04	#	14.26		5.84		3.45		1.36	#	1.19		6.45
	1998 - 99	1.47	#	2.91		4.38		5.17		8.46		10.93		9.81		10.38		6.79		3.08		1.79		1.89		5.72
	1999 - 00	1.93		2.74		3.21		16.56		7.31		11.73		10.32		13.21		7.88		4.18		2.65		1.29		6.91
	2000 - 01	1.19		2.64		23.33		11.66		14.62		10.03		20.62		13.75		12.90		4.52		5.21		2.38		10.23
	2001 - 02	1.98		3.28		2.65		4.19		3.41		5.92		6.84		4.45		5.98		6.03		1.88	#	1.78		4.02
	2002 - 03	1.65		3.28		9.57		10.06		13.98		12.31	#	7.96		4.17		5.91		3.55		1.76		1.09	#	6.24
	2003 - 04	0.91	#	2.69	#	4.43		7.03		18.63		6.34		5.80		8.57		6.29		2.37		1.82		3.33	#	5.70
	2004 - 05	1.76		2.17		2.18		5.42		4.51		4.27		3.76		9.29		3.86		1.61	#	1.09	#	0.68	#	3.37
	2005 - 06	0.84	#	0.96	#	1.40		3.11	#	4.68		10.22		17.19		7.79		3.26		1.49	#	1.28	#	0.97	#	4.42
	2006 - 07	1.39	#	1.66		3.64		6.64		8.83		14.99		15.56		5.34		5.46		13.86	#	4.20		3.23		6.93
	2007 - 08	2.20		2.15		2.53		6.93		13.80		6.75		10.91		11.39		14.21	#	7.27		2.60		2.16		6.92
	2008 - 09	2.13	#	2.31		4.81		10.07		13.72		6.57		4.22		8.77		7.51		3.93		1.64		1.18	#	5.57
	2009 - 10	1.05		1.36	#	4.15		7.58		10.99		10.01		7.84		8.71		4.18		9.26		2.28		1.53		5.71
	2010 - 11	1.30		1.87		8.09		8.66		5.66		5.17		3.86		2.62		1.67		1.39		0.89	#	0.94	#	3.51
P	2011 - 12	0.79	#	0.83	#	1.37		6.70		6.66		2.68		2.02		8.49		5.64		4.56		1.69		0.81	#	3.54
P	2012 - 13	1.16	#	2.11		3.13		11.18		13.63		16.90		7.94		7.98		7.19		6.15		2.02	#	1.12	#	6.65
P	2013 - 14	1.32	#	2.13		9.28		7.35		14.49		24.30		13.59		5.44		5.21		2.41	#	2.11	#	1.13	#	7.29
P	2014 - 14	0.90	#	1.56	#	3.83		3.01	#	-		-		-		-		-		-		-		-		-

Tableau des moyennes inter annuelles

	Sep	V	Oct	V	Nov	V	Dec	V	Jan	V	Fev	V	Mar	V	Avr	V	Mai	V	Jui	V	Jui	V	Aou	V	Moy/Total
Moyenne	2.34		3.42		6.30		9.08		10.97		11.03		9.28		8.77		6.87		4.54		2.95		2.09		6.45
Nb valeurs	66		66		66		66		65		65		65		65		65		65		65		65		0,65

Onema

*Hall C – Le Nadar
5, square Félix Nadar
94300 Vincennes*

01 45 14 36 00

www.onema.fr

Irstea

*1 rue Pierre-Gilles de Gennes
CS 10030,
92761 Antony cedex*

01 40 96 61 21

www.irstea.fr