



HAL
open science

Projet SoPoLo La REUT, une solution possible localement? Évaluations économiques et sociales préalables à un projet

Myriam Campardon, Florent Hubert, Sébastien Loubier

► To cite this version:

Myriam Campardon, Florent Hubert, Sébastien Loubier. Projet SoPoLo La REUT, une solution possible localement? Évaluations économiques et sociales préalables à un projet. INRAE. 2018, pp.187. hal-04119374

HAL Id: hal-04119374

<https://hal.inrae.fr/hal-04119374v1>

Submitted on 6 Jun 2023

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.

Public Domain

Projet SoPoLo

La REUT, une solution possible localement? Évaluations économiques et sociales préalables à un projet

T1 : Méthodologie d'analyse spatiale des
potentialités locales de réutilisation des eaux
usées traitées

Février 2018

Auteurs¹ par ordre alphabétique

Myriam Campardon, Florent Hubert et Sébastien Loubier

¹INRAE – UMR G-Eau



Sommaire

Liste des figures	5
Liste des tableaux	6
Liste des sigles et abréviations	7
Glossaire	8
Introduction	9
1 La réutilisation des eaux usées traitées, une réponse?	11
1.1 Bref état des lieux de la REUT en France et dans le monde	11
1.2 La gestion de l'eau, un domaine encadré	12
1.2.1 La gouvernance de l'eau en France et en Europe	12
1.2.2 Une réglementation naissante pour la REUT...	13
1.2.3 ...qui est amenée à évoluer	14
1.3 La ressource en eau, état des lieux sur les pressions	15
1.3.1 Des prélèvements en diminution partagés entre l'agricole et le domestique :	15
1.3.2 Un climat chaud dont l'évolution soulève des questions.	18
1.3.3 Une pression administrative liée à un impératif environnemental et social	19
1.4 Le projet SoPoLo, la réponse à un impératif méthodologique	20
1.4.1 Brève présentation du territoire d'étude	21
1.4.2 Acteurs et partenaires	23
1.4.3 Un projet dont les tâches communiquent entre-elles...	24
1.4.4 ...et qui s'inscrit dans la continuité	25
1.5 Présentation de la tâche 1 : Caractérisation des potentialités spatiales de REUT	26
1.5.1 L'analyse des potentialités spatiales de REUT, un sujet peu étudié	26
1.5.2 Des objectifs multiples traduisant un phénomène complexe.	26
1.5.3 Réalisations en réponses aux objectifs	27
1.6 Le système d'information géographique, un outil privilégié pour l'étude des problèmes à référence spatiale	28
1.6.1 Quelques définitions préalables	28
1.6.2 Les étapes d'une analyse spatiale intégrée à un SIG (cadre d'analyse)	29
2. Une première phase d'étude orientée sur les besoins et offre en eau	31
2.1 Des interrogations liées au milieu et aux stations	31
2.2 Dictionnaire des données	32

2.3	Un territoire présentant une hydrographie complexe _____	33
2.4	L'évaluation de l'offre en eau _____	36
2.4.1	Une couverture des stations variable du Nord au Sud _____	36
2.4.2	La zone hydrographique, outil de lien entre milieu et STEP _____	37
2.5	Quelle caractérisation du besoin en eau? _____	39
2.5.1	Le déficit hydrique, une grandeur dépendante de l'environnement _____	39
2.5.2	Des espaces verts et structures sportives difficiles à caractériser _____	44
2.6	Éléments de résultats sur l'offre et le besoin en eau _____	45
2.6.1	Une offre fortement limitée par un milieu contraignant _____	45
2.6.2	Un déficit relativement faible pour la vigne _____	46
2.7	Des contraintes et limites diverses pour la méthode _____	49
2.7.1	Des échelles variables _____	49
2.7.2	Un manque de données contraignant _____	49
2.7.3	Des données de STEP ralentissant l'étude _____	49
2.7.4	Une approche non sans défauts _____	50
2.8	Conclusion partielle : des questions encore à résoudre _____	51
3.	<i>L'élaboration d'indicateurs, une démarche complexe mais valorisable</i> _____	52
3.1	Une dichotomie entre accessibilité et intérêt _____	52
3.2	Dictionnaire des données _____	53
3.3	Un besoin de redéfinition de l'occupation du sol _____	54
3.3.1	Des données non adaptées à la méthode _____	54
3.3.2	Sources alternatives et points principaux à conserver pour la méthodologie _____	55
3.4	Etude de l'accessibilité des parcelles _____	56
3.4.1	Définition des critères _____	56
3.4.2	Traitement de l'information géographique, établissement d'une carte de coût _____	57
3.4.3	Application : un résultat prometteur mais devant être valorisé _____	59
3.5	Mesure de l'intérêt zonal, une approche multicritère plus complexe _____	60
3.5.1	Définition des critères _____	60
3.5.2	Diagramme de croisement et démarche d'analyse _____	61
3.5.3	Formulation d'un indicateur d'intérêt zonal absolu et relatif _____	64
3.6	Quelques limites et contraintes sur la démarche méthodologique _____	67
3.6.1	Une échelle variable mais compensée par l'approche multicritère _____	67
3.6.2	Des limitations techniques évidentes _____	67

3.6.3	Un besoin de manipulation fort mais qui peut être limité _____	67
3.6.4	Les limites d'une approche par réseau _____	67
3.7	Eléments de conclusion sur l'étude des potentialités de REUT _____	69
3.7.1	Une méthodologie perfectible mais qui ouvre des possibilités _____	69
3.7.2	Perspectives de travail et repositionnement dans le projet _____	69
4.	Conclusion générale _____	71
5.	Bibliographie _____	73
6.	Annexes _____	77
	Annexe 1 : Fiches métadonnées _____	78
	Annexe 2 : Diagrammes de croisements _____	90
	Annexe 3 : Etudes Volumes Prélevables _____	94
	Annexe 4 : Liste des stations d'épuration _____	104
	Annexe 5 : Point sur la réglementation autour de la REUT _____	107
	Annexe 6 : Construction d'une carte d'occupation du sol _____	114
	Annexe 7 : Précisions techniques sur le bilan hydrique _____	119
	Annexe 8 : Reclassement des critères pour l'intérêt zonal _____	129
	Annexe 9 : Cartes _____	130

Liste des figures

Figure 1 : Réutilisation mondiale de l'eau après un traitement avancé (tertiaire) : Part de marché par application. Source : UNESCO, 2017, d'après les données de Global Water Intelligence	11
Figure 2 : Evolution de la population entre 1999 et 2015 (base 100 en 1999). Source : INSEE, estimations au 1 ^{er} janvier.....	15
Figure 3 : Evolution des prélèvements d'eau de surface entre 2008 et 2013 (base 100 en 2008). Source : Données Agences de l'eau, estimations SOeS.....	15
Figure 4 : Evolution des prélèvements d'eau de profondeur entre 2008 et 2013 (base 100 en 2008). Source : Données Agences de l'eau, estimations SOeS.....	16
Figure 5 : Evolution des prélèvements en eau destinées à un usage domestique (moyenne annuelle en m ³ /hab.). Source : Données Agences de l'eau, estimations SOeS, INSEE.....	17
Figure 6 : Localisation du territoire d'étude (à gauche, EPCI en gris) et sous-secteurs hydrographiques (à droite). Sources : OpenStreetMap, SCAN Régional®, BD Carthage®	21
Figure 7 : Réseau hydrographique du territoire d'étude (tronçons en bleu clair, cours d'eau DCE en bleu, principaux cours en bleu foncé)	22
Figure 8 : Organisation des tâches du projet SoPoLo (réalisation : S. Loubier)	24
Figure 9 : Comparaison de référentiels hydrologiques.	33
Figure 10 : Formations karstiques et bassin d'alimentation du Lez. Sources : BD LISA, BRGM, OpenStreetMap.....	34
Figure 11 : Découpage des bassins de la BD Carthage®	35
Figure 12 : Localisation et débits des stations d'épuration sur le territoire d'étude. Sources : BD Carthage, Ministère chargé de l'Environnement, OpenStreetMap	36
Figure 13 : Bilans des prélèvements sur les volumes prélevables nets par zone hydrographique. Source : Etudes Volumes Prélevables	38
Figure 14 : Relation entre humidité du sol, texture et réserve utile. D'après Morel, 1996.	40
Figure 15 : Lien entre strate, UTS et UCS (d'après INRA, US 1106 InfoSol, Orléans, 2012b)	41
Figure 16 : Evolution du coefficient cultural du blé tendre. Source : BRL, 2015.....	43
Figure 17 : Décompte des stations suivant le nombre de mois en période d'étiage où la différence entre débit des stations et bilan des prélèvements est positive	45
Figure 18 : Déficit hydrique des parcelles, étangs de l'Or. Source : BD Ortho®, OpenStreetMap, BDSol L-R, RPG	46
Figure 19 : Surfaces par classe de déficit hydrique pour les parcelles présentes dans le RPG.....	47
Figure 20 : Surfaces viticoles par classe de déficit hydrique	47
Figure 21 : Couverture des réseaux existants et planifiés sur le territoire d'étude.....	48
Figure 22 : Zone hydrographique du Ruisseau du Coulazou.....	52
Figure 23 : Coût cumulé de contrainte par pixel pour atteindre la station de Fabrègues	59

Figure 24 : Exemple de superposition pondérée	62
Figure 25 : Diagramme de croisement général pour l'obtention d'un indicateur d'intérêt zonal.....	63
Figure 26 : Indicateur d'intérêt zonal absolu.....	64
Figure 27 : Indicateur d'intérêt relatif	65

Liste des tableaux

Tableau 1 : Volumes d'eau souterraine prélevés par secteur dans l'Hérault (%)	16
Tableau 2 : Volumes d'eau de surface prélevés par secteur dans l'Hérault (%)	16
Tableau 3 : Prélèvements en eau de surface par secteurs hors hydroélectricité et alimentation des canaux (%) en 2013. Sources : Données Agences de l'Eau, estimation SOeS.	17
Tableau 4 : Etat des lieux 2013 dans le bassin Rhône-Méditerranée (Comité de bassin Rhône-Méditerranée, 2013)	19
Tableau 5 : Attentes et enjeux des différents acteurs impliqués dans le projet SoPoLo.....	23
Tableau 6 : Sources de données pour l'étude des déficits et offres en eau.	32
Tableau 7 : Nomenclature du Registre Parcellaire Graphique	42
Tableau 8 : Surfaces viticoles selon le RPG, la BD Topo® et les données des douanes :	43
Tableau 9 : Surfaces agricoles compatibles avec les EUT de qualité A, B ou C (aucune compatible avec la catégorie D)	46
Tableau 10 : Nomenclature de la couche d'occupation du sol développée.	54
Tableau 11 : Indice d'impédance par catégorie d'occupation du sol.....	58
Tableau 12 : Classes d'usages pour la mesure d'intérêt zonal	61
Tableau 13 : Matrice des préférences pour les quatre facteurs	62
Tableau 14 : Construction de l'indice d'intérêt relatif.	65

Liste des sigles et abréviations

3M :	Montpellier Méditerranée Métropole
ADEME :	Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
AE :	Agence de l'Eau
AE RMC :	Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse
APPB :	Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope
ARS :	Agence Régionale de Santé
AS :	Analyse Spatiale
CA34 :	Chambre d'Agriculture de l'Hérault
CCGPSL :	Communauté de Communes du Grand Pic Saint-Loup
CD34 :	Conseil Départemental de l'Hérault
CGDD :	Commissariat Général au Développement Durable
CLE :	Commission Locale de l'Eau
DCE :	Directive Cadre sur l'Eau
DMB :	Débit Minimum Biologique
DOE :	Débit Objectif d'Etiage
EIDER :	Ensemble Intégré des Descripteurs de l'Environnement Régional
EPCI :	Etablissement Public de Coopération Intercommunale
ETM :	EvapoTranspiration Maximale
ETP :	EvapoTranspiration Potentielle
EUT :	Eaux Usées Traitées
EVP :	Etude Volumes Prélevables
G-EAU :	Gestion de l'Eau, Acteurs, Usages
IRSTEA :	Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture
LEMA :	Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques
MEDDE :	Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (2012-2016)
NOTRe (loi) :	Nouvelle Organisation Territoriale de la République
ONEMA :	Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques
REUT :	Réutilisation des Eaux Usées Traitées
RNABE :	Risque de Non-Atteinte du Bon Etat
RNAOE :	Risque de Non-Atteinte des Objectifs Environnementaux
RRP :	Référentiel Régional Pédologique
SAGE :	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SciG :	Science de l'Information Géographique
SDAGE :	Schéma Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SIG :	Système d'Information Géographique
SOeS :	Service de l'Observation et des Statistiques
STEP (STEU) :	STation d'ÉPuration (de Traitement) des eaux usées
UCS :	Unité Cartographique de Sol
UE :	Union Européenne
UMR :	Unité Mixte de Recherche
UNESCO :	Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture
UTS :	Unité Typologique de Sol

Glossaire

Débit Minimum Biologique (DMB) : débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces aquatiques dans le cours d'eau

Débit Objectif d'Étiage (DOE) : débit pour lequel le bon état écologique du cours d'eau est satisfait en permanence, ainsi qu'en moyenne 8 années sur 10.

Volume prélevable : Le volume prélevable est le volume permettant la satisfaction permanente des besoins des milieux aquatiques et celle des usages 4 années sur 5.

Zone : Aire d'extension d'un phénomène donné. (Bavoux, 1998)

Territoire : Étendue de terre qui dépend d'un empire, d'une province, d'une juridiction. (Bavoux, 1998)

Système : Ensemble organisé d'éléments en relation les uns avec les autres. (Bavoux, 1998)

Espace géographique : Ensemble de lieux et de relations entre les lieux, définies par les interactions entre des acteurs sociaux localisés. Produits de l'organisation des sociétés et de la nature, agents du maintien et du développement des sociétés sur leur territoire. (Pumain et al., 1997)

SIG : système de gestion de base de données conçu pour saisir, stocker, manipuler, analyser et afficher des données à référence spatiale en vue de résoudre des problèmes complexes de gestion et de planification. (Laaribi, 2000)

Introduction

En assainissement, les eaux usées traitées (EUT) sont généralement restituées au milieu naturel en sortie de station, cependant il est possible, sous certaines conditions, de réutiliser ces eaux à des fins alternatives telles que l'irrigation des parcelles agricoles, des espaces verts ou encore de golfs. Les stations d'épuration des eaux usées (STEP) deviennent alors une source d'eau alternative, ce concept est connu sous le nom de réutilisation des eaux usées traitées (REUT ou wastewater reuse en anglais).

En tant que source d'eau alternative, la REUT suscite un intérêt croissant de la part d'institutions publiques, nationales et internationales, des gestionnaires de l'eau ou encore des organismes de recherche. En effet l'eau propre et l'assainissement font partie des 17 objectifs du développement durable de l'agenda 2030 et l'UNESCO a consacré son rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau 2017 sur la question de la réutilisation des eaux usées traitées, qu'elle identifie notamment comme « source abordable et durable d'eau, d'énergie, de nutriments, de matières organiques et d'autres sous-produits utiles. » dans un contexte où 80 % des eaux usées produites dans le monde ne sont pas traitées (Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau, 2017)

Motivée par les questions d'économies en eau et de préservation des milieux sensibles, l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse (AE RMC) a lancé en 2015 un appel à projet pour consolider les connaissances sur le sujet.

C'est dans ce contexte que l'UMR G-EAU (IRSTEA Montpellier), en association avec les Communautés de Communes du Grand Pic Saint-Loup et de Montpellier Méditerranée Métropole, la Chambre d'Agriculture de l'Hérault et le Conseil Départemental de l'Hérault a répondu à cet appel en se portant pilote du projet SoPoLo (« La réutilisation des eaux usées traitées : une Solution Possible Localement? ») visant à « mieux caractériser la demande en EUT, les attitudes et perceptions des décideurs, usagers et consommateurs finaux » sur un territoire test composé des deux communautés de communes. En particulier le manque de méthodologie d'étude globale de ces différents critères est souvent identifié comme un frein majeur pour le développement des projets de réutilisation des eaux usées traitées puisqu'un tel outil faciliterait la compréhension et l'évaluation des différents projets par les décideurs.

Parmi les différentes questions identifiées celle de l'analyse des potentialités spatiales de projet de REUT fait l'objet du présent rapport.

Ce rapport s'attachera donc dans un premier temps à proposer une description du contexte dans lequel s'inscrivent la REUT et le projet SoPoLo pour ensuite proposer une méthode d'évaluation des besoins et offres en eau qui aboutira dans une troisième partie à la formulation d'indicateurs de potentialité. Le logiciel utilisé pour réaliser cette analyse spatiale est le logiciel ArcGIS.

En annexe 10 figure un document technique permettant de transposer dans QGIS (en accès libre) la méthode développée sous ArcGIS. Cette méthode transposée a fait l'objet d'une formation interne auprès des partenaires du projet le 12 octobre 2018.

1 La réutilisation des eaux usées traitées, une réponse?

1.1 Bref état des lieux de la REUT en France et dans le monde

Comme mentionné en introduction la REUT est une question à l'ordre du jour des discussions à l'UNESCO. En effet celle-ci souligne que la REUT est largement développée dans multiples régions du monde comme le Moyen-Orient (Israël, Jordanie, Koweït), le pourtour Méditerranéen (Tunisie, Turquie), la Chine, le Mexique, l'Australie, la Californie ou encore Singapour. Pour ces trois derniers exemples on peut noter que les eaux usées traitées sont également utilisées pour la consommation des ménages. Un autre usage notable est le soutien aux services écosystémiques (services ou biens fournis par les écosystèmes à l'Homme) dans des pays comme le Japon, le Koweït ou le Mexique.

La réutilisation des eaux usées, bien que de plus en plus citée, n'est pas pour autant un procédé récent, en effet la ville de Windhoek (Namibie) conduit depuis 1969 un projet de REUT à des fins de production d'eau potable.

Si certains pays font un usage massif de leurs eaux usées traitées (Jordanie : 90% des volumes utilisés pour l'irrigation), on ne peut pas en dire autant pour la France : en effet on estime que seuls 20 000m³ d'eau/jour sont utilisés à des fins de REUT soit 0,15% des volumes annuels produits en 2010 (Ben Maïd, CGDD, 2014 ; Loubier, Declercq, 2014).

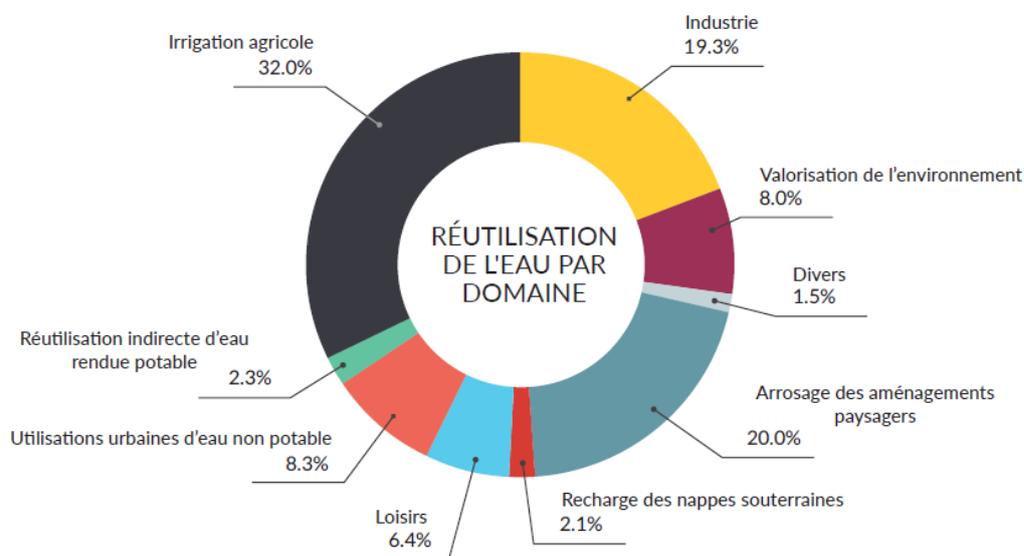


Figure 1 : Réutilisation mondiale de l'eau après un traitement avancé (tertiaire) : Part de marché par application. Source : UNESCO, 2017, d'après les données de Global Water Intelligence

1.2 La gestion de l'eau, un domaine encadré

1.2.1 La gouvernance de l'eau en France et en Europe

Le contexte européen en matière de gestion de la ressource en eau est marqué par une réglementation stricte articulée autour de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau du 23 octobre 2000 ou DCE qui définit la notion de « bon état » chimique et écologique des masses d'eaux et engage les états membres à tendre vers ces dits états. Les questions de respect des normes, de transparence, de principe du pollueur-payeur y sont notamment abordées. Néanmoins en France des textes antérieurs organisent déjà la gestion de la ressource en eau, parmi lesquels figurent la loi du 16 décembre 1964 ainsi que la loi du 3 janvier 1992.

Le premier texte subdivise le territoire national en 12 bassins versants (dont 7 en métropole) et crée les agences de l'eau (AE) qui encadrent les collectes de ressources et par application du principe du pollueur-payeur. Le second texte quant à lui franchit une étape supplémentaire dans la protection des masses d'eaux en reconnaissant dans son 1er article que « l'eau fait partie du patrimoine commun de la nation ». En outre elle instaure l'élaboration des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) propres à chacun des bassins hydrographiques majeurs. L'article 44 de la loi du 3 janvier 1992 met également en place des comités de bassins ayant notamment pour mission l'élaboration desdits SDAGE. Ces derniers sont éventuellement déclinés au niveau de sous-bassins (« correspondant à une unité hydrographique ou à un système aquifère ») en schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE). Ces derniers schémas sont quant à eux gérés par une Commission Locale de l'Eau (CLE).

Comme leurs noms l'indiquent, ces schémas ont pour objet la gestion équilibrée de la ressource en eau, selon le texte de loi celle-ci consiste notamment en :

- « la préservation des écosystèmes aquatiques, des sites et des zones humides ;
- la protection contre toute pollution et la restauration de la qualité des eaux superficielles et souterraines et des eaux de la mer dans la limite des eaux territoriales;
- le développement et la protection de la ressource en eau;
- la valorisation de l'eau comme ressource économique et la répartition de cette ressource »

La **Directive Cadre Européenne 2000/60/CE**, transcrite dans le droit français par la loi du 21 avril 2004 a entraîné l'adaptation des différents schémas et structures créés par les précédentes lois (alors abrogées par l'**ordonnance n° 2000-914** du 18 septembre 2000) au cadre communautaire. La DCE fixait notamment pour horizon 2015 l'atteinte du « bon état des eaux » dans toute l'Europe avec d'éventuels reports de délais pour les horizons 2021 et 2027. (Parlement Européen, 2000 ; République Française, 2000)

La DCE définit notamment une méthode de travail pour chacun des Etat membres en cycles de 6 ans basée sur la construction de quatre documents majeurs que sont :

- un état des lieux sur les « caractéristiques du district hydrographique, étude des incidences de l'activité humaine sur l'environnement et analyse économique de l'utilisation de l'eau » (art.5)
- un plan de gestion « élaboré pour chaque district hydrographique entièrement situé sur leur territoire » (art.13)
- un programme de mesure « qui tient compte des résultats des analyses prévues à l'article 5 [état des lieux], afin de réaliser les objectifs fixés à l'article 4 [objectifs environnementaux] » (art.11)

- un programme de surveillance « de l'état des eaux afin de dresser un tableau cohérent et complet de l'état des eaux au sein de chaque district hydrographique » (art.8)

En 2006 et 2008 deux directives complémentaires (directive 2006/118/CE du 12 décembre 2006 et directive 2008/105/CE du 16 décembre 2008) sont construites et encadrent la protection des masses souterraines et l'établissement de normes de qualité environnementale.

Enfin dernier texte majeur, la loi du 30 décembre 2006 plus connue sous le nom de Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) introduit la notion « [d']*adaptations nécessaires au changement climatique* » dans la politique de gestion de la ressource en eau. En outre elle crée l'Office national de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA) ayant pour mission de « *de mener et de soutenir au niveau national des actions destinées à favoriser une gestion globale, durable et équilibrée de la ressource en eau, des écosystèmes aquatiques, de la pêche et du patrimoine piscicole* ». Elle apporte des modifications aux modalités de tarifications dans un souci de transparence envers le consommateur, modernise et renforce les outils et institutions pour mieux atteindre les objectifs fixés par la DCE. (République Française, 2006)

1.2.2 Une réglementation naissante pour la REUT...

En France comme dans le reste de l'Union Européenne la question des eaux usées et de leur devenir fait l'objet d'une réglementation dense, articulée autour de la directive 91/271/CEE du Conseil du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires (modifiée par la suite) dont l'objet est la protection de « l'environnement contre une détérioration due aux rejets des eaux résiduaires précitées ». Sur le territoire national quatre textes font notamment référence :

- les articles L1331-1 à L1331-31 du Code de la santé publique ;
- l'article L2224-8 du Code général des collectivités territoriales ;
- l'arrêté du 27 avril 2012 relatif aux modalités de l'exécution de la mission de contrôle des installations d'assainissement non collectif ;
- et l'arrêté du 7 septembre 2009 fixant les obligations applicables aux installations d'assainissement non collectif.

La loi distingue deux types d'assainissement public : l'assainissement collectif (organisé en réseau et stations de traitement des eaux usées) et l'assainissement non collectif (fosses, épandage, ...). Jusqu'à présent le zonage des différents types d'assainissement était effectué par les communes dans leurs documents d'urbanismes, ces dernières disposant de la compétence assainissement. Néanmoins **la loi NOTRE** du 7 août 2015 acte le transfert de cette compétence des communes vers les établissements publics de coopération intercommunale ou EPCI à compter du 1^{er} janvier 2020 (République Française, 2015), mettant en évidence l'intérêt des intercommunalités à se pencher sur la question de la réutilisation des eaux usées traitées comme nous le verrons.

Bien que les réglementations autour de la protection des milieux aquatiques et l'assainissement public fassent l'objet de travaux de longue date (loi du 8 avril 1898 sur le régime des eaux), le cadre législatif autour de la REUT est quant à lui récent et en réflexion.

En effet à cette heure seuls trois textes constituent l'intégralité du corpus législatif autour de la REUT, à savoir :

- l'arrêté du 2 août 2010 relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts ;
- l'arrêté du 25 juin 2014 qui modifie le précédent ;

- et l'instruction interministérielle N° DGS/EA4/DEB/DGPE/2016/135 du 26 avril 2016 qui en précise les modalités d'application

Un détail des règles alimentera corpus lorsque la réglementation impliquera des contraintes vis-à-vis de la méthodologie.

A noter que la réglementation actuelle ne fait nullement mention de zonages environnementaux tels que Natura2000 ou encore les arrêtés préfectoraux de protection de biotope (APPB). (Ministère en charge de l'environnement, 2010 ; Ministère des affaires sociales et de la santé, 2014 ; Ministère en charge de l'environnement et al., 2016)

1.2.3 ...qui est amenée à évoluer

A l'heure actuelle il n'existe pas de directive à l'échelle de l'Europe qui encadre la réutilisation des eaux usées traitées, pour autant un certain nombre de réflexions sont en cours, deux consultations publiques ayant notamment été réalisées par l'Union Européenne en 2014 et 2017, portant respectivement sur les outils pouvant être mis en place pour favoriser les projets de REUT et les standards minimaux de qualité des eaux usées traitées en Europe. En 2012, une communication de la Commission Européenne (« Plan d'action pour la sauvegarde des ressources en eau de l'Europe ») mentionnait également que « *la réutilisation de l'eau à des fins d'irrigation ou à des fins industrielles, a été citée comme méritant l'attention de l'UE* ». Il faut donc s'attendre d'ici quelques années à ce que le cadre réglementaire autour de la REUT se précise en Europe. En ce qui concerne les évolutions dans la législation nationale, l'Agence Régionale de Santé (ARS), interrogée sur la question lors de ce travail, nous réponds :

« Des réflexions sont en cours au niveau national, portant sur des possibilités d'évolution de la réglementation (niveaux de qualité des eaux usées traitées [...] sans limitation d'usage, simplifications administratives, ...). Le cadre réglementaire national pourrait être amené à évoluer afin de prendre en compte les éléments qui auront pu être validés aux niveaux européen et national. Un texte devrait notamment sortir sur la recharge de nappe. »

Si à l'avenir les réglementations françaises mais aussi européennes se trouvaient harmonisées, simplifiées et complétées, on pourrait s'attendre à une évolution favorable de la dynamique des projets de REUT dans les années qui viennent.

1.3 La ressource en eau, état des lieux sur les pressions

Comme mentionné en introduction, le présent travail s'intéresse au département de l'Hérault. A ce titre il convient de poser un regard sur la situation de la ressource en eau locale et de la consommation de cette dernière afin de mieux saisir les enjeux lui étant liés. Quels sont les différents prélèvements en eau effectués, à quels postes sont-ils attribués et dans quels sens évoluent-ils? En parallèle de cela on peut se demander quelles évolutions sont observées et attendues concernant le climat méditerranéen. En effet ce dernier est susceptible d'impacter la ressource en eau autant sur sa disponibilité que sa qualité et l'intensité des usages qui en sont fait.

1.3.1 Des prélèvements en diminution partagés entre l'agricole et le domestique :

Pour pouvoir répondre à cette question a été utilisée la base de données EIDER (Ensemble Intégré des Descripteurs de l'Environnement Régional), qui rassemble un grand nombre de données de sources différentes, agrégées aux échelles nationales, régionales et départementales et permettant d'observer leurs évolutions. En particulier ici il est intéressant de poser un regard sur l'évolution de la démographie, des prélèvements en eau et de la consommation domestique. Afin de pouvoir comparer le département de l'Hérault à la région Languedoc-Roussillon et au territoire national, certaines évolutions ont été représentées sous forme d'indice base 100.

Un premier regard sur l'évolution de la population et des prélèvements permet de constater que ces derniers, qu'ils soient de surface ou de profondeur ont diminués entre 2008 et 2013 tandis que sur la même période la population n'a cessé d'augmenter, ceci étant vrai pour chacune des échelles étudiées (figure 2 à 4).

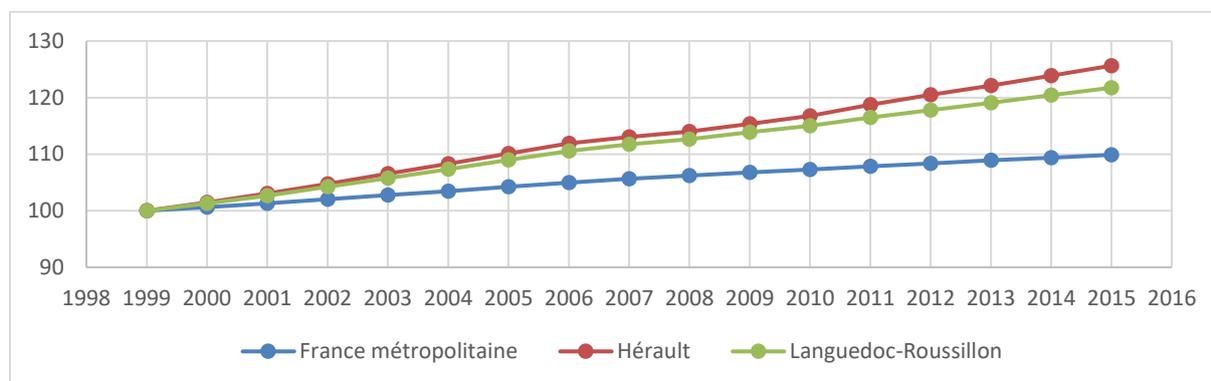


Figure 2 : Evolution de la population entre 1999 et 2015 (base 100 en 1999). Source : INSEE, estimations au 1^{er} janvier.

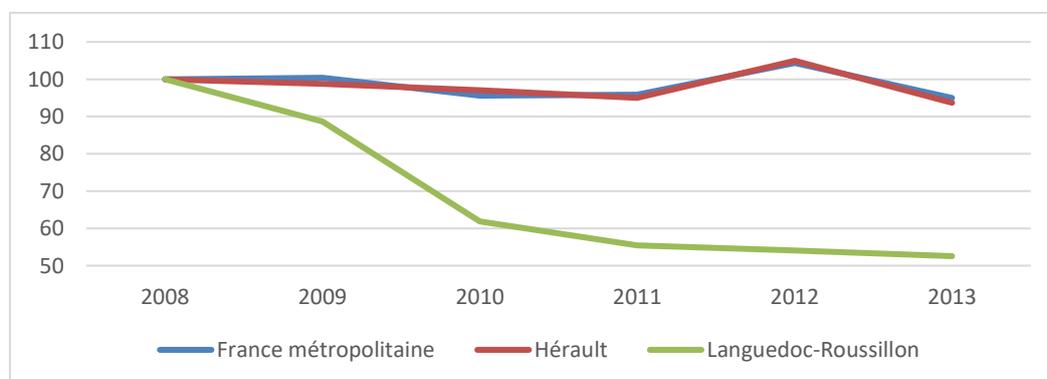


Figure 3 : Evolution des prélèvements d'eau de surface entre 2008 et 2013 (base 100 en 2008). Source : Données Agences de l'eau, estimations SOeS.

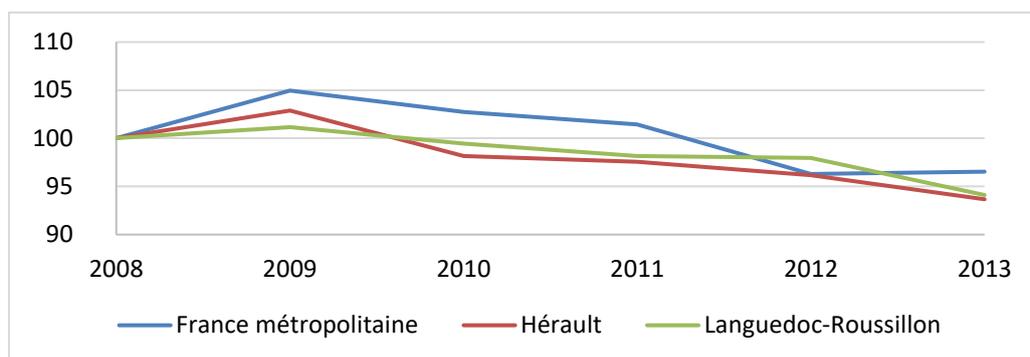


Figure 4 : Evolution des prélèvements d'eau de profondeur entre 2008 et 2013 (base 100 en 2008). Source : Données Agences de l'eau, estimations SOEs.

Dans le détail, il apparaît que certains postes représentent la majeure partie des prélèvements souterrains ou de surface. En effet les eaux destinées à un usage domestique représentent en 2013 91% des prélèvements souterrains tandis que l'agriculture contribue aux ⅓ des prélèvements de surface, des proportions stables dans le temps (tableaux 1 et 2).

Ne sont pas pris en compte ici les prélèvements liés à l'hydroélectricité et aux canaux, ceux-ci étant majoritairement restitués au milieu naturel (à hauteur de 90% pour les prélèvements liés à l'électricité) (CGDD/SOeS, 2012).

Tableau 1 : Volumes d'eau souterraine prélevés par secteur dans l'Hérault (%)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Agriculture	3%	3%	3%	3%	4%	3%
Industrie	5%	6%	3%	6%	7%	6%
Domestique	92%	91%	94%	91%	89%	91%
Total (hors énergie, et canaux)	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tableau 2 : Volumes d'eau de surface prélevés par secteur dans l'Hérault (%)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Agriculture	76%	76%	75%	73%	73%	75%
Industrie	4%	6%	8%	8%	7%	6%
Domestique	20%	18%	17%	19%	19%	19%
Total (hors énergie, et canaux)	100%	100%	100%	100%	100%	100%

En 2009 le Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) positionnait la région Languedoc-Roussillon 3^{ème} plus fort ratio de volumes d'eau prélevés pour un usage potable par habitant avec 121m³/habitant. A titre de comparaison, la moyenne nationale se situait à 85m³/habitant (CGDD/SOeS, 2012). Selon les données fournies par la base EIDER, la consommation moyenne annuelle d'eau domestique est en diminution sur la période 2008-2013 quelle que soit l'échelle considérée (figure 5).

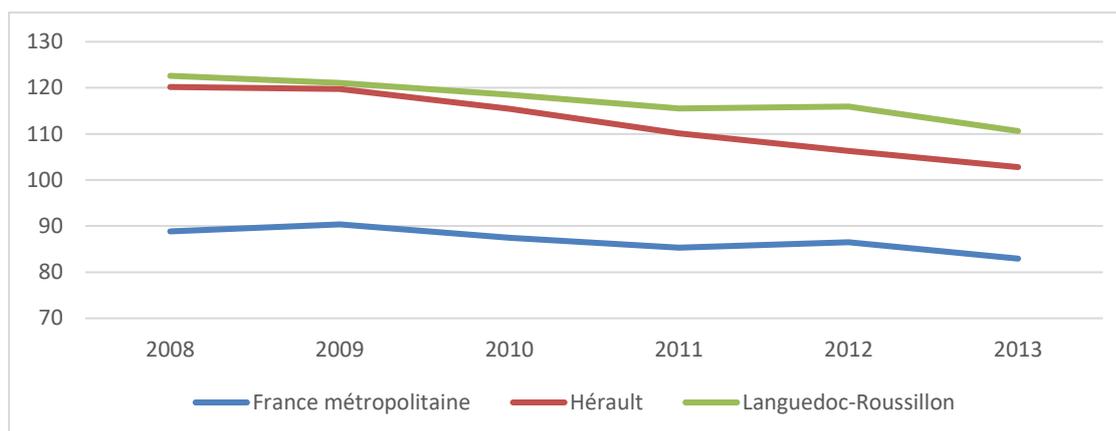


Figure 5 : Evolution des prélèvements en eau destinées à un usage domestique (moyenne annuelle en m3/hab.).

Source : Données Agences de l'eau, estimations SOeS, INSEE.

Autre poste de prélèvement important, l'agriculture représente la majeure partie des volumes issus de masses d'eau de surface, 80% des prélèvements liés à l'activité agricole étant destinés à l'irrigation (CGDD/SOeS, 2017). En particulier la région Occitanie (définition 2016) serait la région avec la part de surfaces céréalières (hors industriel) irriguées la plus importante en France (71%, moyenne nationale à 58%), de même pour les cultures permanentes (type vigne et verger) avec 35% des surfaces nationales irriguées dans cette seule région. Une observation à nuancer puisque 31% des surfaces de cultures permanentes y sont localisées. Ces données soulignent toutefois l'importance des pratiques d'irrigation en Occitanie : en 2010, 4^{ème} région en termes de volumes par ha irrigués avec 2 468m³/ha, devant la moyenne nationale de 1 925m³/ha même si loin derrière la région Provence-Alpes-Côte-D'azur (6 627m³/ha).

Si l'on compare aux autres départements de l'ancienne région Languedoc-Roussillon, l'Hérault présente une proportion de prélèvements de surface proche de la moyenne régionale pour ce qui concerne l'agriculture. Les usages domestiques sont eux plus importants mais bien en dessous en proportion des chiffres de Lozère (19% contre 65%). Enfin les usages liés à l'industrie sont bien inférieurs par rapport à la moyenne régionale, bien que cela s'explique par le poids du département du Gard dont une partie non négligeable des prélèvements sont liés à l'industrie et dont l'ensemble représente en 2013 plus de la moitié (51,7%) des prélèvements totaux de la région (Tableau 3).

Tableau 3 : Prélèvements en eau de surface par secteurs hors hydroélectricité et alimentation des canaux (%) en 2013.

Sources : Données Agences de l'Eau, estimation SOeS.

	Agriculture	Industrie	Usage domestique	Total
Aude	82,2%	1,2%	16,6%	42 059
Gard	53,9%	35,2% ¹	10,9%	242 980
Hérault	74,9%	6,1%	19%	45 820
Lozère	23,7%	10,9%	65,4%	3 679
Pyrénées-Orientales	95,7%	1,7%	2,5%	135 557
Languedoc-Roussillon	70,3%	19,5%	10,2%	470 096
France métropolitaine	33,8%	33,5%	32,7%	5 190 283

¹ Le pourcentage de prélèvements liés à l'industrie dans le Gard est une valeur surprenante, de même que pour le total des prélèvements, il faut donc prendre ces chiffres avec précaution.

1.3.2 Un climat chaud dont l'évolution soulève des questions.

De par son positionnement, le département de l'Hérault est soumis majoritairement à un climat méditerranéen qui se caractérise par des étés chauds et des hivers doux avec des pluies concentrées sur l'automne (Octobre principalement). L'ensoleillement y est également fort (2668h/an) avec 340 heures en Juillet (Données Météo France, normales 1981-2010 pour Montpellier). La viticulture, principale culture en Hérault, est favorisée par ce climat et permet de hisser le département au 2^{ème} rang national en termes de surfaces cultivées (91 804 hectares en 2013 malgré une diminution depuis 2004) (Observatoire viticole, 2014). A titre de comparaison la surface agricole utile ou SAU du département est de 184 973 hectares en 2010 (donnée Agreste, recensement agricole 2010).

Néanmoins la viticulture héraultaise comme la ressource en eau, toutes deux dépendantes du climat, sont menacées par l'évolution de ce dernier. A titre d'exemple le Conseil départemental de l'Hérault et al. (2015) donne les années 2014 et 2015 comme les plus chaudes jamais enregistrées depuis 1950, « l'ensemble des cours d'eau du département présente une situation hydrologique en dessous des normales » cite-il en 2015. L'hydraulicité (rapport entre le débit moyen annuel et le débit moyen interannuel) est de 70% sur le bassin de l'Hérault, de 30% pour le Lez et 40% pour le Salaison selon le rapport « Annales climatologiques et hydrologiques 2015 ». Les prélèvements agricoles et urbains sont évoqués, particulièrement pour le Lez, cours d'eau d'origine karstique alimentant la ville de Montpellier en eau potable avec un débit diminué de moitié par rapport à la source.

En 2015 une étude de l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) soulignait que malgré l'augmentation annuelle des températures dans l'Hérault (« maximales, moyennes et minimales, pour presque toutes les saisons »), les précipitations elles seraient plutôt stables par rapport aux normales 1981-2010. Toutefois l'ADEME note une baisse des précipitations efficaces (entre 10 et 40l/m², intervalle dans lequel l'évaporation et le risque de ruissellement sont faibles) et du nombre de jours de gelées (présentant une température minimale inférieure à 0°C) à hauteur de deux jours par décennie pour la station de Mauguio, proche de Montpellier (ADEME, 2015).

Ces évolutions ont attiré l'attention des chercheurs qui se sont intéressés à leur impact sur la viticulture. Il ressort notamment une augmentation de 200°C des bilans thermiques, causant des « avancées de l'ordre de 15 à 20 jours » des stades phénologiques (Laget et al., 2015), mais également une augmentation moyenne de l'indice de Huglin, notamment depuis 1999. Cet indice, calculé à partir de températures moyennes et maximales, permet de définir des climats viticoles (Tondut et al., 2006). Ces derniers points soulèvent la question du changement d'identité viticole du département, lequel est pour rappel 2^{ème} département viticole de France en termes de surfaces.

A plus long terme (horizon 2080), l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse souligne dans l'un de ses rapports qu'il faut s'attendre à une hausse des températures, une baisse des précipitations accompagnées d'une augmentation des épisodes de sécheresse (Fabre, 2012).

1.3.3 Une pression administrative liée à un impératif environnemental et social

Bien que l'on observe l'importance de la consommation domestique pour les masses d'eau souterraine et de l'irrigation (céréales, cultures permanentes) pour les masses de surfaces, et note les contraintes liées au changement climatique, un recul des prélèvements d'eau est pourtant observable depuis 2008. Les améliorations techniques (irrigation localisée, circuits de refroidissements fermés...) n'expliquant pas seules ce recul.

En réalité la mesure de la pression sur la ressource en eau en France est surtout administrative, lois et directives limitant et encadrant fortement les prélèvements et usages de l'eau. En particulier, la DCE, en fixant des objectifs de bon état chimique et écologique pour les cours d'eau à horizon 2015 puis 2021, a contraint les états membres de l'Union Européenne à adopter un certain nombre de mesures de contrôle, suivi et d'amélioration de la qualité des cours. Un ensemble de contraintes qui ont eu pour effet de diminuer les prélèvements.

Un indicateur de pression sur la ressource en eau serait le nombre de masses d'eau présentant un risque de non atteinte du bon état (RNABE) en 2015 et des objectifs environnementaux (RNAOE) en 2021. Pour l'ensemble des catégories (hors masses d'eaux souterraines), ce risque semble plus élevé en 2021 qu'en 2015 pour le bassin Rhône-Méditerranée (Tableau 4).

Tableau 4 : Etat des lieux 2013 dans le bassin Rhône-Méditerranée (Comité de bassin Rhône-Méditerranée, 2013)

Catégorie de milieu	Effectif total de masses d'eau	RNAOE 2021	RNABE 2015
Cours d'eau	26302	69%	48%
Plans d'eau	94	50%	38%
Eaux côtières	32	31%	23%
Eaux de transition	27	89%	72%
Eaux souterraines	239	30%	31%

Toutefois il faut prendre cette évolution avec précaution, en effet la méthodologie avec laquelle ces risques sont mesurés a évolué entre l'horizon 2015 et l'horizon 2021. Ces résultats sont notamment expliqués par une amélioration de l'exhaustivité de l'état des lieux autant dans le nombre de masses d'eaux considérées que le nombre de paramètres étudiés. Néanmoins ces chiffres témoignent dans les deux cas d'un niveau non négligeable de pressions sur le milieu aquatique qui contraint fortement les différents usages (Comité de bassin Rhône-Méditerranée, 2013). Cette observation a notamment alimenté la réflexion autour des ressources en eau alternatives dont la REUT.

1.4 Le projet SoPoLo, la réponse à un impératif méthodologique

Comme mentionné en introduction, le projet SoPoLo est la réponse de l'UMR G-EAU à l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée Corse et rassemble notamment quatre autres partenaires que sont Montpellier Méditerranée Métropole (3M), la Communauté de Communes du Grand Pic Saint-Loup (CCGPSL), la Chambre d'Agriculture de l'Hérault (CA34) et le Conseil Départemental de l'Hérault (CD34).

Ce projet a pour objectif « de mieux caractériser la demande en EUT, les attitudes et perceptions des décideurs, usagers et consommateurs finaux » (Loubier, 2017).

La motivation principale de ce projet est l'absence d'une méthodologie générale d'étude des potentialités de réutilisation des eaux usées traitées en France qui prenne en compte des aspects économiques, sociaux, technico-géographiques et environnementaux et des questions liées à ces thématiques. A titre d'information l'analyse de quelques projets de REUT montre une sensibilité forte à certains paramètres comme la proximité géographique des stations, le coût en traitement ou les réticences sociales (Loubier & Declercq, Juin 2014).

Le second objectif du projet est la prise en compte et l'identification des incertitudes et aléas susceptibles d'impacter la réussite de ces projets. Ce second aspect doit être de plus étudié de manière parallèle à chacune des étapes du projet afin de répondre aux nombreuses inquiétudes qui empêchent les décideurs de s'aventurer dans des projets de REUT (UNESCO, 2017).

1.4.1 Brève présentation du territoire d'étude

L'ensemble méthodologique développé dans le cadre du projet SoPoLo est appliqué sur une zone d'étude test composée des territoires respectifs des communautés de communes de Montpellier Méditerranée Métropole et du Grand Pic Saint-Loup. Cette zone, d'une superficie totale de 100 000 hectares environ, recoupe au total 7 sous-secteurs hydrographiques² (voir cartes ci-dessous) dont 5 occupent une partie non négligeable.

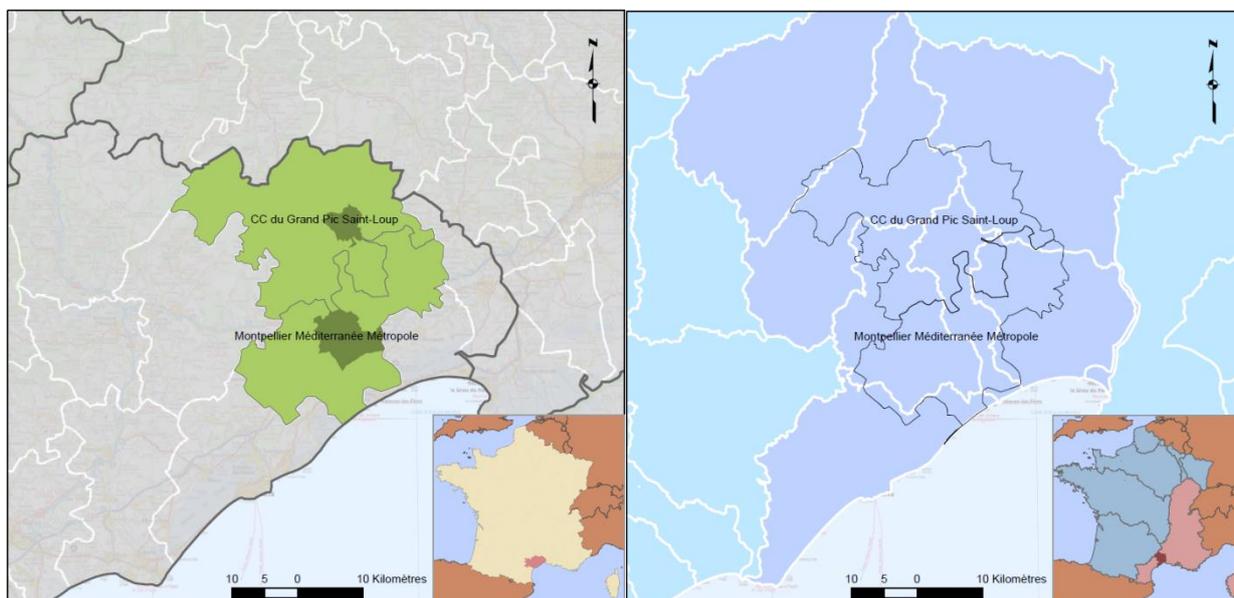


Figure 6 : Localisation du territoire d'étude (à gauche, EPCI en gris) et sous-secteurs hydrographiques (à droite). Sources : OpenStreetMap, SCAN Régional®, BD Carthage®

² Le sous-secteur hydrographique correspond au troisième niveau de découpage hydrographique de la BD Carthage

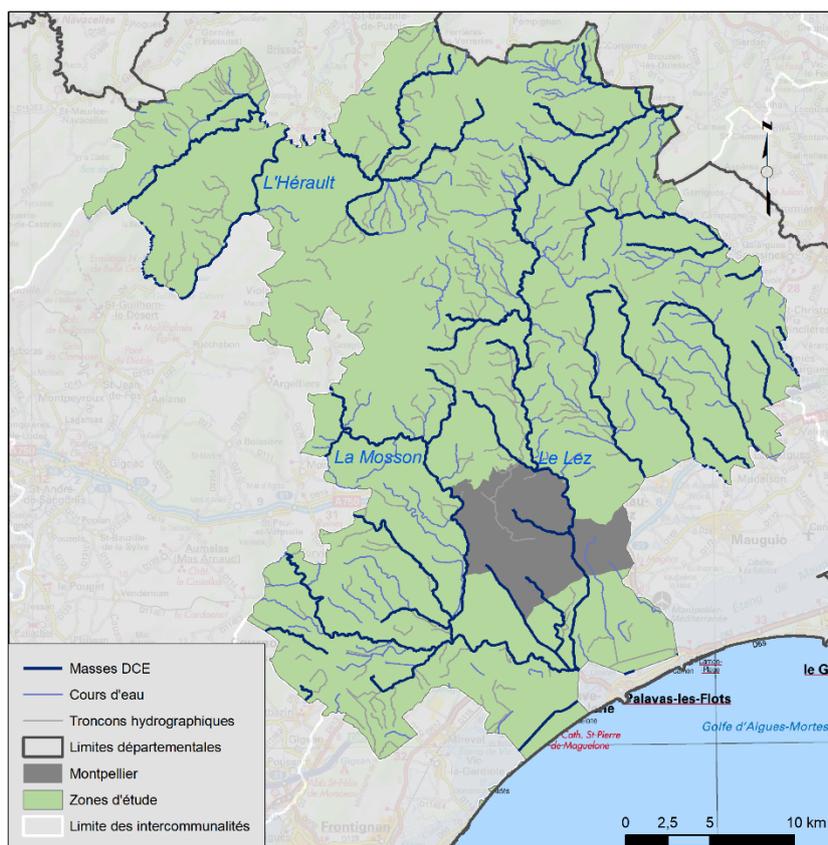


Figure 7 : Réseau hydrographique du territoire d'étude (tronçons en bleu clair, cours d'eau DCE en bleu, principaux cours en bleu foncé)

Comme le montre la figure 7 ci-dessus, le territoire présente un réseau hydrographique dense en son centre et est marqué par trois cours principaux que sont l'Hérault dans la partie Nord-Ouest, la Mosson à l'Ouest et le Lez qui traverse Montpellier (en vert foncé) du Nord au Sud. Pour rappel ce dernier cours est d'une grande importance pour le territoire car sa source, karstique, constitue la ressource en eau potable principale des deux communautés de communes pour une population totale de 497 000 habitants (donnée INSEE 2014). Le bassin d'alimentation du karst du Lez quant à lui s'étend sur une grande partie du territoire de la CCGPSL, la réutilisation des eaux usées traitées pourrait donc ici avoir un impact – à préciser – sur l'état des eaux souterraines.

En termes d'état des cours d'eau, parmi les 44 masses d'eau évaluées dans le cadre de la DCE sur la zone d'étude en 2013, 14 présentent un bon état écologique, 15 un état moyen, 14 un état médiocre et une un état mauvais. Toutefois l'ensemble de ces masses présentent un bon état chimique. A noter que 37 masses présentent un risque de non atteinte des objectifs environnementaux 2021 (RNAOE 2021), dans la majeure partie des cas issue d'une atteinte à la morphologie des masses d'eau (28 cas sur 37).

1.4.2 Acteurs et partenaires

Comme mentionné précédemment, 5 institutions sont impliquées dans le projet, à savoir l'UMR G-EAU de l'IRSTEA Montpellier, 3M, la CCGPSL, la CD34 et la CA34. L'UMR G-EAU intervient en tant que pilote du projet qu'elle finance à hauteur de 72% (dont la moitié est subventionnée par l'AE RMC). Cependant chacun de ces acteurs a des attentes et priorités différentes concernant les résultats de ce projet comme le montre le Tableau 5 :

Tableau 5 : Attentes et enjeux des différents acteurs impliqués dans le projet SoPoLo.

Institution	Attentes et enjeux
IRSTEA Montpellier, UMR G-EAU	Développement méthodologique, connaissances et expertises sur la REUT
3M	Amélioration des systèmes épuratoires, limitation des rejets, montrer l'innocuité des EUT, préservation des activités agricoles et de l'attractivité du territoire, équité spatiale d'accès à l'eau
CCGPSL	Mise en place d'une stratégie globale de gestion de l'eau et l'approvisionnement en eau brute, économie en eau potable, développement de moyens alternatifs ou innovants d'irrigation pour garantir l'avenir de l'agriculture. Arrosage des espaces publics, complément ou alternative passive à la défense incendie, qualité des eaux souterraines
CD34	Facilitation de la prise de décision, lutte contre la raréfaction des ressources, diminution des rejets d'effluents, diminution des coûts liés à l'assainissement et simplification des filières
CA34	Engagement dans le projet agricole départemental Hérault 2020. Faisabilité technique et économique des projets, acceptabilité des projets par les agriculteurs et les consommateurs.

Le tableau ci-dessus donne une image assez claire du spectre des interrogations soulevées par la REUT. La question de l'eau touche ici tous les acteurs à toutes les échelles et sur tous les domaines d'étude. Il est donc nécessaire dans ce projet de procéder à une démarche d'étude structurée et qui puisse faire la connexion entre les différents champs d'étude explorés.

1.4.3 Un projet dont les tâches communiquent entre-elles...

Afin de répondre aux différents enjeux des acteurs impliqués dans le projet, ont été proposés trois phases complémentaires de travaux dont l'organisation est présentée dans le schéma suivant :

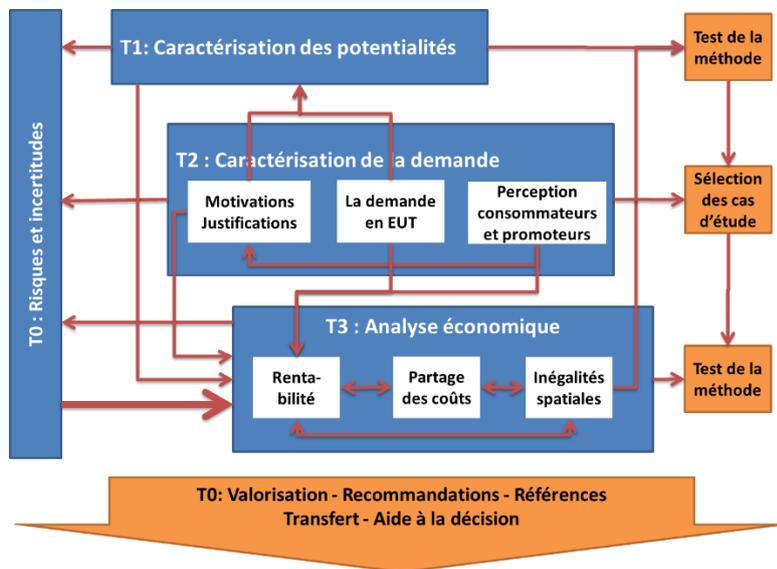


Figure 8 : Organisation des tâches du projet SoPoLo (réalisation : S. Loubier)

On distingue dans ce schéma :

- une phase T1 de caractérisation des potentialités technico-géographique de REUT à l'échelle des territoires d'actions des élus locaux ;
- une phase T2 d'évaluation de la demande en eau, à court et long termes, tenant compte de facteurs d'acceptabilité sociale sur les sites à potentiel avéré ;
- et une phase T3 d'évaluation de l'intérêt de ces projets territoriaux d'un point de vue socio-économique.

En parallèle à cela une étude des risques et incertitudes T0 est menée tout au long du projet comme mentionné précédemment. Comme le suggère le schéma, les résultats de chacune des tâches viendront alimenter les autres, ce qui implique de pouvoir éventuellement revenir sur les méthodologies et conclusions de chacune des tâches.

La phase T1, objet du présent rapport, sera détaillée dans la section 1.5.

1.4.4 ...et qui s'inscrit dans la continuité

Outre le projet SoPoLo, l'UMR G-EAU est impliquée dans un certain nombre de projets complémentaires sur la réutilisation des eaux usées traitées. Les différents projets sont :

- Le projet Murviel-lès-Montpellier, dispositif pilote de REUT qui explore les aspects techniques et sanitaires du réseau à la parcelle.
- Le projet eVal-REUT qui vise à élaborer une méthode générique d'étude de faisabilité et d'évaluation des risques à l'échelle d'un territoire.
- Le projet RUR'eaux, pilote démonstrateur visant à comparer les différentes techniques de désinfection et les différents usages agronomiques de la REUT.
- Le projet READ'APT visant à étudier de manière expérimentale les potentialités de REUT dans un bassin versant déficitaire.

L'objectif général de cette approche est de générer un ensemble de méthodologies, de connaissances et réflexions autour de la REUT sous tous ses aspects mais également de produire un certain nombre de références pour la mise en place de projets futurs. Le projet SoPoLo s'inscrit ici comme la pierre fondatrice qui viendra alimenter les autres projets dans lesquels est impliquée l'UMR G-EAU.

1.5 Présentation de la tâche 1 : Caractérisation des potentialités spatiales de REUT

1.5.1 L'analyse des potentialités spatiales de REUT, un sujet peu étudié

Un regard sur la bibliographie liée à la REUT montre que celle-ci explore les dimensions économiques, sociales, financières de cette dernière (pour exemple : AFD, 2011 ; Scheierling et al., 2010 ; Asano et al., 2007 ; Hidalgo, R. Irusta, 2015 ; ATH Group AG, 2009) mais peu d'études abordent une approche par analyse spatiale de ces potentialités, de plus on décompte nombre d'entités impliquées dans ce processus sont spatiales : la réflexion autour de la gestion de l'eau montre l'importance d'une prise en compte par bassin versant. Les parcelles agricoles et espaces verts, ultimes destinataires des eaux usées traitées, ne sont pas identiques ni réparties de manière homogène dans l'espace. Enfin les projets de REUT établissent par définition un lien entre les STEP et les parcelles/espaces verts qui n'a que très peu été exploré. Nous le verrons dans la section 1.6, l'analyse spatiale offre des outils et possibilités intéressantes pour étudier et représenter ces potentialités.

On notera toutefois l'existence de quelques travaux au Portugal sur l'identification de sites par compatibilité entre les besoins cultureux et la physico-chimie des EUT (Albuquerque et al., 2015) ou pour la recharge de nappe (Silva et al., 2012 ; Pedrero et al., 2011). De la même manière une étude par approche multicritère fut menée dans la bande de Gaza en 2015 exploitant des indicateurs environnementaux, de risques pour la santé et de coût (Nassar et al., 2015). Bien que ces études ne prennent pas en compte les caractéristiques des STEP et/ou l'accessibilité à la parcelle, elles fournissent des éléments de réflexions intéressants notamment vis-à-vis de l'approche multicritère en SIG, qu'elles jugent par ailleurs comme un « outil très utile pour la sélection de parcelles » (traduit de l'anglais d'après Albuquerque et al., 2015).

Le projet SoPoLo s'inscrivant entre autres dans un processus de création de références et de méthodologies, la première tâche de caractérisation des potentialités spatiales devra obéir à un certain nombre de contraintes qui seront présentées dans le paragraphe suivant.

1.5.2 Des objectifs multiples traduisant un phénomène complexe.

L'objectif principal de la première tâche est d'élaborer une méthode simple à mettre en place et adaptable à d'autres territoires pour en faire un outil d'aide à la décision destinés aux décideurs. La méthodologie doit notamment pouvoir répondre aux interrogations suivantes :

- Quelle demande potentielle en EUT (localisation, type, volumes)?
- Quelles capacités de productions en EUT (localisation, type, volumes)?
- Existe-t-il un besoin de stockage, notamment pour les périodes d'étiage? Si oui, quelles capacités (volumes et localisation)?
- Quelles contraintes d'utilisation des EUT (liées aux stations, aux usages, au milieu, etc.)?
- Existe-t-il des possibilités de substitutions de la ressource utilisée (remplacer de l'eau potable par de l'EUT pour certains usages)?
- Une fois les lieux de productions et de consommation définis, comment les relier?
- Quel impact qualitatif et quantitatif sur les milieux concernés (et comment le mesurer)?

Cette dernière question revêt une importance notable en ce qui concerne les masses d'eau sujettes à

des risques de pollution domestique. En effet il peut être intéressant d'identifier les STEP pour lesquelles un projet de REUT pourrait contribuer à la réduction de ce risque. De la même manière les eaux usées, en contexte méditerranéen, contribuent fortement aux débits des cours d'eau, notamment en période d'étiage. Il convient donc de prêter attention au respect des débits d'objectifs d'étiage définis dans le SDAGE. Telle que prévue au démarrage du projet, la tâche 1 se subdivise en quatre sous-tâches présentées ci-dessous :

- T.1.1 : Identification des sources de données, de leur disponibilité et identification des méthodes d'analyse de données spatiales utilisables.
- T1.2 : Développement du modèle conceptuel d'analyse des potentialités de REUT et identification d'indicateurs pertinents d'opportunité de REUT.
- T1.3 : Analyse spatiale de la substituabilité des ressources, des prélèvements nets sur le milieu et des réductions de vulnérabilité de certaines masses d'eau.
- T1.4 : Élaboration de cartes identifiant les sites à potentiel de REUT.

L'aspect réutilisable de la méthode d'analyse développée contraint à ce que cette dernière soit :

- Rapide (pouvant être utilisée dans le cadre d'une étude préalable à un projet de REUT)
- Simple (suffisamment claire et guidée pour pouvoir être reproduite en autonomie)
- Générique (suffisamment générale pour être appliquée à d'autres territoires sans avoir à modifier la méthodologie en profondeur)
- Faisant appel à des données facilement accessibles et existantes à l'échelle nationale.
- Documentée
- Et paramétrable (permettant d'évaluer l'impact de certains leviers comme la météo ou la qualité des eaux usées traitées sur les potentialités de REUT)

Ce dernier point est primordial si l'on souhaite disposer d'une flexibilité de la méthode vis-à-vis du contexte local (cultures, réseau d'eau brute) mais également d'étudier l'impact du changement climatique (scénarios). A noter que cette méthodologie se veut essentiellement technico-géographique, doivent donc être mise à l'écart toute considération économique et/ou liée aux réticences sociales sauf si elles impactent de manière évidente les résultats (ex : « relier » une parcelle à fort potentiel et une STEP qui sont séparés par une autoroute ou une voie de fer paraît invraisemblable).

A partir des éléments de contexte, des objectifs identifiés et des enjeux de chacun des acteurs, on peut se demander quelles données et méthodes d'analyse spatiale sont les plus adaptées et pertinentes pour l'étude des potentialités de REUT. De la même manière quelles sont les limites d'une telle approche (au sens d'imperfection de la méthode mais également de cadre d'application et de précision)?

1.5.3 Réalisations en réponses aux objectifs

Dans le cadre de ce rapport, seront explorées diverses phases de l'élaboration de la méthodologie d'analyse des potentialités de projets de REUT. En particulier sera posé un accent sur :

- L'identification des STEP favorables (fiches impact qualitatif et quantitatif).
- L'identification des usages (localisation, nature, besoin).
- La construction d'un indicateur de contrainte physique à l'accessibilité des parcelles.
- La construction d'un indicateur d'intérêt zonal reflétant la diversité et l'intensité des usages potentiels de la REUT.

Seront décrits au sein de ces phases l'architecture du modèle développé, les données utilisées (et leurs

alternatives) ainsi que les limites soulevées lors du travail.

1.6 Le système d'information géographique, un outil privilégié pour l'étude des problèmes à référence spatiale

1.6.1 Quelques définitions préalables

Avant de progresser plus loin dans l'exploration de la méthodologie d'étude des potentialités de REUT, il convient de définir quelques notions autour des concepts d'analyse spatiale et de système d'information géographique (SIG). Toutefois cette section n'a pas pour objectif de présenter de manière précise le cadre théorique, les techniques, propriétés et applications de ces deux objets, à ce titre le lecteur est invité à consulter l'ouvrage « Analyse spatiale de l'information géographique » de Régis Caloz et Claude Collet s'il souhaite approfondir ces notions (Caloz, Collet, 2011).

De nos jours il est difficile de parler sur l'analyse spatiale sans évoquer les SIG (et vice-versa). Toutefois ces deux notions ne doivent pas être confondues, en effet le concept d'analyse spatiale renvoie à « (l')analyse formalisée de la configuration et des propriétés de l'espace géographique, tel qu'il est produit et vécu par les sociétés humaines » (Pumain et al., 1997). C'est une démarche explicative de l'espace géographique (objets et relation entre ces objets au sein d'un territoire défini) fondée sur la description des unités la composant (forme, nature, localisation, organisation et, relation) à une fin donnée (réponse partielle ou totale à une question identifiée au préalable).

Cette définition sous-entend qu'à partir du moment où l'Homme a cherché à représenter son environnement pour en tirer une information particulière (l'exemple d'un plan est sans doute le plus parlant), il a procédé à une démarche d'analyse spatiale. Ce concept est donc bien plus ancien que celui de système d'information géographique, que l'on peut définir comme étant « un système de gestion de base de données conçu pour saisir, stocker, manipuler, analyser et afficher des données à référence spatiale en vue de résoudre des problèmes complexes de gestion et de planification. » (Laaribi, 2000).

Historiquement le développement des SIG s'est fait en parallèle à celui des processeurs, la puissance grandissante des ordinateurs repoussant toujours plus loin les possibilités. Aujourd'hui les SIG ont atteint un point où ceux-ci intègrent la majeure partie des concepts et méthodes propres à l'analyse spatiale. La définition de cette dernière a été amenée à être modifiée pour décrire « les méthodes et les opérateurs, associés aux SIG, exploités pour modéliser l'espace géographique en base de données, pour extraire des informations, pour dériver des informations synthétiques et pour identifier les relations fonctionnelles entre entités ou phénomènes » (Caloz, Collet, 2011). A noter que cette intégration de l'analyse spatiale dans les SIG a fait évoluer ces derniers de systèmes à sciences de l'information géographique (SciG) dans la mesure les outils et méthodes employés dans l'analyse spatiale suivent une approche scientifique.

1.6.2 Les étapes d'une analyse spatiale intégrée à un SIG (cadre d'analyse)

Il existe de nombreux types de problèmes pouvant être traités avec un SIG, afin de pouvoir orienter les présents travaux il convient de cibler plus précisément le cadre dans lequel ce projet s'inscrit. Si l'on revient à l'objectif de la tâche 1, celui-ci est de développer une méthodologie d'analyse spatiale des potentialités de REUT au sein d'un territoire donné. Or dans les études liées à l'aménagement du territoire ou à la gestion de l'eau, les problématiques sont souvent de nature multicritère, interviennent alors des critères quantitatifs et qualitatifs, généralement conflictuels et d'inégale importance (Laaribi, 2000).

Dans son ouvrage « Analyse spatiale de l'information géographique », Régis Caloz définit le critère comme « l'élément de base d'une décision relative à l'objectif de l'analyse décisionnelle. [...] ces critères se distribuent en deux groupes bien distincts : les facteurs et les contraintes. » (Caloz, Collet, 2011). Un facteur se comprend comme un critère influençant l'aptitude d'un objet (relative à l'atteinte d'un objectif) tandis qu'une contrainte discrédite ou non ce dernier en fonction de la modalité du critère. Si pour une analyse plusieurs critères sont pris en compte, on parle alors d'analyse multicritère.

L'auteur évoque également l'étude des aptitudes zonales, cette dernière étant définie « par les propriétés d'une zone ou d'un objet spatial à répondre à un besoin, à satisfaire des conditions préalablement établies ou à être favorable au développement d'un phénomène donné » (Caloz, Collet, 2011).

La comparaison entre cette définition et l'objectif de la tâche 1 semble montrer que l'on se trouve dans un cas d'étude d'aptitude zonale. L'auteur décrit également les principales étapes de ce genre d'analyse, il distingue notamment une phase d'évaluation et une phase de décision. La phase d'évaluation consiste en quatre étapes que sont :

- La définition de l'objectif de l'analyse et des problématiques soulevées.
- L'identification de critères relatifs à cet objectif et permettant d'aboutir à une décision.
- La « constitution des groupes de facteurs et de contraintes ». Il s'agit là d'identifier parmi les critères ceux qui correspondent à des contraintes et ceux correspondant à des facteurs. Les facteurs sont alors standardisés pour pouvoir les comparer entre eux (par exemple dans le cas où les échelles de mesures propres à chaque facteur diffèrent).
- Et enfin une dernière étape de combinaison de ces différents critères pour former un « indice global d'aptitude » zonale. Les modalités de combinaison diffèrent selon le contexte et les données et doivent notamment « rendre compte des relations supposées ou observées entre facteurs ».

Enfin la seconde phase de l'analyse est la phase de décision au cours de laquelle est établie une règle dite de décision permettant de choisir une ou plusieurs solutions parmi l'ensemble obtenu.

Outre la puissance de calcul grandissante et la quantité d'informations gérées simultanément, A. Laaribi identifie un certain nombre d'avantages des SIG qui les rendent intéressants dans le cadre d'une analyse multicritère :

- Ils facilitent la gestion et la visualisation de données qualitatives et quantitatives.
- Ils permettent la construction de critères et d'indicateurs.
- Ils disposent d'une flexibilité suffisante pour effectuer des analyses de sensibilité (impact de la modification d'un critère/seuil/indice sur le résultat final)
- Ils consistent en des outils puissants lorsqu'il s'agit de travailler sur les relations entre objets (proximité, nature, forme, etc.)

- Ils permettent la construction rapide de cartes et l'examen des résultats.

Les SIG se présentent donc comme des outils privilégiés pour l'atteinte des résultats méthodologiques prévus.

L'analyse du contexte autour de la REUT et de l'Hérault fait apparaître une situation hydrique complexe et amenée à être modifiée en raison du changement climatique, face à cela une réponse nouvelle en France émerge mais qui nécessite d'être étudiée plus en profondeur pour pouvoir se développer. Si l'on revient aux différents objectifs de la méthodologie d'analyse spatiale des potentialités de REUT, ceux-ci peuvent être classés en trois thèmes que sont la caractérisation de la situation de départ (STEP, milieu, usages), la formulation d'indicateurs (intérêt zonal et accessibilité) et l'impact potentiel de projets sur le milieu. Ce sont ces trois points qui constitueront l'architecture du rapport pour la suite.

2. Une première phase d'étude orientée sur les besoins et offre en eau

La réutilisation des eaux usées traitées à des fins d'irrigation établit par définition un lien entre deux types d'entités : la station de traitement des eaux usées et la zone à irriguer/arroser. Ce dernier regroupe en l'occurrence parcelles agricoles, espaces verts urbains, terrains de sports et golfs. Avant de pouvoir prétendre formuler des indicateurs relatifs aux potentialités de projets de REUT, il convient de caractériser non seulement les STEP et zones à irriguer mais également le contexte hydrographique dans lequel ces éléments s'inscrivent.

2.1 Des interrogations liées au milieu et aux stations

Comme mentionné précédemment les potentialités de réutilisation des eaux usées traitées dépendent des caractéristiques des stations d'épuration, des zones à irriguer/arroser, mais également de l'intensité des « besoins » en eau de ces entités. Entre autres il faut également s'intéresser au milieu du rejet des STEP car certaines stations contribuent fortement au débit d'étiage des cours d'eau dans lequel elles rejettent. Enfin le territoire d'étude couvre une superficie de 100 000 hectares, ce qui implique des limitations en termes de puissance de calcul à cette échelle. Cela nous amène à réfléchir à un découpage permettant un travail plus efficace. Ainsi les différentes interrogations soulevées dans cette section sont les suivantes :

- Quel découpage du territoire est le plus cohérent dans une étude de potentialité de réutilisation des eaux usées traitées?
- Dans quelle mesure la réglementation contraint les usages et les projets de REUT?
- Quelles sont les stations concernées, où sont-elles-situées et quelles sont les caractéristiques de ces ouvrages qui peuvent influencer sur un projet de réutilisation des eaux usées traitées?
- Dans quels milieux rejettent ces stations et quels sont les débits minimaux à respecter?
- Quelles sont les zones dans lesquelles les eaux usées traitées peuvent être utilisées? Comment les choisir et comment quantifier le « besoin » en eau de ces entités?

2.2 Dictionnaire des données

Afin de pouvoir répondre à ces différentes questions plusieurs sources de données sont utilisées (voir Tableau 6 : Sources de données pour l'étude des déficits et offres en eau.). Comme l'exige la méthodologie, les sources de données nationales doivent être privilégiées pour faciliter la reproduction de l'analyse sur d'autres territoires, toutefois certaines entités ne peuvent être facilement localisées sur les bases de données existantes, c'est le cas ici des espaces verts et des structures sportives (stades, terrains, golfs). C'est pourquoi l'information a été extraite des couches d'occupation du sol de Montpellier Méditerranée Métropole et de la Communauté de Communes du Grand Pic Saint-Loup.

Tableau 6 : Sources de données pour l'étude des déficits et offres en eau.

Couche	Type	Année	Echelle	Intérêt	Source
BD LISA	Polygones	2015	1 : 50 000	Localisation des karsts	BRGM, Sandre
Registre Parcel-laire Graphique	Polygones	2014	1 : 5 000	Données sur les cultures à l'échelle parcellaire	ASP
BD Topo [®]	Polygones	2016	1 : 5 000	Entités géographiques et administratives du territoire	IGN
Station d'épu-ration des eaux usées	Points	2016	-	Localisation et informa-tions sur les stations d'épuration	Ministère en charge de l'Envi-ronnement
Occupation du sol 3M	Polygones	2012	1 : 5 000	Espaces verts et struc-tures sportives	3M
Occupation du sol CCGPSL	Polygones	2012	1 : 5 000	Espaces verts et struc-tures sportives	CCGPSL
BD Carthage [®]	Polygones et lignes	2014	1 : 50 000	Référentiel national pour le repérage des entités hydrographiques de sur-faces	IGN
Référentiel masse d'eau DCE	Polygones et lignes	2016	1 : 5 000 à 1 : 50 000	Référentiel d'évaluation de la DCE en France	Sandre
Grilles SAFRAN	Polygones	2016	-	Données météorologies interpolées sur le terri-toire d'étude	Météo France

Toutefois avant d'aborder les phases de caractérisation des besoins et offres potentiels en eau il convient de fixer un choix de référentiel concernant la description des masses d'eaux impliquées.

2.3 Un territoire présentant une hydrographie complexe

Il existe sur le territoire national plusieurs sources permettant de décrire l'hydrographie d'une zone. Toutefois celles-ci sont destinées à des usages différents et ne présentent ainsi pas les mêmes caractéristiques, notamment en ce qui concerne la finesse de la représentation et l'exhaustivité des données. Dans l'ordre de précision du tracé et de nombre de masses d'eau de surface on peut citer successivement la BD Topo®, la BD Carthage® et le référentiel DCE. Afin de pouvoir comparer brièvement ces sources un focus sur une partie du territoire d'étude a été effectué, la Figure 9 présente ainsi les différents référentiels précédemment mentionnés.

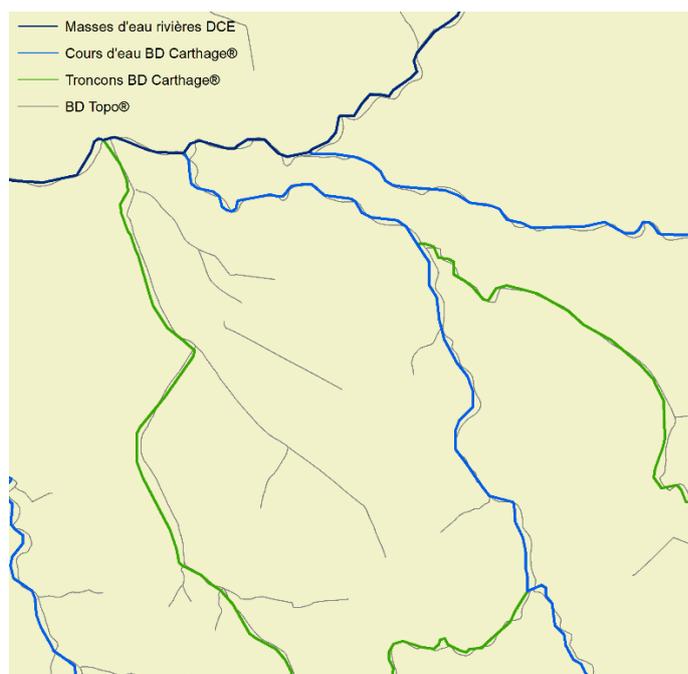


Figure 9 : Comparaison de référentiels hydrologiques.

Comme nous pouvons le voir dans la figure ci-dessus, la BD Topo® offre le tracé le plus précis des masses d'eau de surface d'un territoire, toutefois il est difficile de faire un lien entre cette donnée et la BD Carthage® et/ou le référentiel des masses d'eau. Ce dernier, construit à partir de la BD Carthage®, a logiquement un tracé concordant avec une partie du réseau décrit par le référentiel national comme le montre la figure 1. On distingue dans la BD Carthage® cependant plus de cours d'eau que dans le référentiel masse d'eau DCE, une observation d'autant plus vraie si l'on considère les tronçons (en vert). Toutefois ces derniers sont nombreux sur la zone d'étude (942 tronçons pour 162 cours). La donnée cours d'eau de la BD Carthage® semble un bon compromis entre le référentiel masse d'eau DCE (qui ne compte que 35 cours sur la zone d'étude) et les tronçons Carthage® et Topo®. Une carte représentant l'intégralité du territoire d'étude est présente en annexe 9.

Quant aux masses souterraines la donnée de référence est la BD LISA (Base de Données des Limites des Systèmes Aquifères). Bien que l'objet de la méthodologie se concentre sur les masses de surface, certaines masses souterraines requièrent une attention particulière : les karsts. En effet les formations karstiques sont sujettes à un régime hydrologique propre lié à leur forte perméabilité. Ces formations, particulièrement sensibles aux pollutions par les eaux, sont nombreuses sur le territoire d'étude, notamment sur la partie Nord comme le montre la carte suivante.

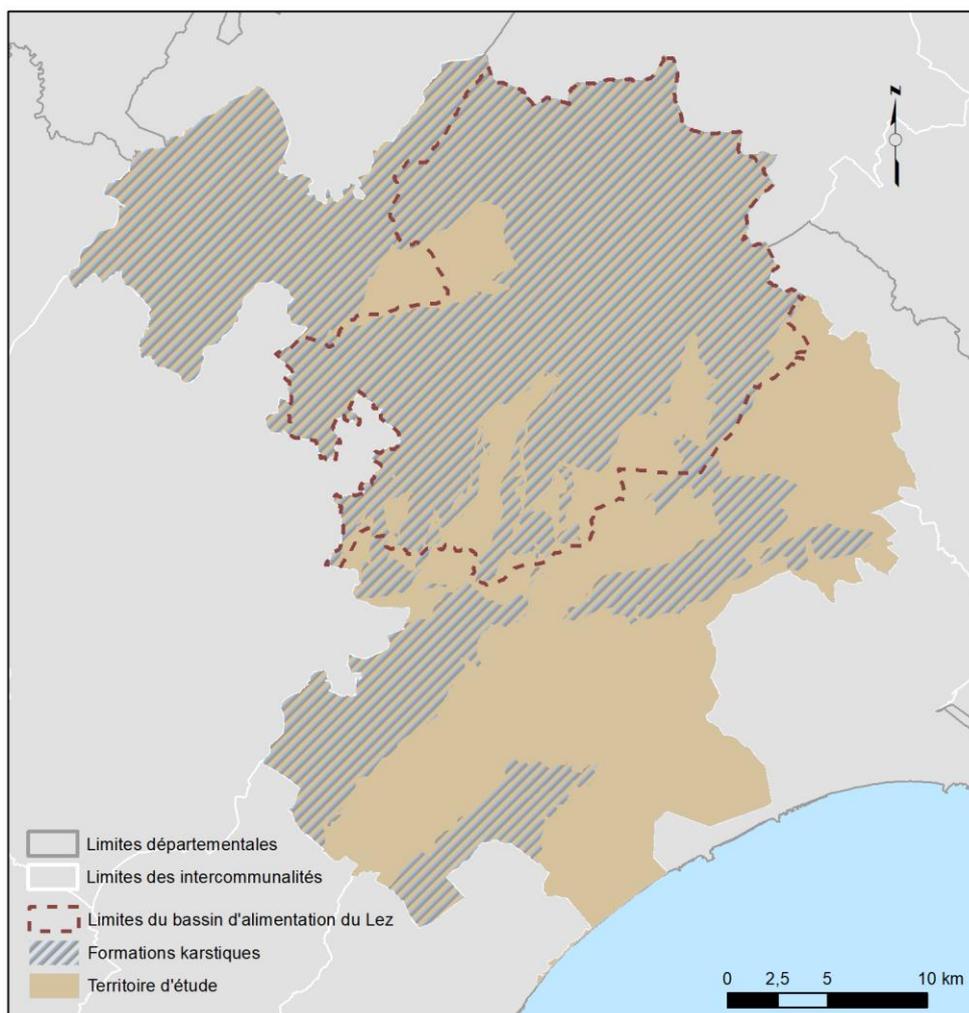


Figure 10 : Formations karstiques et bassin d'alimentation du Lez. Sources : BD LISA, BRGM, OpenStreetMap

Une formation karstique en particulier suscite des inquiétudes, le bassin d'alimentation du Lez, délimité par le BRGM, approvisionne en eau potable la majeure partie du territoire. La perméabilité des formations karstiques entraîne l'infiltration dans le sous-sol des rejets de stations d'épuration, et donc potentiellement un pic de pollution local proche des rejets. Cette observation motive la communauté de communes du Grand Pic Saint-Loup à s'intéresser à la REUT puisque les eaux usées, ainsi dispersées sur une plus grande surface, seront moins sources de pics de pollution (effet de dilution).

Avant de poursuivre plus loin dans la caractérisation, il convient de réfléchir au découpage du territoire d'étude. Dans les études relatives à la gestion de l'eau, l'unité d'étude est généralement le bassin versant. Néanmoins il existe différentes sources sur la délimitation de ces derniers. Si la BD Carthage® fait référence, le référentiel masse d'eau DCE possède un découpage quelque peu différent, de même que celui des SAGE ne correspond pas toujours à des entités présentes soit dans la BD Carthage® soit dans le référentiel DCE³. Parmi ces différentes sources, les zones hydrographiques (BD Carthage®) offrent le découpage le plus fin. Pour information la BD Carthage®, délimite différentes unités de sorte que chacune ne peut contenir plus de dix sous-unités, la zone hydrographique étant le niveau le plus

³ Ceci s'explique par le fait que le découpage Carthage est hydrographique tandis que le découpage DCE est administratif. Pour les SAGE la délimitation est calée sur celle des SDAGE (administratif) mais potentiellement modifiable pour atteindre une meilleure cohérence hydrographique.

bas comme le montre la figure suivante.

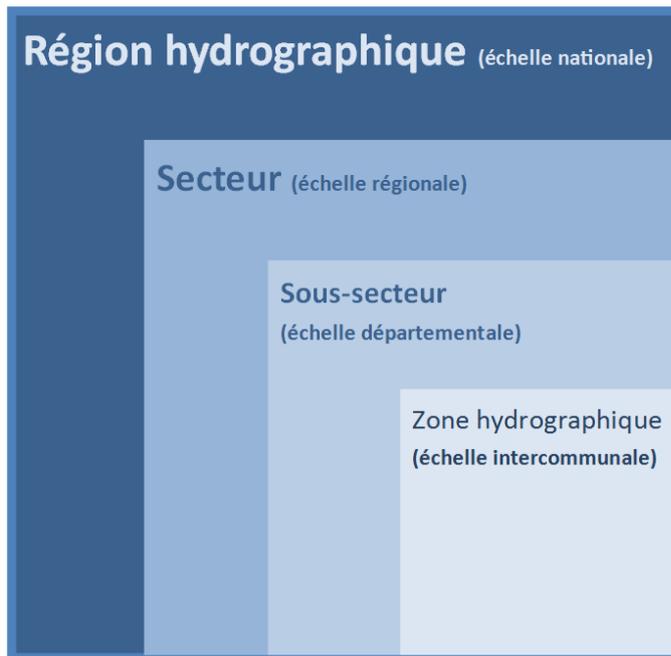


Figure 11 : Découpage des bassins de la BD Carthage[®]

Une autre raison peut expliquer le choix de la zone hydrographique comme délimitation : les débits objectifs d'étiage (DOE)⁴, précédemment mentionnés, sont fixés pour les SAGE dans le cadre d'études volume prélevable ou EVP. Pour les besoins de ces études, le périmètre du SAGE est subdivisé en bassins versants pour lesquels des points nodaux (exploités pour estimer les DOE) sont définis. En revanche les bassins versants ainsi délimités ne sont pas directement accessibles comme l'est la BD Carthage[®]. Or il se trouve que les entités géographiques les plus « proches » de ces bassins versants sont les zones hydrographiques. Ces dernières peuvent donc être utiles pour l'exploitation des résultats des EVP.

⁴ Débit pour lequel le bon état écologique du cours d'eau est satisfait en permanence, ainsi qu'en moyenne 8 années sur 10, l'ensemble des usages.

2.4 L'évaluation de l'offre en eau

Les systèmes de traitement des eaux usées constituent le cœur de la méthodologie, aussi il importe d'identifier les informations pouvant être utiles pour l'étude des potentialités de projets de REUT. Fort heureusement le cadre législatif français autour de la gestion des eaux usées traitées impose un dispositif de surveillance des stations d'épuration qui offre quantité d'information sur ces ouvrages.

2.4.1 Une couverture des stations variable du Nord au Sud

Les informations relatives aux STEP (localisation, débits, etc.) exploitées dans cette section sont issues du portail d'information sur l'assainissement communal⁵. Néanmoins ces données n'étaient pas exploitables en l'état, en effet les coordonnées indiquées dans les tables présentaient un décalage par rapport à la position réelle des stations. Un travail de recalage a donc été effectué en parallèle à une actualisation des données (2015 vers 2016) avec l'aide de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer de l'Hérault (DDTM 34). Le résultat de cette correction est présenté dans la figure suivante.

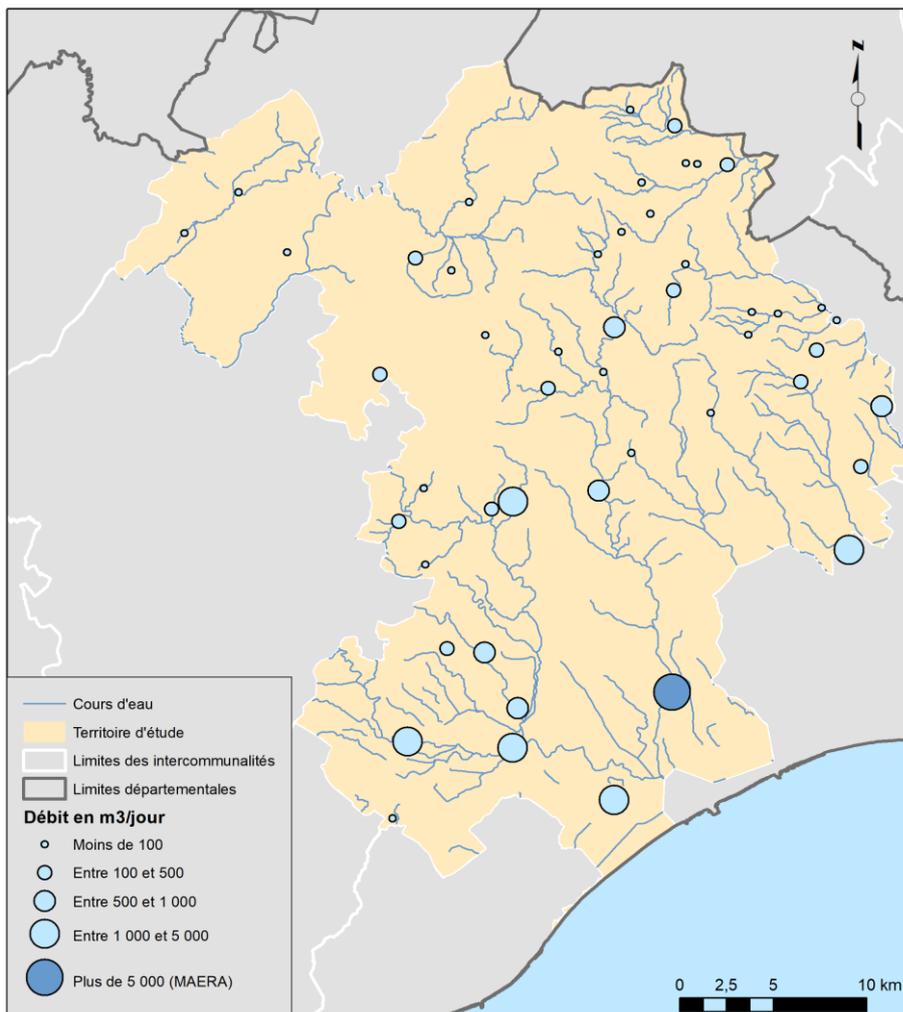


Figure 12 : Localisation et débits des stations d'épuration sur le territoire d'étude. Sources : BD Carthage, Ministère chargé de l'Environnement, OpenStreetMap

⁵ <http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/services.php>

La figure ci-dessous fait ressortir une hétérogénéité dans la répartition et le débit des STEP, en effet les stations les plus importantes sont situées majoritairement dans le Sud de la zone d'étude sur le territoire de Montpellier Méditerranée Métropole, avec le cas notable de la STEP de MAERA qui enregistre un débit journalier de 94 000m³.

Les débits renseignés dans les données étant une moyenne journalière des débits entrants et non sortants, il était nécessaire de savoir si ces informations pouvaient être utilisées pour l'étude. Interrogée à ce sujet, la DDTM de l'Hérault précise que la différence entre débits entrants et sortants des stations d'épuration est généralement nulle, sauf dans le cas d'un système de traitement par lagunage dans lequel les volumes sont évaporés. De plus, les volumes sont peu variables sur une année, sauf en cas d'épisode pluvieux exceptionnel. Il n'est donc pas abusif d'utiliser l'information de débit entrant pour la suite des travaux. La liste des stations d'épuration ainsi que les informations de bases relatives à ces dernières sont présentées en annexe 4.

Outre les données de débit, de position, d'identification et de type de traitement sont renseignés des éléments comme la conformité ou le milieu de rejet. Ce dernier point est important dans la mesure où il permet de faire le lien entre les débits des STEP et les DOE.

2.4.2 La zone hydrographique, outil de lien entre milieu et STEP

Un regard sur les données des stations d'épuration montre que dans 5 cas sur 49 le milieu de rejet est le sol. Dans le cas contraire il s'agit d'un cours d'eau de surface. Ce milieu n'est néanmoins caractérisé que par son nom, enregistré manuellement. En l'absence d'identifiant (Masse d'eau DCE, code hydrographique, etc.) il devient difficile de faire un lien simple entre la STEP et un référentiel quelconque, d'autant plus que la façon dont sont renseignés les noms des masses d'eau diffère d'une base de données à une autre.

Comme il a été évoqué précédemment, les cours d'eau de la BD Carthage[®] semblent offrir le meilleur compromis pour la description de l'hydrographie (nom, code, largeur) et le nombre de cours.

Toutefois le référentiel masse d'eau DCE offre des informations sur l'état des cours (écologique et chimique) tandis que la BD Topo[®] informe sur le régime de ces derniers (intermittent/permanent).

Pour pouvoir attribuer à une station un milieu de rejet clairement identifié, il a été choisi d'effectuer une recherche du cours d'eau le plus proche de chaque station (outil Proche dans ArcGIS) en indiquant notamment la distance minimale séparant les deux entités. Le nom du cours est ainsi comparé au milieu de rejet (identifié dans les données des stations) et corrigé si nécessaire. Il est ainsi possible d'associer à chaque station un « code hydro » permettant de localiser le milieu de rejet dans la BD Carthage[®].

L'intérêt principal de cette démarche est de pouvoir comparer plus facilement les débits des stations d'épuration aux DOE définis dans les études volumes prélevables. Néanmoins comme indiqué auparavant les volumes prélevables sont renseignés pour un certain nombre de points nodaux, et ce dans le cadre d'un SAGE. Or la partie Sud-Est de la zone d'étude (Bassin de l'Or) ne fait pas l'objet d'un SAGE bien que certains cours comme le Salaison soient d'une certaine importance. Pour combler le manque d'information de certains cours, les différents syndicats de gestion des bassins versants ont été contactés afin d'obtenir des données quantitatives ou qualitatives sur l'état de ces cours, notamment en étiage.

Pour ce qui est des données disponibles en termes de DOE, celles-ci sont intégrées à l'échelle des zones hydrographiques (de même que les prélèvements nets et volumes prélevables, voir Figure 13). Pour chaque zone hydrographique, le point nodal choisi pour représenter l'ensemble est le premier point situé en aval des cours d'eau de la zone. Aussi un point nodal peut être défini pour plusieurs zones

hydrographiques.

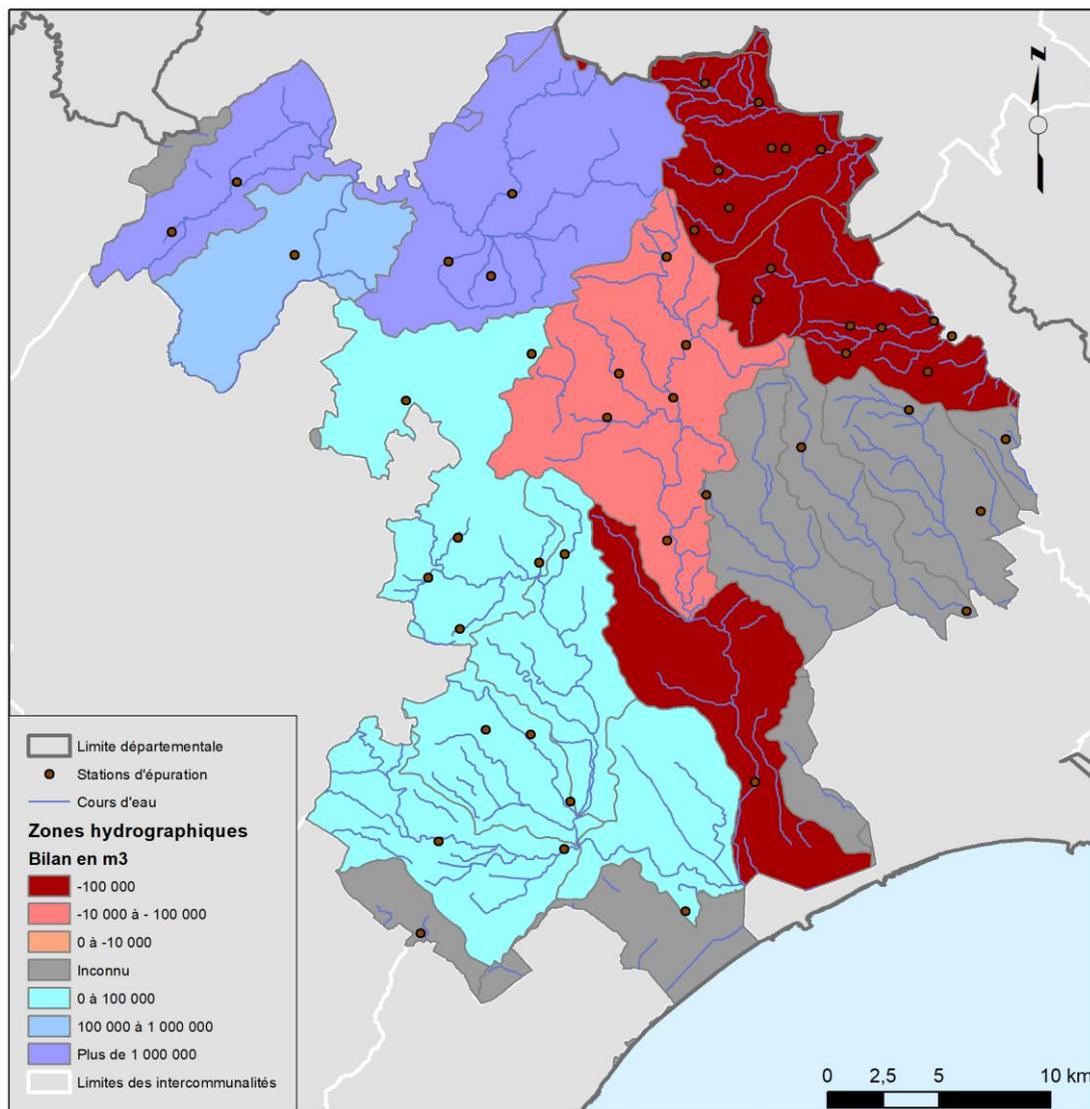


Figure 13 : Bilans des prélèvements sur les volumes prélevables nets par zone hydrographique. Source : Etudes Volumes Prélevables

2.5 Quelle caractérisation du besoin en eau?

Dernière question soulevée ici, la localisation des zones destinataires des eaux usées traitées et la quantification de leur besoin font écho à un certain nombre d'enjeux et questions des acteurs identifiés en première partie : préservation des activités agricoles, économie en eau potable ou encore arrosage des espaces publics. Seront abordés ici successivement le parcellaire agricole puis les espaces verts et structures sportives (terrains, golfs). Il ne s'agit pas ici de quantifier un besoin en eau à proprement parler, cette notion étant associées à une volonté exprimée de la part des agriculteurs ou des élus locaux, or un tel besoin n'a pas été formulé par les acteurs. L'objet de cette section n'est donc pas une évaluation d'un besoin mais plutôt de quantifier un déficit.

2.5.1 Le déficit hydrique, une grandeur dépendante de l'environnement

2.5.1.1 Définition du déficit hydrique

L'estimation du déficit hydrique d'une culture est le calcul visant à quantifier le volume d'eau manquant à celle-ci pour qu'elle puisse répondre entièrement à ses besoins. Trois facteurs influent notamment sur ce bilan : la nature de la culture va influencer sur la demande en eau, les conditions pédologiques vont déterminer le réservoir maximal en eau du sol tandis que le climat conditionnera l'intensité des prélèvements de la plante de même que les apports en eau au sol.

Sur le plan mathématique, le bilan effectué revient à suivre sur un pas de temps régulier l'évolution de la réserve en eau du sol selon la formule suivante.

$$\text{Réserve en eau}_{t+1} = \text{Réserve en eau}_t + \text{Précipitation}_{t+1} - \text{Consommation}_{t+1}$$

Si à un instant t (jour, décade, mois) la réserve en eau du sol est nulle et que l'apport par les précipitations n'est pas au moins égal à la consommation par la plante, alors celle-ci ne peut répondre à ses besoins, auquel cas la mesure du déficit augmente :

$$\text{Si } \text{Réserve en eau}_t = 0 \text{ et } \text{Précipitation}_t < \text{Consommation}_t \\ \text{alors } \text{Déficit}_t = \text{Consommation}_t - \text{Précipitation}_t$$

Il suffit ensuite de sommer le déficit sur l'ensemble de la période considérée.

De façon plus précise quels sont les paramètres entrant en compte dans le calcul ci-dessus?

Pour le sol, la réserve en eau désigne la réserve utile en eau du sol ou RU, que l'on peut définir comme étant la quantité d'eau stockée dans un sol et prélevable par la plante. Ces deux points sous-entendent que cette quantité d'eau se « situe » entre deux états hydriques du sol que sont l'humidité à la capacité au champ et l'humidité au point de flétrissement permanent :

- L'humidité à la capacité au champ (H_{cc}) désigne l'état hydrique du sol pour lequel tout apport d'eau supplémentaire sera écoulé par gravité, il s'agit concrètement de la quantité maximale d'eau stockée dans le sol.
- Au contraire l'humidité au point de flétrissement permanent (H_{fpp}) est l'état hydrique pour lequel la quantité d'eau du sol est trop faible pour que la plante puisse la prélever (forces de tension trop importantes).

Ces deux grandeurs sont essentiellement dépendantes de la nature du sol (épaisseur, texture).

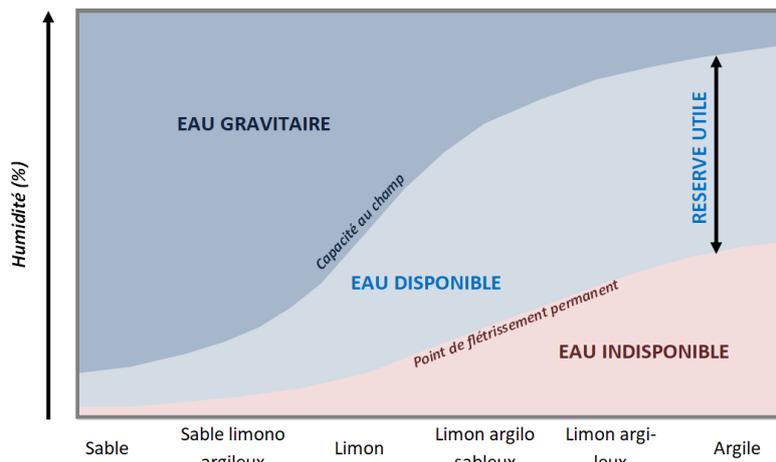


Figure 14 : Relation entre humidité du sol, texture et réserve utile.
D'après Morel, 1996.

Le deuxième facteur visible est le climat, qui intervient dans le calcul de deux façons : alors que les précipitations influent sur la quantité d'eau du sol, l'évapotranspiration potentielle (ETP) détermine la consommation théorique maximale en eau par la plante. Cette dernière correspond à la quantité d'eau évaporée par la plante en conditions normales (alimentation en eau suffisante). Parmi les nombreux modèles d'estimation de l'ETP, la formule de Penman-Monteith est la plus souvent utilisée.

Enfin la culture en soi constitue un facteur dans la mesure où suivant ses caractéristiques (variété, stade phénologique), les prélèvements ne seront pas les mêmes. Cette propriété se traduit en un coefficient cultural, facteur correctif de l'évapotranspiration potentielle. Ce coefficient noté K_c ajuste l'intensité de l'évaporation de la plante en fonction de ses caractéristiques. Le produit du coefficient cultural et de l'évapotranspiration potentielle donne une grandeur appelée évapotranspiration maximale ou ETM : $ETM = K_c \times ETP$.

Si sur une aire réduite il paraît acceptable de considérer le sol homogène et le climat invariant, il est bien plus difficile d'appliquer ce raisonnement sur un territoire de 100 000 ha. Il est donc nécessaire de chercher des données plus précises pour les trois facteurs présentés.

2.5.1.2 La réserve utile des sols, pilier du bilan hydrique

Pour ce qui est des données pédologiques, les référentiels régionaux pédologiques ou RRP constituent à ce jour la seule source de donnée pédologique la plus complète en termes de couverture du territoire. Ces différents référentiels, définis au 1 : 250 000^{ème}, présentent une structuration commune de l'information pédologique en trois « couches » :

- Les strates, couche de sol supposée homogène, sont construites à partir des horizons du sol déterminés par sondages à la tarière et fosses pédologiques
- La superposition de ces strates forme une Unité Typologique de Sol (un type de sol)
- Le regroupement d'UTS selon une logique de pédo-paysages produit une Unité Cartographique de Sol, c'est cette dernière qui est représentée dans les référentiels régionaux pédologiques. (Laroche, Doux, 2007) :

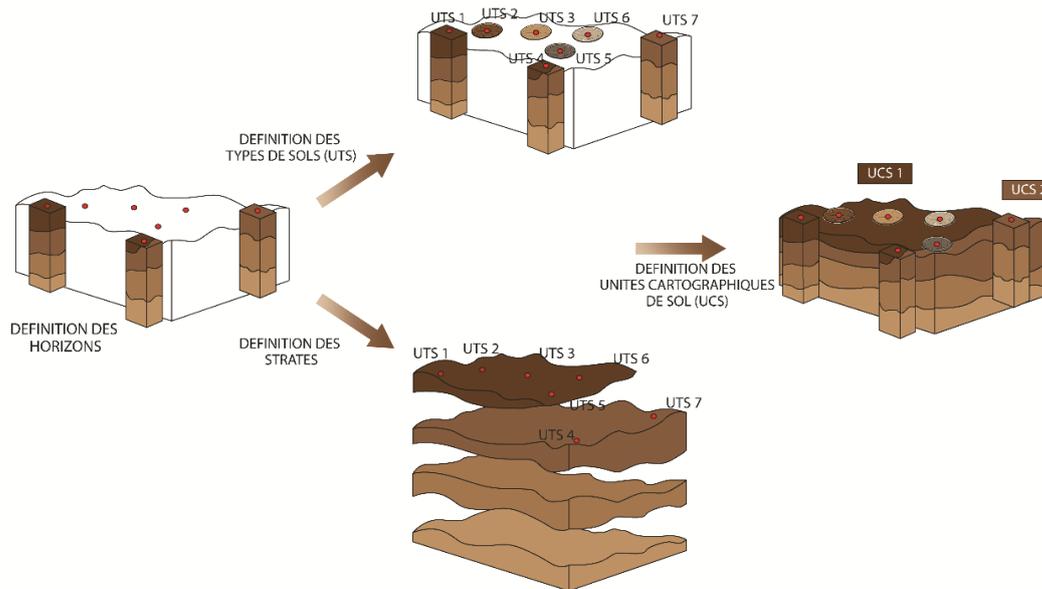


Figure 15 : Lien entre strate, UTS et UCS (d'après INRA, US 1106 InfoSol, Orléans, 2012b)

Pour la région Languedoc-Roussillon l'association SIG L-R diffuse la BDSol L-R, un RRP retravaillé et complété pour répondre mieux aux enjeux et besoins de la région.

Les strates définies dans la BDSol L-R contiennent un certain nombre de données permettant d'estimer leur teneur en eau et à fortiori la réserve utile du sol. Ces paramètres sont l'épaisseur de la strate, sa texture (proportion des limons, argiles et sables du sol), la proportion d'éléments grossiers (d'une taille supérieure à 2cm) ainsi que la nature de ces éléments.

La texture influe sur la teneur en eau de la strate car elle détermine la capacité de rétention en eau du sol (forces de tension liées aux éléments constitutifs du sol). Parmi les différentes méthodes estimant la teneur en eau des strates en fonction de leur texture, celle de Ary Bruand combinant texture, type d'horizon (nom de l'horizon selon la classification de Bruand) et densité apparente produit des valeurs de teneur en eau satisfaisantes (Ary Bruand et al., 2004 ; Morvan et al., 2004).

Les éléments grossiers eux limitent le volume de sol disponible pour l'eau, toutefois les éléments calcaires sont susceptibles de stocker et restituer une certaine fraction de l'eau du sol (Tetegan et al., 2015). La prise en compte de ce paramètre est donc importante d'autant plus que le territoire d'étude est caractérisé par de nombreuses formations karstiques, on peut donc s'attendre à une présence d'éléments calcaires dans les sols.

Si l'on formalise ses informations, la réserve utile en eau maximale d'une strate est donc :

$$RU (mm) = \text{épaisseur (cm)} \times [1 - \%EG] \times \text{teneur en eau (mm/cm)}$$

Comme mentionné précédemment, A. Bruand détermine dans ces travaux une teneur en eau dépendante de la texture, du type et de la densité apparente de la strate. Les différentes valeurs de teneur ont été associées à chacune des strates composant les UTS de la zone d'étude. Néanmoins pour certaines textures de sol la valeur du teneur n'est pas fournie, il faut donc se reporter aux teneurs en eau estimées dans les travaux de Jamagne.

La formule ci-dessus, si elle convient pour certain type de sols, ne prends pas en compte la restitution par les éléments grossiers, celle-ci est égale à :

$$RU_{restituée}(mm) = K_{restitution} \times \%EG \times RU(mm)$$

$K_{restitution}$ étant égal à 0,2 pour les éléments calcaires, et à 0 sinon.

On obtient ainsi une réserve utile corrigée en additionnant les deux composantes :

$$RU_{strate}(mm) = RU_{restituée}(mm) + RU(mm)$$

La réserve utile en eau du sol (UTS) résulte ensuite de la somme des réserves utiles des strates le composant :

$$RU_{UTS} = \sum_{strate \in \{UTS\}} RU_{strate}$$

Enfin la réserve utile d'une UCS est obtenue par moyenne pondérée des réserves utiles des UTS la constituant :

$$RU_{UCS} = \sum_{UTS \in \{UCS\}} (RU_{UTS} \times \%UTS_{UCS})$$

La grandeur $\%UTS_{UCS}$ représentant la proportion relative d'une UTS au sein de chaque UCS.

2.5.1.3 Une prise en compte nécessaire de facteurs agronomiques et climatiques

Outre la réserve utile des sols, les coefficients culturaux, l'ETP et la pluviométrie interviennent dans l'estimation du déficit hydrique.

Ces deux derniers paramètres sont issus dans le cadre de cette étude de la base de données SAFRAN (Météo France) qui couvre la zone d'étude par maille de 8 km x 8 km et fournit des données climatiques depuis 1958 (dont ETP et pluviométrie). Pour les besoins de la méthodologie il a été décidé de ne conserver que les 30 dernières années (1986-2016), les valeurs de pluviométrie et d'ETP étant moyennées sur cette période.

La question du choix des valeurs de Kc est liée à celle du référentiel utilisé pour la description du parcellaire. La donnée la plus intéressante sur ce thème est le Registre Parcellaire Graphique ou RPG qui fournit une information (forme, type de culture) pour chacun des ilots de parcelles bénéficiaires des aides de la Politique Agricole Commune. Contrairement à des sources comme Corine Land Cover, le RPG possède une nomenclature assez riche en 29 classes de cultures :

Tableau 7 : Nomenclature du Registre Parcellaire Graphique

Classe	Culture	Classe	Culture
0	Inconnu	15	Légumineuses à grains
1	Blé tendre	16	Fourrage
2	Maïs grain et fourrage	17	Estives, landes
3	Orge	18	Prairies permanentes
4	Autres céréales	19	Prairies temporaires
5	Colza	20	Vergers
6	Tournesol	21	Vignes
7	Autres oléagineux	22	Fruits à coque
8	Protéagineux	23	Oliviers
9	Plantes à fibres	24	Autres cultures industrielles
10	Semences	25	Légumes-fleurs
11	Gel (surface gelée sans production)	26	Canne à sucre
12	Gel industriel	27	Arboriculture
13	Autres gels	28	Divers
14	Riz		

Pour obtenir les valeurs de Kc, ont été éliminées les classes n'étant pas retrouvées sur le territoire d'étude. Parmi les classes restantes, certaines comprennent plusieurs cultures différentes (protéagineux, légumineuses). Afin de pouvoir cibler la culture, la base de données VisioNET de FranceAgrimer a été utilisée pour identifier les productions majoritaires dans ces catégories (pois chiche pour les légumineuses à grains par exemple).

La majeure partie des Kc sont issus du Mémento BRL sur l'irrigation, un document technique élaboré avec l'aide des Chambres d'Agriculture⁶ adapté à la région Languedoc-Roussillon. Des coefficients culturaux fournis par la FAO ont été utilisés pour l'arboriculture tandis que pour la vigne les valeurs relatives au Syrah (cépage majoritaire d'après le Casier Viticole Informatisé des douanes) sont retenues (Rousseau, 2009). Ces coefficients sont décadaires comme l'illustre la figure 16.

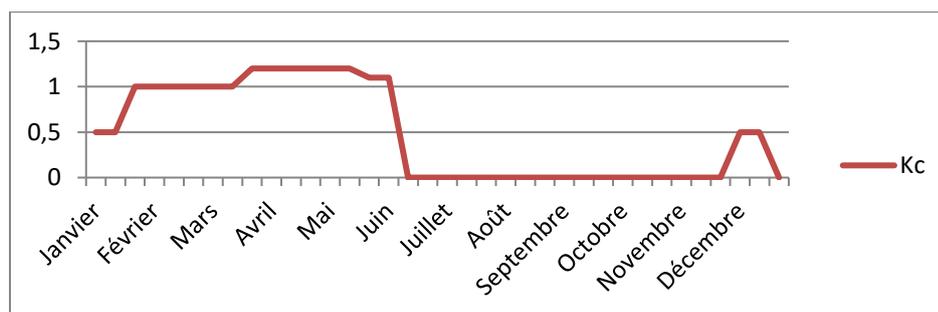


Figure 16 : Evolution du coefficient cultural du blé tendre. Source : BRL, 2015

Le RPG, bien qu'une source d'information extrêmement utile puisque détaillant des informations sur les cultures à l'échelle parcellaire, reste lacunaire dans la mesure où seules les parcelles prises en compte dans le calcul des aides PAC sont prises en compte. Or dans un contexte viticole il faut s'attendre à ce que nombre de vignobles ne soient pas inclus, puisque ne bénéficiant que peu souvent d'aides PAC. A ce titre il peut être intéressant de combiner le RPG avec le zonage viticole de la BD Topo[®]. Bien que les modalités de délimitation des parcelles diffèrent, le croisement de ces deux sources permet de combler le manque observé dans le RPG comme l'illustre le tableau suivant :

Tableau 8 : Surfaces viticoles selon le RPG, la BD Topo[®] et les données des douanes :

Donnée	Surfaces (ha)
RPG (2014)	5749
BD Topo [®] (2016)	8363
Intersection RPG/Topo [®]	8950
CVI (2013)	8143

L'intersection du RPG et de la BD Topo[®] fournit une couche dont la surface est supérieure à celle indiquée dans les fichiers des douanes, cela peut résulter en partie de la délimitation des parcelles (groupes de parcelles, chemins pris en compte etc.) dans le RPG et la BD Topo[®].

⁶ http://www.brl.fr/maj/phototheque/photos/pdf/2015/memento/memento_flipbook.pdf

2.5.1.4 Calcul du déficit hydrique

Une fois les données relatives aux paramètres agronomiques (Kc), pédologiques (RU) et climatiques (ETP, Pluviométrie) rassemblées, il convient de croiser les couches SIG propres à ces différents paramètres à savoir : le parcellaire du RPG augmenté des surfaces viticoles de la BD Topo[®], les grilles Safran et les Unités Cartographiques de Sol.

Est alors réalisé un bilan hydrique comme présenté dans la section 2.5.1.1 à un pas de temps journalier. Ce bilan est réalisé sur une année et démarre au 1^{er} janvier, il est considéré que la réserve utile est pleine (cf. Capacité au champ) à cette date. Les données sont traitées sous un tableur Excel[®] (voir annexe 7 pour un détail sur la construction du tableur).

Le bilan hydrique présente l'évolution de la réserve utile en eau du sol ainsi que le déficit hydrique de chacune des parcelles. Les données sont ensuite synthétisées et exportées sous ArcGIS pour représentation cartographique. Les résultats sont présentés en section 2.6.2.

2.5.2 Des espaces verts et structures sportives difficiles à caractériser

Pour ce qui concerne la description des structures bâties à l'échelle d'un territoire, la BD Topo[®] constitue la référence nationale. Néanmoins cette base présente des lacunes en ce qui concerne les espaces verts. En effet ne sont pas représentés les différents parcs ou golfs que l'on pourrait envisager en tant que zone potentielle. Pour les structures sportives notamment, il est impossible sans photo ou observation directe de savoir s'ils sont enherbés ou synthétiques. En revanche les données d'occupation du sol acquise par la CCGPSL et 3M permettent une localisation de ces espaces.

Si pour les données de parcelle agricole il est possible de fournir une estimation de déficit hydrique, réaliser le même travail pour les espaces verts est d'autant plus compliqué qu'il dépend de la nature de ces espaces. Comme le suggère le mémento technique BRL celle-ci est très variable avec des coefficients culturaux situés entre 0,1 et 1 suivant le type de couvert. Un moyen simple d'estimer les volumes manquants et espaces irrigués serait de consulter les services d'entretiens des espaces verts, cependant au vu du temps imparti cela n'a pas pu être réalisé à la date d'écriture du présent rapport.

Bien que l'on ne puisse pas nécessairement quantifier le déficit en eau dans ces espaces, leur localisation et leur distribution permet de les prendre en compte dans la mesure des potentialités de REUT comme nous le verrons en partie 3.

Afin de pouvoir identifier les zones dans lesquelles les EUT seront utilisées dans une optique de substitution ou dans une optique de prélèvement nouveau, il convient d'identifier les usages actuels de l'eau. Pour les espaces verts et les structures sportives, il est difficile de distinguer rapidement et facilement lesquels sont irrigués ou non. En revanche pour les parcelles agricoles nous disposons des réseaux d'eau brute présents dans la zone d'étude. La majeure partie de ce réseau est gérée par BRL même s'il existe d'autres maîtres d'ouvrages comme l'association syndicale autorisée (ASA) du lac de Cécèles. Ce dernier point est important, si l'ASA du lac de Cécèles ne couvre d'une partie limitée de la zone d'étude, il peut exister en France des territoires dans lesquels ces ASA sont nombreuses. Or rien ne garantit que celles-ci disposent d'une donnée géographique relative au réseau ou au périmètre d'irrigation géré.

Enfin le tracé seul du réseau ne permet pas d'identifier les parcelles ayant recours à l'irrigation. BRL dans ses cartographies considère que la zone irrigable se trouve dans les 250m autour du réseau, ce seuil sera donc conservé dans cette étude (Loubier, 2017). Une carte représentant ces différentes zones figure en section 2.6.3, est également renseignée une zone correspondante au tracé potentiel du futur réseau Aqua Domitia, toutefois cette aire est indiquée à titre purement informatif et constitue plus une aire préférentielle et non un tracé définitif.

2.6 Eléments de résultats sur l'offre et le besoin en eau

2.6.1 Une offre fortement limitée par un milieu contraignant

Afin de déterminer quelles sont les stations potentiellement intéressantes pour la réutilisation des eaux usées traitées, ont été ciblés certaines caractéristiques pouvant être utiles à l'étude des potentialités de REUT comme les débits ou les zones hydrographiques dans lesquelles ces stations se trouvent. Il convient par la suite de chercher à distinguer les STEP selon qu'elles soient, ou non, exploitées à des fins de REUT sans nuire au milieu. Pour ce faire la démarche générale est la suivante :

- Elimination des stations dont le traitement est effectué par lagunage. En effet les eaux usées sont évaporées dans ces stations et donc non réutilisables.
- Corriger la position et les débits des STEPS, associer le cours d'eau et la zone hydrographique correspondante à chacun des ouvrages.
- Extraite des EVP les débits objectifs d'étiage, les volumes prélevables et le bilan des prélèvements actuels.
- Estimer la contribution des STEP aux DOE et des volumes mensuels aux bilans des prélèvements et aux volumes prélevables nets. Si cette contribution est trop importante, la STEP ne peut être retenue.

Sur ce dernier point plusieurs approches sont possible, on peut chercher à vérifier le poids du débit instantané des STEP par rapport au DOE ou au bilan instantané (différence entre volumes prélevables mensuels et volumes prélevés mensuels ramenée en m^3/s), ou encore calculer la différence entre le débit instantané des STEP et le bilan instantané. A titre d'exemple la figure suivante représente le nombre de station d'épuration suivant la période pour laquelle la différence entre débit de station et bilan des prélèvements est positive (l'intervalle considéré est la période d'étiage, soit entre Juin et Septembre).

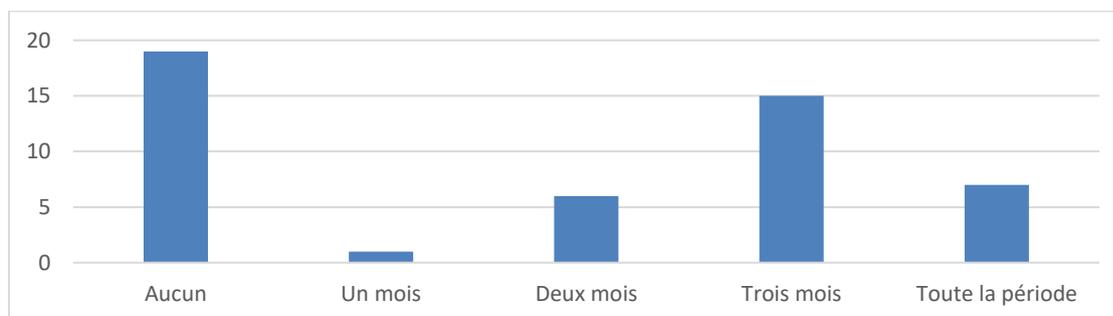
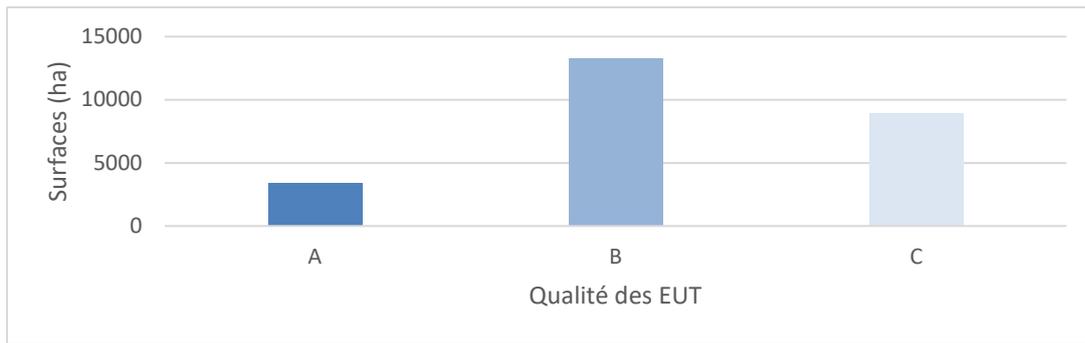


Figure 17 : Décompte des stations suivant le nombre de mois en période d'étiage où la différence entre débit des stations et bilan des prélèvements est positive

Un autre point réside en la qualité des eaux usées traitées, définie selon quatre catégories (A à D) dans les arrêtés présentés en première partie. Les paramètres utilisés pour définir ces catégories (phages ARN-F, spores) ne sont pas mesurés en sortie de station d'épuration. Ils ne sont suivis que si un projet de REUT est mis en place. Pour autant les mêmes arrêtés définissent quels sont les usages compatibles ou non avec chacun de ces catégories. Ont donc pu être estimés les surfaces agricoles compatibles à chacun de ces niveaux.

Tableau 9 : Surfaces agricoles compatibles avec les EUT de qualité A, B ou C (aucune compatible avec la catégorie D)



Dans le cas d'un projet de REUT à l'étude, il peut être intéressant de voir si une amélioration du système de traitement peut être valorisée en termes de surfaces compatibles gagnées comme c'est le cas ici avec les surfaces nécessitant des EUT de qualité B. Des détails relatifs à la qualité des EUT et des usages compatibles sont fournis en annexe 5.

2.6.2 Un déficit relativement faible pour la vigne

La taille des parcelles étant relativement faible par rapport au territoire d'étude, une partie des résultats du calcul de déficit hydrique est présentée sur la carte suivante.

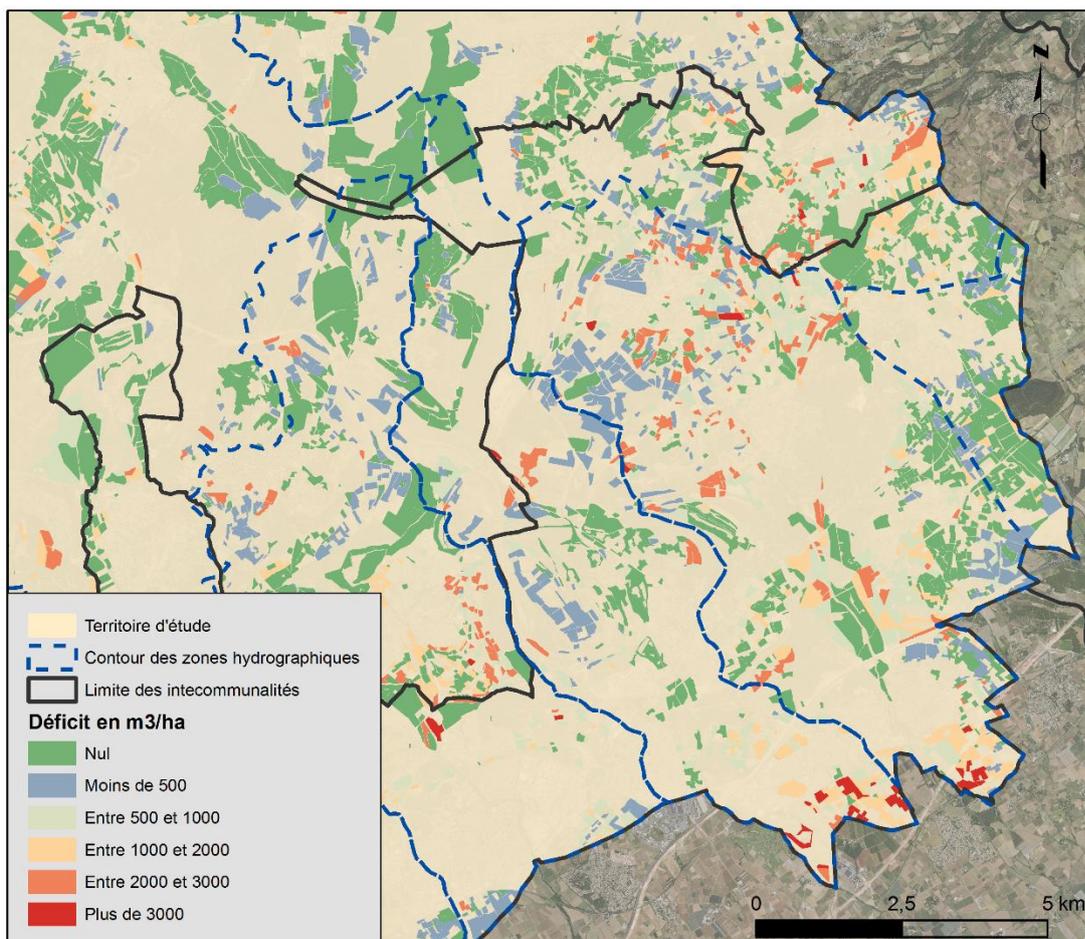


Figure 18 : Déficit hydrique des parcelles, étangs de l'Or. Source : BD Ortho®, OpenStreetMap, BDSol L-R, RPG.

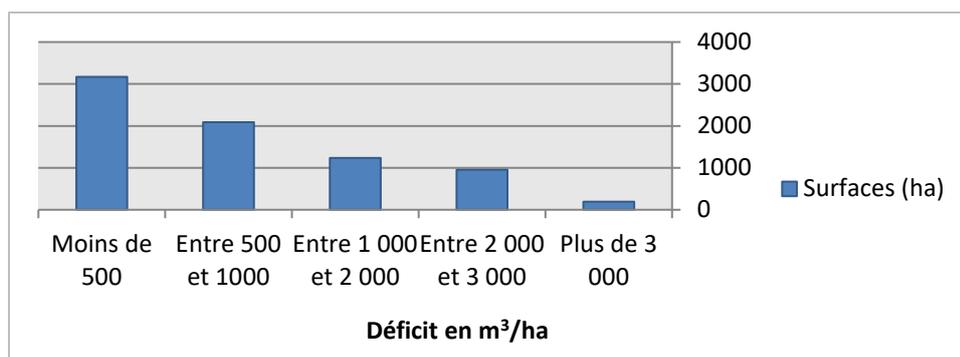


Figure 19 : Surfaces par classe de déficit hydrique pour les parcelles présentes dans le RPG.

Sur un total de 25600 hectares de cultures identifiés dans le RPG, 70% des surfaces ne sont pas concernées par un déficit en eau, dont 54% dues aux landes et bois (K_c fixé à 0) et 10% pour les vignes. Pour les cultures présentant un déficit, il est relativement faible pour 40% des surfaces et dépasse les $2000\text{m}^3/\text{ha}$ sur 15% des surfaces. Si l'on se concentre sur les surfaces viticoles on constate des déficits à l'hectare plutôt faibles, en effet 87% des surfaces ont un déficit inférieur ou égal à $500\text{m}^3/\text{ha}$ (voir figure 20).

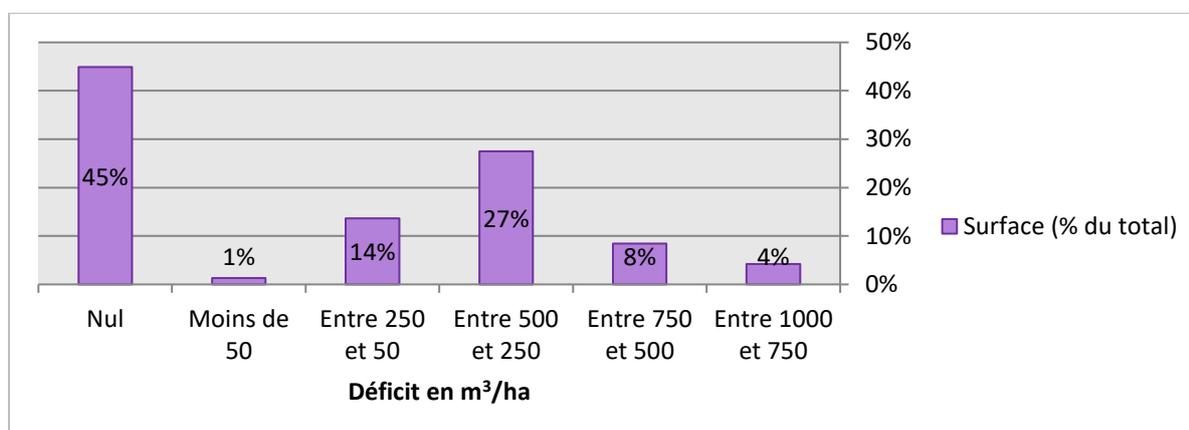


Figure 20 : Surfaces viticoles par classe de déficit hydrique

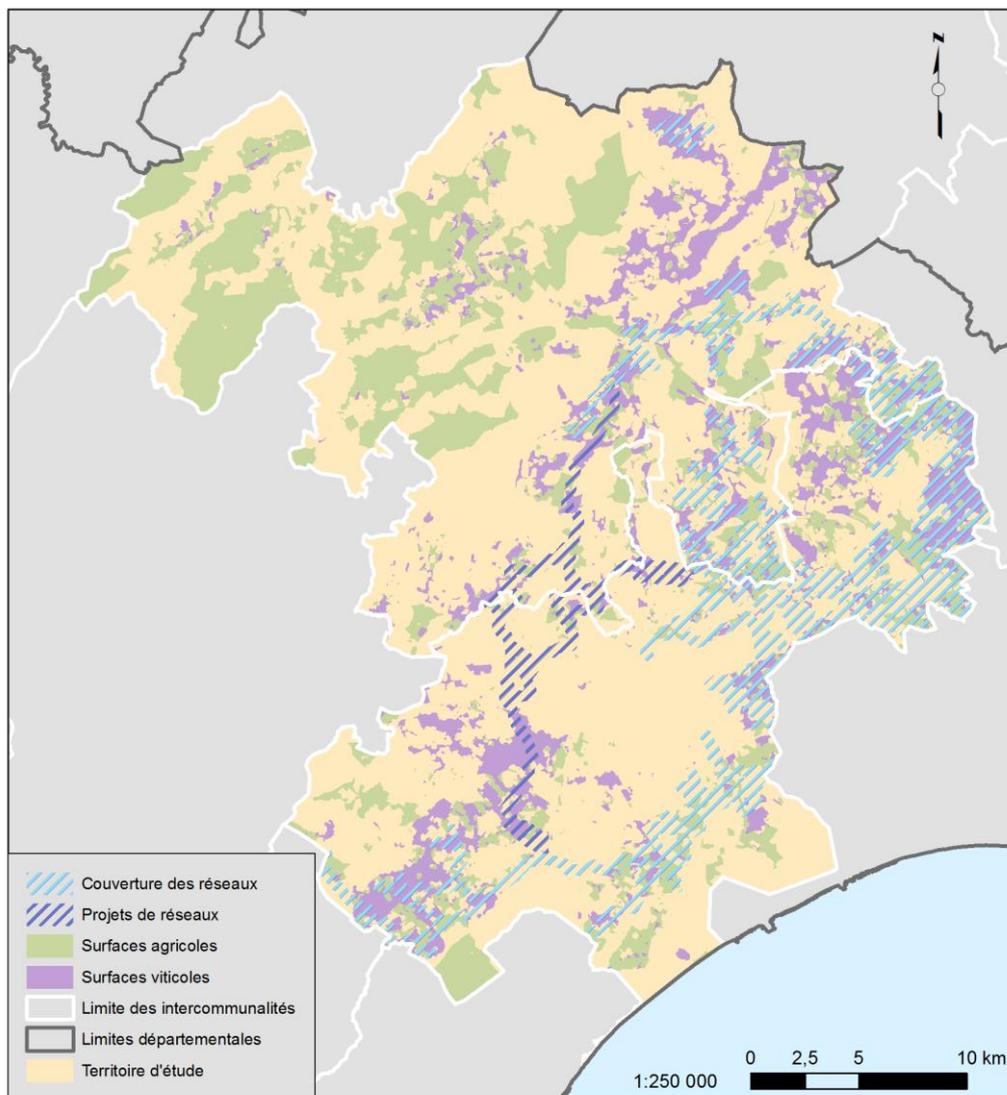
Si l'on ne considère pas les landes et bois, le déficit moyen à l'échelle de la zone d'étude est de $615\text{m}^3/\text{ha}$ variant de 240 à $950\text{m}^3/\text{ha}$ dans les différentes zones hydrographiques.

Toutefois il convient de nuancer ces résultats car le calcul de déficit hydrique réalisé ne prend pas en compte l'irrigation des parcelles, donnée inaccessible dans le cadre de cette étude. Un regard sur l'état du réseau d'eau brute est donc nécessaire pour pouvoir prendre du recul sur ces résultats.

2.6.2.1 Une couverture des réseaux inégale.

Comme mentionné précédemment, une façon simple d'approcher le périmètre d'irrigation des réseaux d'eau brute est de considérer la zone dans les 250 mètres autour du réseau. On peut ainsi estimer et localiser les surfaces agricoles potentiellement irriguées (voir figure 21).

Au total 5800 hectares sont potentiellement irrigués (plus 500 projetés) parmi 28 375 hectares (RPG et BD Topo® inclus). On constate que la majeure partie du réseau d'irrigation se localise sur la partie Ouest et Sud tandis que le Nord et le Nord-Est sont peu desservis. Cela s'explique notamment par un relief accentué sur la partie Nord-Est du territoire, avec des altitudes atteignant les 940 mètres.



Réalisation : F. Hubert, IRSTEA Montpellier, UMR G-EAU, 2017
 Sources : BRL, RPG, BD Topo® IGN, OpenStreetMap

Figure 21 : Couverture des réseaux existants et planifiés sur le territoire d'étude.

N.B : Pour faciliter la lecture de la carte les parcelles ont été agrégées.

2.7 Des contraintes et limites diverses pour la méthode

Les différentes données et méthodes présentées dans cette section, bien qu'offrant des informations et possibilités intéressantes, ne sont pas sans défaut, en effet il existe des difficultés et limites inhérentes aux données et opérations effectuées lors de ce travail.

2.7.1 Des échelles variables

Si la plupart des données rassemblées sont destinées à être utilisées à des échelles comprises entre le 1 : 50 000^{ème} et le 1 : 5 000^{ème}, les informations pédologiques elles sont définies à une échelle inférieure, en résulte une augmentation de l'incertitude, les données à plus petite échelle étant par définition plus générales que les données à grande échelle.

Néanmoins au vu de l'état d'avancée des référentiels pédologiques en France, il est difficile de trouver des données spatialisées autres que celles des RRP. Il est toutefois possible que certaines données au 1 : 100 000^{ème} ou à des échelles plus fines soient informatisées. A ce titre il est conseillé d'utiliser le service Refersols de l'INRA d'Orléans pour rechercher les différentes études pédologiques sur le territoire national.

2.7.2 Un manque de données contraignant

L'un des principaux problèmes relatifs aux données est le suivi de l'état des cours d'eau, en effet les données hydrométriques et les références comme les EVP n'existent que pour un nombre limité de cours. Or ces données sont essentielles pour évaluer l'impact de projets de REUT sur le milieu hydrique. Les différents syndicats de bassin interrogés insistent également sur le besoin d'améliorer les connaissances sur les cours d'eau.

Les données Safran, de par leur découpage, complexifient le calcul du déficit hydrique. En effet sur la zone d'étude se trouvent 31 grilles, qui sont croisées aux 35 UCS de la BDSol L-R et aux 29 classes du RPG. Au total ce sont 1 190 situations différentes qui sont distinguées. Si la base Safran est remplacée par une station météo classique, alors le nombre de situations différentes descend à 378. Cet exemple illustre assez bien le fait que la complexité de traitement des données augmente d'autant plus que leur précision.

Enfin comme l'a montré l'exemple de la viticulture, le RPG ne couvre pas l'intégralité du parcellaire existant, or il existe peu de source d'information géographique aussi fine sur la description du parcellaire qui puisse être utilisée à la place du RPG. Toutefois il est possible d'estimer le niveau d'exhaustivité du RPG par plusieurs moyens : comparaison avec le Recensement Agricole (uniquement à une échelle au moins départementale), avec le Casier Viticole Informatisé pour les vignobles ou des données de télédétection comme la couche d'occupation du sol développée par le Centre d'Etudes Spatiales de la BIOSphère (CESBIO).

2.7.3 Des données de STEP ralentissant l'étude

Parmi les différentes propriétés que la méthodologie doit satisfaire, la reproductibilité et la facilité d'exploitation sont deux facteurs influencés par la qualité des données utilisées. Cela explique pourquoi les données utilisées sont majoritairement issues de référentiels nationaux. Néanmoins les données relatives aux stations d'épuration ont besoin d'être corrigées et recalées pour pouvoir être traitées, de la même manière le milieu de rejet défini n'est pas codé de manière à pouvoir faire un lien direct entre les données des stations et les masses d'eau. Ceci nécessite donc un travail « manuel » avec vérification

au cas par cas des données. Or plus le nombre de manipulations augmente, plus la reproductibilité et la facilité d'utilisation de la méthode diminuent.

Enfin la manière dont sont calculés les débits objectifs d'étiage diffère selon les SDAGE, il convient donc de se renseigner sur les particularités propres à chacun des schémas avant d'utiliser cette information.

2.7.4 Une approche non sans défauts

La démarche de caractérisation des potentialités de REUT s'intéresse dans cette section à étudier l'adéquation entre les volumes des stations d'épuration et les besoins des parcelles. Or ceci n'est possible que si l'on suppose que les EUT sont comparables à des eaux brutes pour les plantes. Or comme le souligne le rapport mondial 2017 de l'UNESCO sur la ressource en eau, les EUT possèdent une physico-chimie qui peut être différente de celle d'une eau brute. En particulier les eaux usées arrivant en station d'épuration peuvent contenir de l'azote, du phosphore et d'autres composés potentiellement fertilisant ou toxiques pour les plantes. Sur le plan biologique cette fois la réglementation française insiste sur les concentrations en micro-organismes et différents virus présents dans les eaux usées. Ces différentes questions sur les caractéristiques des eaux usées traitées alimentent un certain nombre de travaux comme l'extraction de composés fertilisants des EUT. L'INRA de Pech Rouge mène actuellement des recherches sur la valorisation potentielle des eaux usées traitées dans les vignobles⁷.

Concernant le déficit hydrique, ce dernier est élaboré dans cette étude à partir de données culturelles, climatiques et pédologique. Néanmoins intervient également le comportement de la nappe phréatique qui peut induire des remontées capillaires importantes sous certaines conditions (Katerji et al., 1984). De la même manière les formations karstiques possèdent un régime hydrique caractérisé notamment par une infiltration forte de l'eau. Un dernier biais est situé dans l'absence de prise en compte des transferts latéraux intervenant notamment en contexte de pente. Si ces différents transferts peuvent influencer fortement la réserve utile en eau du sol, ils demeurent relativement complexes à estimer.

Enfin il est important d'insister sur le fait que la localisation de parcelles potentiellement intéressantes ne suffit pas à les définir comme usages futurs, encore faut-il que l'agriculteur concerné soit enclin à irriguer ses cultures avec des eaux usées traitées. Ceci soulève la question de l'acceptabilité sociale de la REUT, à la fois par les agriculteurs qui peuvent y voir un risque pour leur santé mais également par les consommateurs.

⁷ <https://www1.montpellier.inra.fr/pechrouge/index.php/fr/>

2.8 Conclusion partielle : des questions encore à résoudre

Dans cette section ont été abordées les questions de l'état hydrique des masses d'eau, des caractéristiques des stations et des « besoins » en eau, trois points d'entrée qu'il est nécessaire de considérer pour étudier les potentialités de REUT à l'échelle d'un territoire. Ces premiers résultats montrent une situation hétérogène autant dans l'importance du déficit que dans sa répartition (spatiale et par type de culture). De la même manière les stations d'épuration et le réseau d'eau brute montrent une situation bien différente entre la Communauté de Communes du Grand Pic Saint-Loup au Nord et Montpellier Méditerranée Métropole au Sud. Cette hétérogénéité observée soulève la question de l'adéquation entre ces structures et le déficit hydrique estimé.

Enfin n'ont pas été abordés ici les questions de la différence entre le débit constant des stations et le besoin variable des cultures, en effet celle-ci fait écho au stockage potentiel des eaux usées traitées ou encore à la période d'irrigation autorisée de la vigne qui limitent l'usage des EUT. Un autre point concerne la flexibilité de la méthodologie, en effet le bilan hydrique posé s'il donne des résultats pouvant être intéressants permet également de tester des situations de changement climatique (augmentation des températures, diminution de la pluviométrie). De la même manière on peut poser l'hypothèse que les débits en sortie de STEP évoluent avec la démographie, il est donc possible d'évaluer les débits disponibles pour la REUT suivant des scénarios de croissance, stagnation ou régression de la démographie.

En mettant l'accent sur les débits d'étiage des cours d'eau, les différents acteurs impliqués dans le projet SoPoLo ont soulevé la question de l'adéquation entre les capacités qu'offraient les stations d'épuration, le déficit des parcelles et l'état du milieu hydrique. La méthodologie proposée jusqu'à présent permet d'explorer chacun de ces aspects successivement tout en les mettant en relation en approchant le problème à l'échelle de la zone hydrographique. Toutefois si le lien entre station d'épuration et milieu de rejet a été explicité, de nombreuses interrogations subsistent sur les relations entre la station et les parcelles et/ou espaces verts destinataires des EUT. Il apparaît donc nécessaire de proposer un moyen permettant d'exprimer, de manière spatiale, cette relation et d'identifier les circonstances favorables à un projet de REUT.

3. L'élaboration d'indicateurs, une démarche complexe mais valorisable

Si les résultats méthodologiques présentés dans la précédente section permettent une évaluation des besoins et des disponibilités en eau, ils ne suffisent pas à délimiter des zones dans lesquelles les potentialités de REUT sont intéressantes. C'est ce travail qui va être abordé dans cette section.

3.1 Une dichotomie entre accessibilité et intérêt

Afin de pouvoir définir une « zone de potentialité » de REUT, il convient d'identifier ce qui influence ce potentiel. En particulier si l'on décompose le problème, plusieurs interrogations ressortent :

- Dans une zone hydrographique donnée, comment atteindre le plus simplement un usage à partir d'une station d'épuration?
- Pour une station définie dans cette même zone, quels sont les usages pour lesquels les chances de réussite d'un projet de REUT sont les plus grandes?
- Quels sont les critères conditionnant cette accessibilité? la réussite d'un projet?
- Comment combiner ces derniers tout en répondant aux exigences méthodologiques?

Il apparaît donc ici une dichotomie entre une question d'accessibilité et une question de valeur de l'usage, il peut être donc intéressant de chercher à identifier et construire un indicateur pour chacun de ces facteurs.

Afin d'illustrer le cheminement méthodologique de cette section il a été choisi de présenter le cas de la zone hydrographique du Ruisseau du Coulazou.

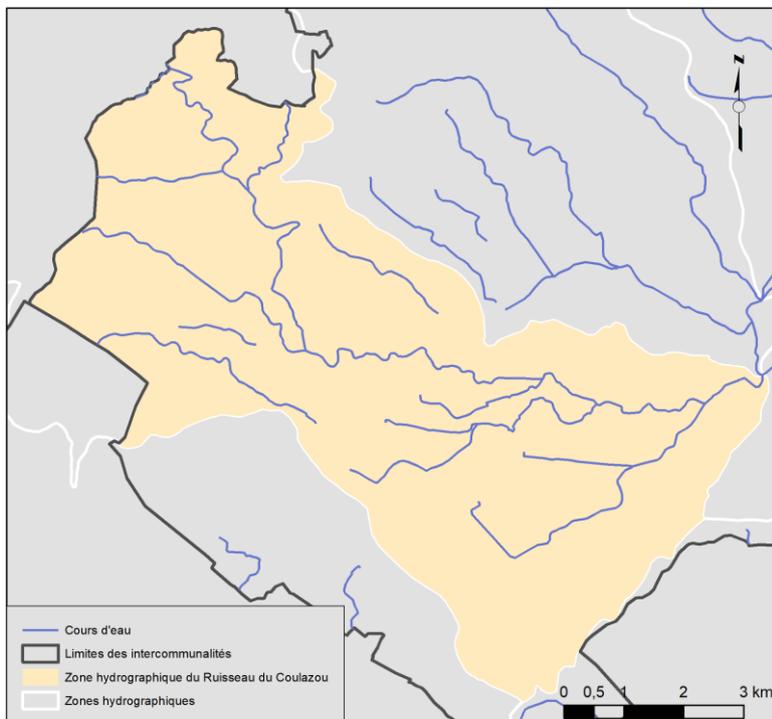


Figure 22 : Zone hydrographique du Ruisseau du Coulazou

3.2 Dictionnaire des données

De la même manière que pour la précédente section, certaines sources de données ont été identifiées pour pouvoir définir la méthodologie et l'appliquer :

Couche	Type	Année	Echelle	Intérêt	Source
Unités Cartographiques de Sols (BDSol-LR)	Polygones, base de données	2012	1 : 250 000	Données pédologiques	INRA Orléans (diffusion par SIGLR)
Registre Parcellaire Graphique (RPG)	Polygones	2014	1 : 5 000	Données sur les cultures à l'échelle parcellaire	ASP
BD Topo [®]	Polygones	2016	1 : 5 000	Entités géographiques et administratives du territoire	IGN
Station d'épuration des eaux usées	Points	2015	-	Localisation et informations sur les stations d'épuration	Ministère en charge de l'Environnement
Occupation du sol 3M	Polygones	2012	1 : 5 000	Occupation du sol	3M
Occupation du sol CCGPSL	Polygones	2012	1 : 5 000	Occupation du sol	CCGPSL
BD Carthage [®]	Polygones	2014	1 : 50 000	Repérage des entités hydrographiques de surfaces	IGN
Zonage documents d'urbanisme	Polygones, lignes	-	1 : 5000 à 1 : 50 000	Zones urbaines et à urbaniser	3M, CCGPSL
Indice de Qualité des Sols	Polygones	2015	1 : 250 000	Indicateur de potentiel agronomique des sols pour les cultures	DRAAF Occitanie/ BDSol L-R
Périmètres de Protection Rapprochés	Polygones	-	-	Délimitation des périmètres de protections rapprochés des captages AEP	3M
Modèle Numérique de Terrain	Raster	2013	5m	Données sur l'altitude	RGE Alti [®] IGN
BD Forêt V1	Polygones	2014	1 : 50 000	Délimitation des espaces boisés	IGN

3.3 Un besoin de redéfinition de l'occupation du sol

3.3.1 Des données non adaptées à la méthode

L'accessibilité des usages soulignée en introduction de section est dépendante de deux facteurs que sont l'occupation du sol et la topographie, or si la seconde est relativement simple d'utilisation l'occupation du sol elle doit être réfléchi en termes d'accessibilité. C'est-à-dire qu'il faut pouvoir identifier les structures qui sont potentiellement des obstacles à la construction d'un réseau telles que les routes, cours d'eau, zones bâties ou encore les zones boisées.

Bien qu'il existe de nombreuses sources d'informations sur l'occupation des sols (Occupation du sol CESBIO, Corine Land Cover, BD Carto[®] ou encore la BD Topo[®]) aucune ne fournit un découpage satisfaisant de l'occupation du sol, soit lié à des informations non représentées (chemins forestiers, bâtis isolés) soit par une délimitation trop grossière des espaces, c'est notamment le cas des zones urbaines comme nous le verrons par la suite.

De la même manière les couches d'occupation du sol produite par 3M et la CCGPSL, bien que satisfaisante en termes de description de l'espace, ne sont pas comparables entre elles puisque les méthodologies propres à la production de chacune des couches différent : nomenclature, délimitation des surfaces, date de production, etc.

Il a donc été choisi de produire une couche d'occupation du sol à partir de données existantes pour pouvoir fournir une description fine et homogène du territoire, classifiée de sorte à pouvoir être utilisée dans un calcul d'accessibilité.

Tableau 10 : Nomenclature de la couche d'occupation du sol développée.

Code	Libellé	Source
1	Inconnu	-
2	Cultures	RPG, CCGPSL, 3M
3	Vigne	RPG, BD Topo [®] , CCGPSL, 3M
4	Chemins et sentier	BD Topo [®]
5	Route empierrée	BD Topo [®]
6	Route goudronnée petite	BD Topo [®]
7	Route goudronnée grande	BD Topo [®] , 3M (A9)
8	Chemin de fer	BD Topo [®] , CCGPSL, 3M
9	Landes	BD Forêt [®] , RPG, CCGPSL, 3M
10	Foret ouverte	BD Forêt [®]
11	Peupleraie	BD Forêt [®] , CCGPSL, 3M
12	Taillis et futaies	BD Forêt [®]
13	Autres boisements	BD Topo [®] , CCGPSL, 3M
14	Zone urbaine	BD Topo [®] , CCGPSL, 3M
15	Décharges et carrières	CCGPSL, 3M
16	Affleurements	CCGPSL, 3M
17	Masse d'eau	BD Topo [®] , CCGPSL, 3M
18	Prairie	RPG, CCGPSL, 3M
19	Espaces verts urbains	CCGPSL, 3M
20	Sables	CCGPSL, 3M
21	Très petit cours (0 à 15m)	BD Carthage [®]
22	Petit cours (15 à 50m)	BD Carthage [®]
23	Cours moyen (Plus de 50m)	BD Carthage [®]

Les couches d'occupation du sol de 3M et de la CCGPSL ont été exploitées afin de compléter les manques des autres sources. Le détail de la construction de l'occupation du sol ainsi que la carte résultante figurent en annexe 6.

3.3.2 Sources alternatives et points principaux à conserver pour la méthodologie

Bien que la couche d'occupation du sol développée ici permette de répondre aux besoins de la méthodologie, elle demeure complexe à élaborer, aussi pour faciliter l'application de cette dernière il est nécessaire d'envisager l'utilisation de sources alternatives. Au vu du besoin de quantifier l'accessibilité aux usages, il est nécessaire d'identifier les obstacles majeurs tels que les routes, voies ferrées, cours d'eau ou encore les zones bâties. Inversement les landes, plaines et chemins forestiers sont des voies de passages à privilégier pour les réseaux d'eau brute. De la même manière chaque catégorie d'occupation du sol doit être comparable aux autres en termes d'accessibilité (« impédance » du sol, au sens mécanique).

Pour autant ce problème a vocation à disparaître avec le développement de l'OCS GE[®], un produit IGN libre d'utilisation ayant vocation à décrire l'occupation du sol à grande échelle (1 : 5000^{ème}) sur le territoire national. La nomenclature de ce dernier répond notamment aux besoins de calcul d'accessibilité (excepté la représentation des chemins et sentiers qui existent dans la BD Topo[®]). A la date d'écriture de ce rapport ce référentiel couvre la région Midi-Pyrénées et la région Pays-de-la-Loire.

3.4 Etude de l'accessibilité des parcelles

La construction de la couche d'occupation du sol proposée est une étape vers l'étude de l'accessibilité aux usages, celle-ci pouvant se définir par la facilité d'accès aux différents usages à partir des stations d'épuration. Dans cette section vont être présentés les différentes contraintes et facteurs (cf. définitions en section 1.6) influençant cette accessibilité ainsi que les croisements effectués.

3.4.1 Définition des critères

3.4.1.1 Le sol et le relief, à la fois contraintes...

Pour pouvoir déterminer quelles sont les contraintes qui s'exercent sur l'accessibilité aux usages il faut revenir au sens de cette dernière. Déterminer l'accessibilité aux usages revient à déterminer le chemin de moindre difficulté séparant la parcelle ou l'espace vert de la STEP. Ceci peut donc être vu comme un tracé éventuel de réseau d'eau brute. Si l'on part de ce principe, on peut déterminer certaines contraintes :

- L'occupation du sol : en effet il apparaît difficile de tracer un réseau qui passe au travers de voies ferrées, de zones urbaines, d'autoroute ou encore de masses d'eau importantes (plans d'eau, cours d'eau moyens). Ces classes d'occupation peuvent donc être considérées comme des contraintes.
- La topographie : elle influe fortement sur le bon fonctionnement des réseaux d'eau brute (besoin de surpresseurs, constructibilité, etc.). Il a donc été décidé que les zones présentant une pente supérieure à 45° devaient être écartées. Ce seuil est essentiellement fixé pour les besoins méthodologiques, dans l'idéal l'avis d'un expert est requis. De la même manière la hauteur géométrique totale (différentiel d'altitude entre tout point du territoire et la station) ne doit pas être trop importante. Un seuil de 200m a été retenu.
- Enfin dans certains sols, la teneur en éléments grossiers des horizons de surface peut être une contrainte à la construction du réseau, cependant les données de sols étant définies à une échelle régionale, ce facteur-là n'a pas été retenu.

La réglementation en termes de réseaux d'eau ne présente pas de contrainte particulière notable pouvant influencer sur l'accessibilité aux usages.

3.4.1.2 ...et facteurs

Comme mentionné auparavant l'occupation du sol et la topographie sont sous certaines conditions des contraintes à l'accessibilité aux usages. Pour autant tant que ces conditions ne sont pas rassemblées ces critères interviennent en tant que facteurs :

- L'occupation du sol définit des couvertures plus ou moins franchissables facilement (landes, bois, cultures, sentiers, etc.). Ces catégories ont été comparées entre elles et un indice d'impédance (résistance au passage) a été déterminé pour chacune, une valeur forte traduisant un milieu difficile à franchir et inversement pour une valeur faible. A noter que les valeurs retenues ont été choisies après concertation en interne pour les besoins de la méthodologie.
- La topographie intervient de deux manières sur l'accessibilité : tout d'abord l'intensité de la pente modifie l'effort à fournir pour franchir la zone (un terrain plat est plus facile à traverser qu'un terrain en pente), l'autre caractéristique à prendre en compte est l'orientation de cette pente par rapport à la direction d'arrivée : pour une pente donnée l'effort à fournir pour la descendre n'est pas le même que pour la monter, et puisque l'on considère les STEP comme le point de départ, il est important de prendre en compte l'orientation de la pente.

3.4.2 Traitement de l'information géographique, établissement d'une carte de coût

La section précédente décrit les différents critères intervenant dans le calcul d'accessibilité et pose la notion de chemin de moindre difficulté. D'un point de vue purement SIG, cela revient à réaliser une analyse de coût, c'est-à-dire de caractériser le chemin de moindre « coût » entre une source (la STEP) et une destination (une parcelle par exemple).

Ce chemin est défini par plusieurs facteurs que sont les positions respectives des sources et de la destination (Coordonnées X, Y), la surface de coût (raster dont chaque pixel présente une valeur de coût à « payer » pour le franchir, c'est ici un coût d'accessibilité), un facteur vertical (la pente) et horizontal (l'orientation de la pente).

Le facteur vertical traduit la difficulté à monter ou descendre une pente, il dépend de l'intensité de celle-ci. Le facteur horizontal traduit lui l'orientation du mouvement par rapport à l'orientation de la pente (le sens de parcours). En effet il est plus facile de descendre une pente que de la monter. Ce facteur estime donc en fonction de la direction (à 360°) si le mouvement est ou non favorisé et à quelle hauteur⁸.

Une fois tous ces facteurs pris en compte il est possible de calculer le chemin de moindre coût. Le raster résultant indique pour chaque pixel le coût cumulé de contrainte le plus faible pour arriver à une destination. Ceci correspond à l'outil Distance de chemin dans ArcGIS.

3.4.2.1 Etapes de la méthodologie

Après avoir présenté les différents facteurs, contraintes et outils méthodologiques, il convient d'indiquer la procédure à suivre pour l'établissement d'une carte de coût. Après avoir extrait l'ensemble des informations à l'échelle d'une zone hydrographique (outils Clip) :

- Eliminer les zones situées à 200m au-dessus des stations d'épuration. Pour se faire, identifier l'altitude de la station d'épuration, et utiliser l'outil Reclassement sur le MNT pour obtenir un raster dont les pixels peuvent prendre deux valeurs (1 ou 0 si la hauteur géométrique totale est inférieure à 200m ou non). Convertir le raster résultant en polygone, il servira ensuite de patron pour les autres rasters.
- Calculer l'orientation de la pente à partir du Modèle Numérique de Terrain : l'outil Aspect de l'extension Spatial Analyst permet de réaliser cette opération. Il n'est pas nécessaire de calculer la pente, l'outil Distance de chemin la calcule directement.
- Classer l'occupation du sol selon une nomenclature faisant ressortir les obstacles et types de couverture généraux (déjà le cas ici).
- Convertir l'occupation du sol en raster. La valeur du pixel correspondant au type d'occupation. L'outil Polygone vers raster réalise cette opération. Il convient de veiller à ce que la taille des pixels de l'ensemble des rasters soit la même (ici 5m).

⁸ Pour plus de détails consulter :

<https://pro.arcgis.com/fr/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-the-path-distance-tools-work.htm> et

<https://pro.arcgis.com/fr/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-the-horizontal-and-vertical-factors-affect-path-distance.htm>

- Associer à chacune des classes d'occupation un indice d'impédance. Donner aux zones infranchissables une valeur au moins 100 fois supérieure à la valeur d'impédance la plus forte des zones franchissables. L'outil Reclassement réalise cette opération. Dans le cadre de cette étude les valeurs d'impédance suivantes ont été retenues.

Tableau 11 : Indice d'impédance par catégorie d'occupation du sol

Numéro	Libellé	Indice d'impédance ⁹
1	Inconnu	10000
2	Cultures	5
3	Vigne	5
4	Chemins et sentier	1
5	Route empierrée	2
6	Route moyenne	60
7	Grande route	10000
8	Chemin de fer	10000
9	Landes	3
10	Forêt ouverte	8
11	Peupleraie	36
12	Taillis et futaies	100
13	Autres boisements	100
14	Zone urbaine	10000
15	Décharges et carrières	10000
16	Affleurements	10000
17	Masse d'eau	10000
18	Prairie	3
19	Espaces verts urbains	1
20	Sables	10000
21	Très petit cours	13
22	Petit cours	100
23	Cours moyen	10000

- Réaliser une opération de distance de chemin en prenant en source la STEP, en raster de coût l'occupation des sols reclassifiée, en raster de surface et en facteur vertical le Modèle Numérique de Terrain (définir les limites verticales à -45° et +45°) et en facteur horizontal l'orientation de la pente.
- Discrétiser le raster résultant (outil Reclassement), les classes choisies doivent être de sorte que le passage de l'une à l'autre implique un effort significativement plus important. Néanmoins il est difficile de donner des seuils sans référence technique ou avis d'un expert, d'autant plus que les valeurs de coût dépendent des indices d'impédance choisis, et ne sont pas interprétables en tant que telles.

⁹ La valeur 10 000 est affectée aux contraintes (infranchissables)

3.4.3 Application : un résultat prometteur mais devant être valorisé

La figure 23 ci-dessous présente les résultats de la chaîne de traitement venant d'être présentée.

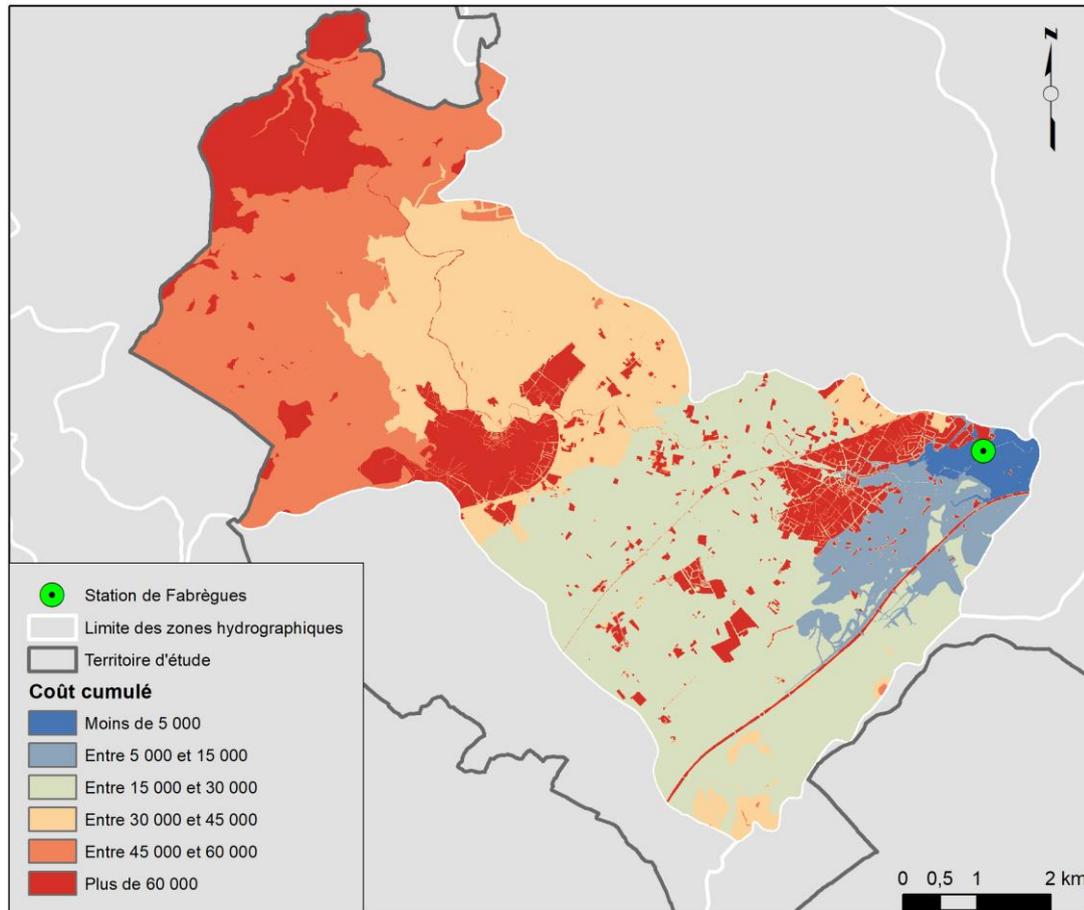


Figure 23 : Coût cumulé de contrainte par pixel pour atteindre la station de Fabrègues

Le coût cumulé s'accroît logiquement à mesure que l'on s'éloigne de la station (du bleu vers le rouge), on voit ici l'effet de l'indice d'impédance sur l'accessibilité : les routes, masses d'eau et centres urbains apparaissent clairement. Si le milieu était homogène (même occupation partout) et isotrope (même facilité de mouvement quelle que soit la direction) le résultat de l'opération de distance de coût serait un simple halo centré sur la station. Il est également possible d'indiquer dans le paramétrage de l'outil Distance de coût une distance maximale à ne pas dépasser.

Les outils SIG offrent une information extrêmement intéressante dans le calcul de potentialité qui n'a que très peu été exploré dans la bibliographie liée à la réutilisation des eaux usées traitées. Toutefois pour donner une valeur à cette information d'accessibilité, encore faut-il faire le lien avec les différents usages. C'est ce point qui va désormais être exploré.

3.5 Mesure de l'intérêt zonal, une approche multicritère plus complexe

La formulation d'un lien entre STEP et parcelles/espaces verts/autres est un processus de sélection au bout duquel les usages présentant le plus d'intérêt doivent être retenus. Toutefois il faut définir ce que l'on entend par intérêt ici. On pourrait tout simplement se baser sur l'importance du déficit hydrique des cultures et sélectionner les parcelles accessibles à plus fort déficit, toutefois comme nous allons le voir d'autres points sont à prendre en considération.

3.5.1 Définition des critères

3.5.1.1 Des contraintes réglementaires nombreuses

Tout comme pour le calcul d'accessibilité il existe un certain nombre de contraintes relatives à l'intérêt des usages liées à la réglementation en vigueur.

En effet l'arrêté du 2 août 2010 interdit l'irrigation à partir d'eaux usées traitées dans les périmètres de protections rapprochés de captages sauf dérogation en cas de captage de surface ou karstique « après avis d'un hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique ». Les usages localisés sur ces périmètres de protection ne doivent donc pas être retenus.

De la même manière une distance minimale de 100m aux plans d'eau et de 40m au bâti (en cas d'irrigation par aspersion) sont imposés par l'arrêté. Sont donc écartés tous usages répondant à ces deux critères.

Enfin en milieu karstique seule l'irrigation à partir d'eaux usées traitées de qualité A ou B est autorisée, néanmoins l'absence de données relative à cette qualité pour chaque STEP empêche d'appliquer une sélection sur les usages.

3.5.1.2 Une diversité de facteurs liés aux usages

Outre les considérations réglementaires plusieurs facteurs influent positivement ou négativement sur l'intérêt d'un usage vis-à-vis de la REUT. Si de manière évidente le déficit hydrique est l'un de ces facteurs, d'autres sont à prendre en compte :

En cas d'irrigation, on peut s'attendre à un gain de productivité des espaces agricoles qui dépend entre autres des potentialités agronomiques du sol. Or la BDSol L-R renseigne un indice de qualité des sols (IQS) basé sur la réserve utile du sol et des contraintes secondaires (pH, la battance, l'hydromorphie et la pierrosité) (Ménard, Lagacherie, 2010). Si la réserve utile est déjà indirectement prise en compte dans le déficit hydrique, il est possible de ne conserver que le nombre de contraintes secondaire par UCS (1 à 4).

De la même manière il peut être intéressant d'associer à chaque usage un indice de gain économique attendu, traduisant le gain engendré par l'irrigation suivant le type d'usage (l'irrigation d'un stade est économiquement plus intéressante que celle d'une prairie). Toutefois par manque de temps il n'a pas été possible d'établir cet indice.

Si ces paramètres peuvent donner une idée de l'importance d'une parcelle ou d'un espace vert, ils ne traduisent pas la configuration de ces usages dans l'espace. A ce titre il peut être intéressant, après délimitation d'une zone d'usages (par agrégation), d'étudier la diversité locale de ces derniers. De plus il apparaît évident que pour maximiser les chances de succès d'un projet de REUT il faut chercher à diversifier les usages, en effet si par exemple les EUT ne sont destinées qu'à l'irrigation de la vigne, il existe une période dans l'année au cours de laquelle ces EUT ne sont pas consommées, ce qui limite

l'intérêt du projet et donc ses chances de succès.

De la même manière l'un des objectifs du projet SoPoLo est de chercher à réduire l'inégalité spatiale d'accès à l'eau. Si un projet de REUT peut à l'échelle territoriale réduire ces inégalités, il peut en revanche augmenter les inégalités locales en favorisant un agriculteur par rapport à d'autres. Il est donc nécessaire d'étudier la diversité locale des agriculteurs afin de pouvoir distinguer les zones dans lesquelles le nombre d'agriculteurs est faible de celles où ils sont nombreux.

Ce sont donc au total 5 facteurs influençant l'intérêt d'une zone à la REUT qui sont identifiés ici et qu'il est nécessaire de croiser pour obtenir un indicateur d'intérêt zonal. Ce nombre important de facteurs requiert une démarche particulière qui va maintenant être présentée.

3.5.2 Diagramme de croisement et démarche d'analyse

La première étape dans la construction de l'indice d'intérêt zonal est le traitement des contraintes. Pour rappel elles sont au nombre de 3 ici, l'une liée aux périmètres de protection rapprochée, l'une liée au bâti et l'une liée aux plans d'eau.

Pour les périmètres de protection rapprochée, la manière la plus simple reste de réaliser une zone tampon autour du bâti et des plans d'eau (de respectivement 40m et 100m, outil zone tampon), de joindre les zones résultantes aux périmètres de protection via une opération d'union, puis sélectionner les usages intersectant la couche finale via une sélection selon l'emplacement, d'inverser la sélection et d'exporter le résultat vers une nouvelle couche vecteur.

La diversité locale des agriculteurs et des usages sont deux facteurs créés par une opération de statistique focale : pour les agriculteurs, le parcellaire du RPG est converti en raster en attribuant en valeur de pixel l'identifiant de l'agriculteur puis l'opération de statistique focale compte par pixel le nombre de valeurs uniques (i.e. le nombre d'agriculteurs) dans un rayon défini. Le rayon appliqué ici est la distance moyenne entre les parcelles (140m), obtenue par l'outil Average Nearest Neighbor. Pour les usages il était nécessaire de classer ces derniers en catégories d'usage avant de réaliser l'opération. Les classes suivantes ont été définies.

Tableau 12 : Classes d'usages pour la mesure d'intérêt zonal

Identifiant	Nomenclature RPG ou occupation du sol
1	Espaces verts urbains
2	Installations sportives (golfs et terrains de sports)
3	Semences
4	Blé tendre, orge, autres céréales, colza, protéagineux et légumineuses
5	Fourrages, autres gels, estives, landes, prairies, arboriculture, divers
6	Vignes
7	Vergers, fruits à coque, oliviers, légumes-fleurs
8	Maïs grain et ensilage, tournesol

En ce qui concerne les espaces agricoles, la ségrégation se base sur les périodes au cours desquelles les coefficients culturaux sont les plus importants : en effet de cette manière chaque classe reflète une période d'irrigation. Maximiser les usages revient ainsi à assurer un usage des EUT plus homogène sur l'année, ce qui est un facteur de réussite des projets de REUT. Les classes choisies pour les différents facteurs sont indiquées en annexe 8.

Chacun des facteurs est ensuite converti en raster pour pouvoir réaliser une opération d'analyse multicritère. Les rasters ainsi obtenus sont reclassés, chacun sur une échelle de 0 à 9 afin de pouvoir comparer les critères entre eux (le détail du reclassement figure en annexe 8) : la valeur 9

correspondant à la modalité la plus intéressante du facteur tandis que la valeur 1 la moins intéressante, le 0 correspond à une exclusion de l'usage.

Une fois cette opération effectuée deux choix sont possibles pour déterminer l'indicateur d'intérêt zonal. Le premier est de procéder à une superposition pondérée des rasters, c'est-à-dire de réaliser la moyenne pondérée pour chaque pixel de l'ensemble des rasters considérés. La pondération étant la mesure de l'influence d'un facteur par rapport aux autres.

Dans le cas suivant, la pondération du premier raster est de 75% par rapport au second, pour le pixel en bas à gauche la valeur résultante est donc $0.75 \times 9 + 0.25 \times 4 = 7.75$, arrondi à 8.

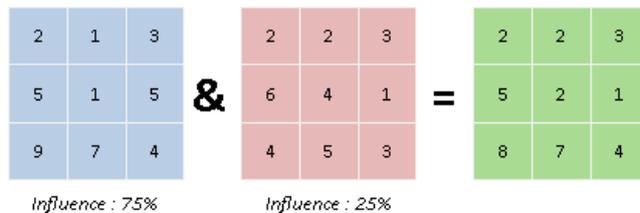


Figure 24 : Exemple de superposition pondérée

Ce type d'opération fonctionne relativement bien pour un nombre limité de facteur car les pondérations sont relativement faciles à poser. En revanche pour 5 facteurs il devient compliqué de positionner ces derniers sur une même échelle.

Le second choix pour déterminer l'indicateur d'intérêt zonal est de faire appel à une méthode de détermination de pondérations entre facteurs : l'AHP pour Analytic Hierarchy Process développée par Thomas L. Saaty en 1977. Il s'agit là d'une méthode permettant de choisir le meilleur compromis parmi un ensemble de critères. Le processus se base sur la comparaison deux à deux des critères selon une logique de prédominance.

Les comparaisons sont synthétisées dans un tableau à double entrée (une matrice) dont chaque cellule comprends une valeur de 1 à 9 traduisant le jugement préférentiel d'un critère A par rapport à un critère B, la valeur 1 signifiant l'égale importance tandis que la valeur 9 extrême prédominance (voir Tableau 13).

Une fois les comparaisons deux à deux des facteurs effectués, l'AHP¹⁰ calcule un poids pour chaque facteur à l'aide de la matrice des préférences établie, combine par facteur le poids des différentes options (ici nos classes), pour au final déterminer un indice (meilleur compromis) issu des deux précédents résultats.

Le résultat est ensuite discrétisé. Dans le cadre de la zone d'étude, la matrice suivante de pondération a été proposée.

Tableau 13 : Matrice des préférences pour les quatre facteurs

	Usage	Exploitant	Contrainte	Déficit
Usage	1	1	3	1/3
Exploitant	1	1	3	1/3
Contrainte	1/3	1/3	1	1/5
Déficit	3	3	5	1

Cette méthode est très puissante dans le domaine de l'aide à la décision puisqu'elle permet également

¹⁰ L'extension extAhp20 d'ArcGIS est utilisée pour ce calcul.

le calcul d'un indice de cohérence des jugements (ou préférences) qui indique si ce dernier doit être reformulé ou non¹¹. L'AHP a notamment déjà été utilisée calculs d'aptitude zonale en SIG et est retenue comme un outil « efficace et supérieur à d'autres méthodes dans la détermination de poids » (Bekhtari, 2015).

Un résumé de la démarche est proposé dans la figure suivante.

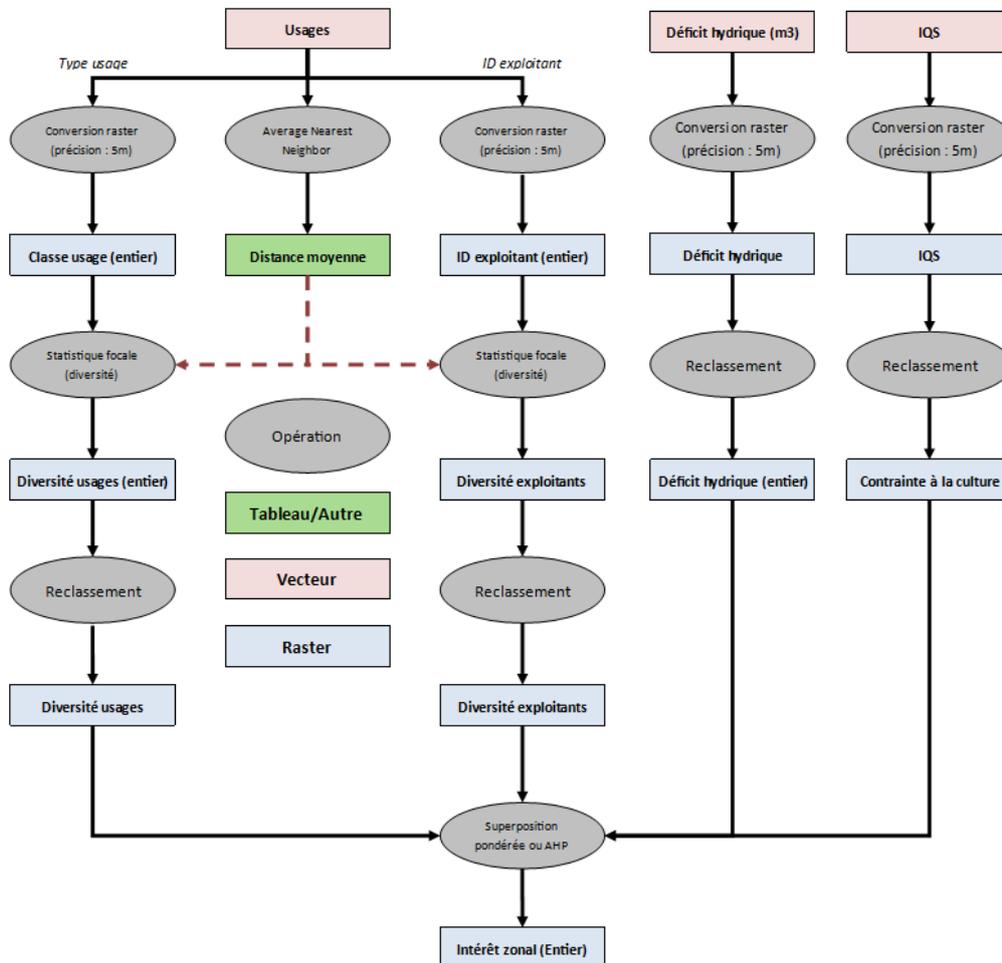


Figure 25 : Diagramme de croisement général pour l'obtention d'un indicateur d'intérêt zonal.

¹¹ C'est un problème de transitivité : si A est préféré à B, et que lui-même est préféré à C. Alors A devrait être préféré à C, si ce n'est pas le cas la cohérence est moins bonne. Si l'indice de cohérence fournit est supérieur à 0.1 alors il convient de reformuler les jugements

3.5.3 Formulation d'un indicateur d'intérêt zonal absolu et relatif

Le résultat de l'AHP réalisée dans la section précédente est présenté en figure 26.

Comme le nom de la carte l'indique, il s'agit là d'un indicateur d'intérêt absolu car celui-ci ne prend pas en compte l'accessibilité à la parcelle. Ce choix de ne pas prendre directement la mesure d'accessibilité s'explique car cette dernière est liée à une STEP, or il est tout à fait possible que plusieurs STEP soient localisées sur une même zone hydrographique. Pour éviter la redondance des calculs il faut donc produire un indicateur absolu.

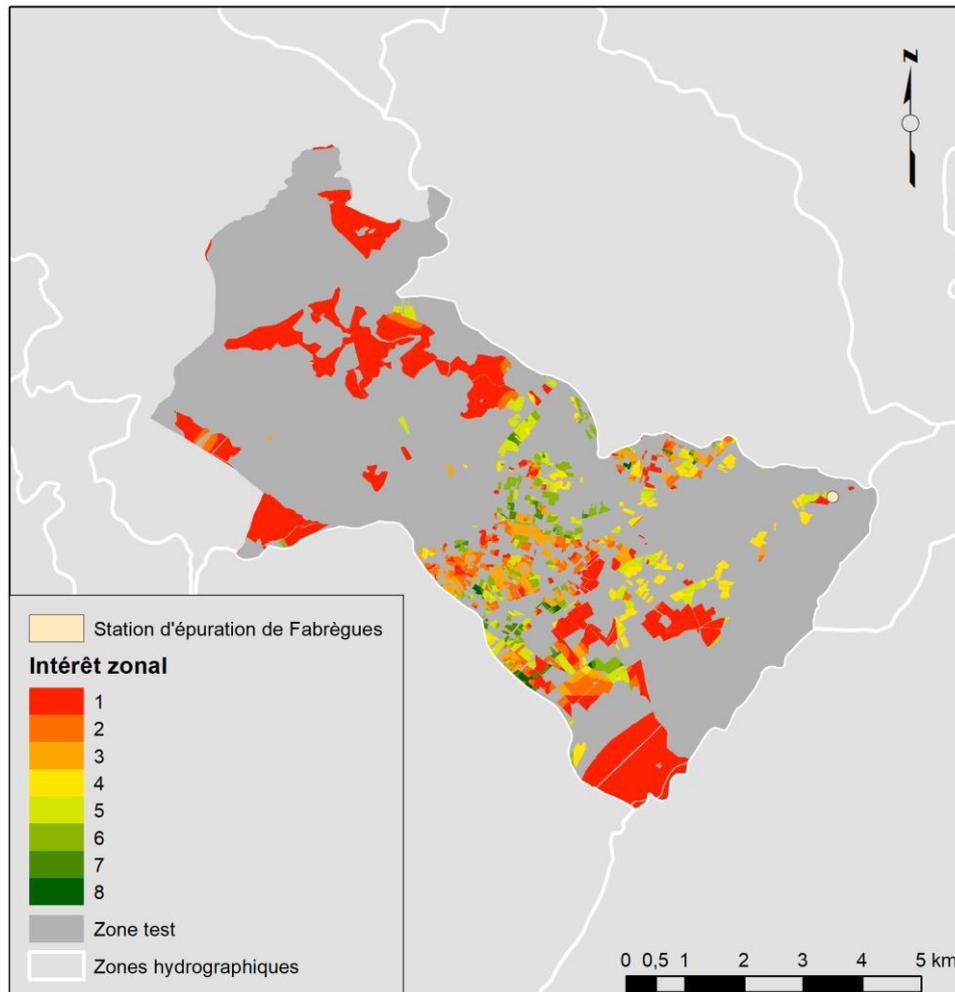


Figure 26 : Indicateur d'intérêt zonal absolu

Pour passer d'un indicateur absolu à un indicateur relatif le process est le suivant :

- Discrétiser le raster d'accessibilité avec l'outil Reclassement pour obtenir un indice d'accessibilité.
- Etablir un tableau à double entrée représentant l'indice d'accessibilité et l'indice d'intérêt zonal absolu. Pour chacune des combinaisons d'indices, affecter une valeur correspondant à l'indice relatif, dans le cas présent, le tableau défini est le suivant.

Tableau 14 : Construction de l'indice d'intérêt relatif.

		Niveau d'accessibilité					
		1 (+ fort)	2	3	4	5	6 (+ faible)
Inté- rêt zo- nal	1 (+ faible)	0	0	0	0	0	0
	2	1	0	0	0	0	0
	3	2	1	0	0	0	0
	4	3	2	1	0	0	0
	5	4	3	2	0	0	0
	6	5	4	3	0	0	0
	7	6	5	4	1	0	0
	8	7	6	5	2	0	0
	9 (+ fort)	8	7	6	3	1	0

- Utiliser ensuite l'outil Combiner pour obtenir un raster présentant toutes les combinaisons uniques des deux indices et appliquer l'outil Reclassement pour entrer les valeurs d'indice relatif.

Le résultat de cette opération est présenté dans la figure suivante.

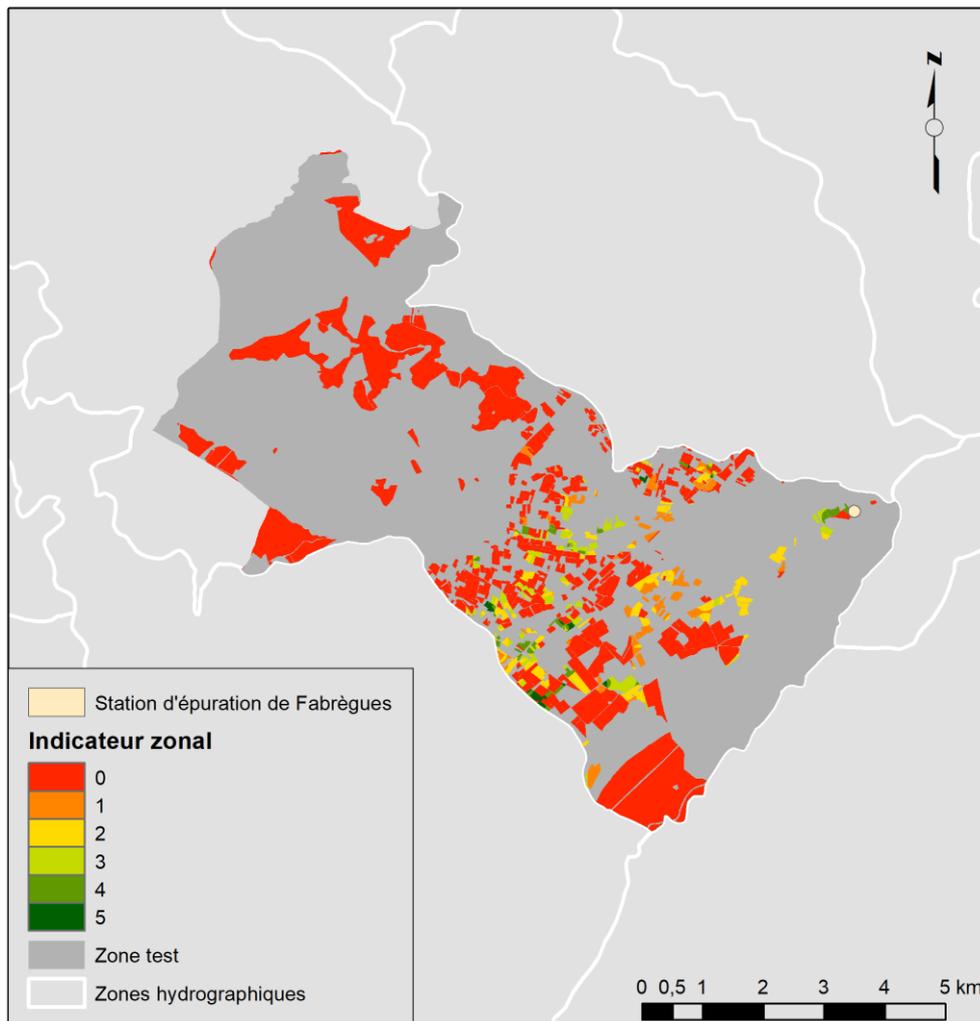


Figure 27 : Indicateur d'intérêt relatif

Le résultat final de cette manipulation montre un indicateur zonal assez modéré, en effet sur les 9 classes définies la classe la plus haute est la 6^{ème}. Ceci s'explique par des choix de pondération plutôt restrictifs dans le Tableau 14.

Une fois l'ensemble des indicateurs élaborés, il est possible de sélectionner des parcelles à fort intérêt et de les relier à la STEP. Pour ce faire les parcelles sont converties en points (représentant leur centroïde) et ceux ayant un indicateur d'intérêt relatif de 4 ou plus sont sélectionnés et extraits. S'ensuit une opération de Chemin de coût permettant à partir de la carte d'accessibilité de tracer le chemin de plus faible coût entre les parcelles et la STEP. Le résultat de cette opération est présenté dans la page ci-contre.

Huit parcelles sont ainsi sélectionnées formant quatre groupes distincts. Ces groupes peuvent représenter des sites intéressants pour un projet de REUT. A noter qu'à ce stade là il est possible d'écarter ou non les parcelles potentiellement irriguées par le réseau d'eau brute existant.

3.6 Quelques limites et contraintes sur la démarche méthodologique

Cette troisième partie du rapport présente nombre d'opérations SIG sur un ensemble divers de données issues de sources différentes. Il paraît donc évident que la méthodologie proposée soit confrontée à des limites et contraintes de nature diverses.

3.6.1 Une échelle variable mais compensée par l'approche multicritère

De la même manière que pour la deuxième section, les données pédologiques utilisées représentent la première source d'incertitude, cette fois-ci due à l'indice de qualité des sols. Toutefois celui-ci a été mis en défaut dans le choix des pondérations de l'AHP, ce qui limite l'impact potentiel que peuvent avoir les incertitudes sur le résultat final.

3.6.2 Des limitations techniques évidentes

La principale difficulté rencontrée en termes de données est sur l'occupation du sol. En effet il a fallu dans le cadre de ce projet reconstituer une occupation complète du sol sur l'échelle du territoire (100 000ha) qui permette d'étudier l'accessibilité aux STEP. Cette couche d'occupation peut présenter le défaut d'avoir été construite à partir de sources multiples, présentant des nomenclatures parfois très différentes (occupation du sol 3M et CCGPSL par exemple) et à des échelles variables. Néanmoins si pour un territoire de cette taille on peut être tenté d'utiliser des données à petite échelle, il ne faut pas oublier que l'occupation du sol doit permettre d'identifier des structures clés dans le calcul d'accessibilité telles que les sentiers et chemins.

Enfin l'absence de données relatives au besoin/déficit hydrique des espaces verts et structures sportive les empêche d'être complètement intégrées dans le processus. En effet bien qu'ils soient pris en compte dans la diversité d'usages le chemin final tracé ne part que des parcelles agricoles.

3.6.3 Un besoin de manipulation fort mais qui peut être limité

La reproductibilité de la méthodologie est fortement impactée par le nombre de manipulations et de choix que doit faire l'opérateur. Or dans cette section ces derniers ont été nombreux. De la même manière certains calculs peuvent être relativement longs à exécuter. A ce titre il peut être intéressant de chercher à accélérer le processus, notamment en proposant diverses scripts (Excel, R) ou chaînes de traitement automatisées (Model Builder d'ArcGIS) limitant le nombre de manipulation à son strict minimum.

3.6.4 Les limites d'une approche par réseau

Diverses limites sont notables dans l'approche suivie, sur les facteurs par exemple le calcul de diversité des exploitants peut apparaître biaisé dans la mesure où il favorise les systèmes de petites parcelles groupées.

En ce qui concerne l'accessibilité aux parcelles, deux facteurs ne sont pas pris en compte et peuvent influencer le choix des parcelles : les châteaux d'eau et les bassins de stockages peuvent constituer en soi des sources d'EUT à mettre en lien avec les STEP et donc modifier le résultat en favorisant l'accès à certaines zones. Toutefois il convient de noter que l'acheminement et le stockage des EUT se fait dans ces réseaux et bassins distincts de ceux en eau potable et en eau brute. Le second facteur est la méthode d'acheminement de l'EUT, si ici on part du principe que ces eaux parcourent un réseau d'irrigation, il est tout à fait possible d'imaginer un transport par camion-citerne à destination de bassins de stockage. Ce qui modifie profondément la valeur de l'indicateur d'intérêt relatif. Toutefois l'intérêt absolu ne change a priori pas.

3.7 Eléments de conclusion sur l'étude des potentialités de REUT

Au travers de cette section ont pu être explorés un panel des possibilités offertes par les outils SIG dans l'étude des potentialités de réutilisation des eaux usées traitées, si les premiers résultats semblent prometteurs, il reste encore de nombreux points à préciser et formaliser. Notamment l'impact sur le milieu hydrique et la substitution de prélèvements ont peu été abordés. Cela s'explique notamment par la difficulté à les quantifier et à les positionner.

Le modèle développé gagnerait beaucoup à bénéficier de références techniques et de retour d'expérience sur le choix des seuils, des classes et des nomenclatures utilisées dans cet exercice, ou ne serait-ce que pour le valider.

Un point de vigilance est à apporter concernant l'irrigation de nouvelles terres par les EUT, en effet tout apport en eau sur une parcelle agricole peut se traduire par des transferts accrus de produits phytosanitaires ou de polluants du sol vers les nappes ou les cours d'eau. Il convient donc lors d'étude d'un projet de REUT de rester vigilant par rapport au devenir de l'eau.

3.7.1 Une méthodologie perfectible mais qui ouvre des possibilités

Bien que la question de la réutilisation des eaux usées traitées soit de plus en plus mise en avant, aucune étude ne s'est penchée sur la localisation d'usages potentiels et leur caractérisation. En particulier la question de l'accessibilité n'a jamais été explicitée, le critère de distance se résumant à un rayon de quelques kilomètres autour des STEP.

De plus l'approche par zone hydrographique offre des possibilités intéressantes, en effet une fois les usages potentiels identifiés il est possible d'estimer le niveau de satisfaction du besoin en eau par la STEP tout en portant attention aux DOE. Mais le principal avantage de cette approche est de pouvoir réaliser des comparaisons entre STEP au sein d'une même zone mais également entre deux zones. Ainsi il est possible d'identifier une zone dans laquelle aucune STEP ne permet de répondre à un déficit hydrique important et une autre ayant une station « compatibles » sans usages, ce qui invite à élargir le calcul des indicateurs entre ces deux zones pour identifier les usages potentiels. Du point de vue de la gestion en eau cela permet une réflexion sur l'équilibrage de la ressource en eau entre différentes zones hydrographiques.

Enfin tout au long de ce travail de nombreuses sources de données ont été utilisées, classés, discrétisés et combinés pour obtenir quelques indicateurs. L'ensemble des choix effectués dans cette démarche offre de nombreuses possibilités en termes d'analyse de sensibilité (ex : modification des données climatiques), mais également le test de différents scénarios. En effet lors du calcul d'indicateur d'intérêt zonal ont été favorisées les parcelles présentant un déficit fort et un nombre d'agriculteurs alentour élevé, rien n'empêche d'attribuer des pondérations différentes sur chacun de ces critères pour chercher à répondre à des objectifs spécifiques (ex : privilégier des parcelles à déficit faible ou moyen plutôt que forte pour permettre de distribuer l'eau plus équitablement).

3.7.2 Perspectives de travail et repositionnement dans le projet

Pour rappel l'étape de caractérisation des potentialités spatiales de REUT constitue la première phase du projet SoPoLo et est destinée à alimenter les phases suivantes notamment sur la sélection de sites d'études de cas. Comme mentionné précédemment il reste encore beaucoup de points à éclaircir et

formaliser, notamment une attention particulière sera apportée à l'automatisation de la méthode d'analyse et l'écriture d'un guide technique. Enfin la question d'un indicateur global de potentialité de REUT à l'échelle du territoire d'étude, prenant en compte l'ensemble des STEP reste à résoudre, le principal problème restant la valeur d'un tel indicateur au vu de la complexité du sujet.

4. Conclusion générale

Au regard de la situation de la ressource en eau à l'échelle du globe, il n'est pas difficile de comprendre pourquoi la réutilisation des eaux usées s'est retrouvée propulsée au-devant de la scène comme étant une nouvelle source d'eau durable et suscite autant d'enthousiasme chez les différents acteurs intervenant dans la gestion de l'eau. Toutefois si dans certains contextes elle peut être effectivement identifiée comme une nouvelle source d'eau, le fait que les stations d'épurations contribuent aux débits des cours d'eau dans lequel elles rejettent fait de la réutilisation des eaux usées traitées un prélèvement net sur la ressource. Cette observation traduit le fait que derrière cette solution d'apparence simple se cache une réalité bien plus complexe qui rend la construction et la réussite de projets de REUT difficile.

Le premier travail de contextualisation effectué dans ce rapport fait ressortir une situation tendue sur la ressource en eau : cours d'eau en assec total en période d'étiage, diminution des précipitations à long termes, restrictions administratives liées à un impératif environnemental. Tous ces éléments contraignant au final la faisabilité des projets de REUT. Il était donc nécessaire de pouvoir offrir des clés de lecture du contexte et des indicateurs facilitant la prise de décision sur ces projets. C'est ce travail de décomposition du problème et d'analyse spatiale qui a été effectué. Il en résulte une approche méthodologique qui, à partir de sources de données définies, permet d'obtenir des indicateurs de potentialité de REUT.

Ont pu être ainsi proposés des outils pour caractériser stations, usages et milieux situés dans une zone hydrographique définie et permettre d'opérer un choix selon de multiples critères. Ont notamment été mis en évidence les limitations fortes imposées par les DOE sur le choix des stations, de même que l'influence des obstacles bâtis et naturels et l'agencement spatial des usages sont des facteurs à prendre en compte dans la sélection de sites.

Toutefois le corpus méthodologique proposé ici, bien que proposant des outils et des concepts intéressants, nécessite d'être poursuivi, validé et augmenté pour notamment mieux prendre en compte l'état du milieu et la question de la substituabilité des ressources en eau. Enfin une réflexion autour de l'automatisation du processus semble nécessaire pour faciliter l'usage des différents outils proposés ici.

Enfin l'un des objectifs de la tâche 1 du projet SoPoLo est de proposer une méthode pouvant être appliquée à différentes échelles. Sur ce point il convient d'être vigilant car il faut comprendre qu'à chaque échelle correspond un ensemble d'acteurs, de contraintes, d'enjeux et que même si l'on dispose de données potentiellement utilisables à toutes échelles, leur traitement diffère pour s'adapter au mieux aux défis et enjeux correspondants au territoire défini. Le point soulevé ici est la nécessité d'une phase de concertation les entre différents acteurs impliqués, préalable à l'application de la méthode, afin d'adapter les objectifs et résultats attendus aux enjeux et contraintes du territoire en question. En plus d'impliquer les décideurs, il faut également inviter à participer les différents spécialistes SIG, syndicats, services publics et tout acteurs susceptibles de soumettre un éclairage aux modifications et/ou adaptations de la méthode à apporter.

Cette méthode est au final lourde en termes de mise en œuvre et de collecte de données. Elle est également relativement complexe et s'adresse donc à des spécialistes des SIG. Alors que de tels projets reposent avant tout sur l'acceptabilité sociale des usagers et consommateurs (tâche 2 du projet SoPoLo) il semble nécessaire d'inverser le processus de caractérisation des potentialités c'est-à-dire, partir de la demande potentielle, du parcellaire et de la topographie entre les éventuels points de livraison et le lieu de production des EUT.

Au-delà des aspects méthodologiques liés à la caractérisation des potentialités, ce travail pose de

nouvelles questions quant au type d'infrastructures susceptibles de satisfaire une demande en eau d'irrigation. Là où les eaux des STEU contribuent de manière significatives au débit des cours d'eau à l'étiage, est-il envisageable de stocker sur une dizaine de mois (hors étiages) ces EUT afin de respecter les contraintes environnementales et multiplier par 4 ou 5 les volumes produits et donc la surface irriguée ? Si cela est envisageable, quel est l'avantage par rapport à la création de petits ouvrages de substitution consistants à prélever en période de hautes eaux, à stocker puis à utiliser en période d'étiage? A l'inverse, lorsque la REUT est vue comme une solution permettant d'éviter des rejets dans des milieux sensibles, quelles sont les solutions alternatives afin de protéger ces milieux, et quels sont leurs coûts ?

5. Bibliographie

ADEME, 2015. *Quels changements climatiques dans le département de l'Hérault ?* S.l.

AFD, 2011. La réutilisation des eaux usées traitées (REUT). Eléments de méthodologie pour l'instruction de projets. S.l.

ALBUQUERQUE, António, SCALIZE, Paulo Sérgio, FERREIRA, Nilson Clementino et SILVA, Flora, 2015. Multi-criteria analysis for site selection for the reuse of reclaimed water and biosolids. In : *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*. 1 janvier 2015. Vol. 10, n° 1, p. 13. DOI 10.4136/ambi-agua.1550.

ARY BRUAND, ODILE DUVAL et ISABELLE COUSIN, 2004. Estimation des propriétés de rétention en eau des sols à partir de la base de données SOLHYDRO : Une première proposition combinant le type d'horizon, sa texture et sa densité apparente. In : *Etude et Gestion des Sols*. septembre 2004. Vol. 11, n° 3, p. 323-334.

ASANO, Takashi, BURTON, Franklin, LEVERENZ, Harold et METCALF & EDDY, INC. AN AECOM COMPANY, 2007. *Water reuse: issues, technologies, and applications*. New York : McGraw-Hill. ISBN 978-0-07-145927-3. TD429 .W38515 2006

ATH GROUP AG, 2009. Identification et Elimination des Goulets d'Etranglement pour l'Utilisation des Eaux Usées dans le Cadre de l'Irrigation ou autres Usages. S.l.

BAVOUX, Jean-Jacques (éd.), 1998. *Introduction à l'analyse spatiale*. Paris : Colin. Synthèse Géographie, 62. ISBN 978-2-200-21771-6.

BEKHTARI, Mohammed Cherif, 2015. Les méthodes multi-critères pour analyser les aptitudes des terres agricoles : le cas du blé tendre en Languedoc-Roussillon, analysé avec la méthode AHP [en ligne]. 2015. S.l. : s.n. [Consulté le 4 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.1.2184.7122/1>.

BEN MAÏD, Altika et CGDD, 2014. La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation : une solution locale pour des situations critiques à l'avenir. In : *Le point sur*. juin 2014. n° 191, p. 4.

BRL, 2015. *Mémento Irrigation* [en ligne]. 2015. S.l. : s.n. Disponible à l'adresse : http://www.brl.fr/maj/phototheque/photos/pdf/2015/memento/memento_flipbook.pdf.

CALOZ, Régis et COLLET, Claude, 2011. *Analyse spatiale de l'information géographique*. 1. éd. Lausanne : Ingénierie de l'Environnement [u.a.]. Science & ingénierie de l'environnement. ISBN 978-2-88074-902-6.

CGDD/SOES, 2012. Les prélèvements d'eau en France en 2009 et leurs évolutions depuis dix ans. In : *Chiffres & statistiques*. février 2012. n° 290, p. 8.

CGDD/SOES, 2017. Les prélèvements d'eau douce en France : les grands usages en 2013 et leur évolution depuis 20 ans. In : *Datalab*. janvier 2017. n° 7, p. 26.

COMITÉ DE BASSIN RHÔNE-MÉDITERRANÉE, 2013. *Etat des lieux du bassin Rhône-Méditerranée*. S.l.

CONSEIL DÉPARTEMENTAL DE L'HÉRAULT, ASSOCIATION CLIMATIQUE DE L'HÉRAULT et DREAL OCCITANIE, 2015. *Annales climatologiques et hydrologiques 2015*. S.l. Conseil départemental de l'Hérault.

- FABRE, Julie, 2012. Impacts du changement climatique dans le domaine de l'eau sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse. S.l. Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse.
- HIDALGO, Dolores et R. IRUSTA, 2015. The cost of wastewater reclamation and reuse in agricultural production in the Mediterranean countries. In : *International Conference on Water Economics, Statistics and Finance*. Rethymno (Grèce) : s.n. août 2015. p. 8.
- INRA, US 1106 INFOSOL, ORLÉANS, 2012. *DoneSol version 3 : Dictionnaire de données*. 2012. S.l. : s.n.
- KATERJI, Nader, DAUDET, François, VALANCOGNE, Charles, BACH, Maurice et FOUÈRE, Alain, 1984. Contribution des réserves profondes du sol au bilan hydrique des cultures. Détermination et importance. In : *Agronomie*. 1984. Vol. 4, n° 8, p. 779-787.
- LAARIBI, Amor, 2000. *SIG et analyse multicritère*. Paris : Hermès science. ISBN 978-2-7462-0122-4. G70.212 .L225 2000
- LAGET, Frédéric, ZADONINA, Ekaterina, FERRICELLI, Yvonne et BAILLY, Jean-Stéphane, 2015. Dérides climatiques sur l'Hérault : évolution des bilans thermiques (seuil de 10°C) de 1980 à 2010. In : *19es Journées GiESCO 2015 (Groupe international d'Experts en Systèmes vitivinicoles pour la CoOpération)* [en ligne]. Gruissan, France : s.n. mai 2015. p. 5. Disponible à l'adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01496751>.
- LAROCHE, B. et DOUX, J., 2007. Volume 14, 3, 2007 : Vérifications de la qualité des Référentiels Régionaux Pédologiques en France : Etat des lieux et enseignements - Note technique. S.l.
- LOUBIER, Sébastien, 2017. La REUT, une solution possible localement ? : Descriptif du projet (document interne). 2017. S.l. : s.n.
- LOUBIER, Sébastien et DECLERCQ, Rémi, 2014. Analyses coûts-bénéfices sur la mise en oeuvre de projets de réutilisation des eaux usées traitées (REUSE). S.l. Onema, IRSTEA, Ecofilae.
- MÉNARD, Thomas et LAGACHERIE, Philippe, 2010. Construction et mise en oeuvre d'un indice de qualité des sols pour le diagnostic et le suivi de la consommation des sols agricoles par le développement de l'habitat en zones péri-urbaines et rurales du Languedoc Roussillon. S.l. : INRA.
- MINISTÈRE DES AFFAIRES SOCIALES ET DE LA SANTÉ, 2014. Arrêté du 25 juin 2014 modifiant l'arrêté du 2 août 2010 relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts. 4 juin 2014. S.l. : Journal Officiel de la République Française.
- MINISTÈRE EN CHARGE DE L'ENVIRONNEMENT, 2010. Arrêté du 2 août 2010 relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts. 31 août 2010. S.l. : Journal Officiel de la République Française.
- MINISTÈRE EN CHARGE DE L'ENVIRONNEMENT, MINISTÈRE DES AFFAIRES SOCIALES ET DE LA SANTÉ et MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT, 2016. *INSTRUCTION INTERMINISTÉRIELLE N° DGS/EA4/DEB/DGPE/2016/135 du 26 avril 2016 relative à la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts*. 26 avril 2016. S.l. : s.n.
- MORVAN, Xavier, BRUAND, Ary, COUSIN, Isabelle, ROQUE, Jacques, BARAN, Nicole et MOUVET, Christophe, 2004. Prédiction des propriétés de rétention en eau des sols d'un bassin versant à l'aide

de fonctions de pédotransfert : Influence de la densité apparente et de la teneur en éléments grossiers. In : *Etude et Gestion des Sols*. août 2004. Vol. 11, n° 2, p. 117-135.

NASSAR, Abdelmajid, AL NAJAR, Husam, DAWOOD, Osama et ABUNADA, Ziyad, 2015. Comprehensive Decision Approach for Sustainable Wastewater Reuse using Multicriteria Decision Analysis-GIS. In : *Journal of Engineering Research and Technology*. mars 2015. Vol. 2, n° 1, p. 6.

OBSERVATOIRE VITICOLE, 2014. *Chiffres clés de la viticulture Héraultaise*. 19 décembre 2014. S.l. : s.n.

PARLEMENT EUROPÉEN, 2000. DIRECTIVE 2000/60/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. 23 octobre 2000. S.l. : Journal officiel des Communautés européennes.

PEDRERO, Francisco, ALBUQUERQUE, António, MARECOS DO MONTE, Helena, CAVALEIRO, Victor et ALARCÓN, Juan José, 2011. Application of GIS-based multi-criteria analysis for site selection of aquifer recharge with reclaimed water. In : *Resources, Conservation and Recycling*. novembre 2011. Vol. 56, n° 1, p. 105-116. DOI 10.1016/j.resconrec.2011.08.003.

PROGRAMME MONDIAL POUR L'ÉVALUATION DES RESSOURCES EN EAU, 2017. Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017: les eaux usées : une ressource inexploitée. Paris : UNESCO. ISBN 978-92-3-200115-3.

PUMAIN, Denise, SAINT-JULIEN, Thérèse et MATHIAN, Hélène, 1997. *Localisations dans l'espace*. Paris : A. Colin. ISBN 978-2-200-01897-9.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE, 2000. Ordonnance n° 2000-914 du 18 septembre 2000 relative à la partie Législative du code de l'environnement. 18 septembre 2000. S.l. : Journal Officiel de la République Française.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE, 2006. *Loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques*. 30 décembre 2006. S.l. : Journal Officiel de la République Française.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE, 2015. *Loi n° 2015-991 du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République*. 7 août 2015. S.l. : Journal Officiel de la République Française.

ROUSSEAU, Jacques, 2009. Programmation de différentes stratégies d'irrigation : incidence sur la qualité des raisins et des vins. In : *Le Progrès agricole et viticole*. 2009. Vol. 126, n° 9, p. 203-216.

SCHEIERLING, Susanne M., DRECHSEL, Pay, BARTONE, Carl et MARA, Duncan D., 2010. WPS5412 : *Improving wastewater use in agriculture : an emerging priority* [en ligne]. S.l. The World Bank. [Consulté le 22 août 2017]. Disponible à l'adresse : <http://documents.worldbank.org/curated/en/710411468176653818/Improving-wastewater-use-in-agriculture-an-emerging-priority>.

SILVA, Flora, ALBUQUERQUE, Antonio, MARECOS DO MONTE, Helena, CAVALEIRO, Victor et CARVALHO, António, 2012. Site selection for reclaimed water infiltration using GIS tools. In : *IWA Regional Conference on Wastewater Purification and Reuse*. S.l. : s.n. 2012. p. 12.

TETEGAN, Dédé Marion, DE FORGES, Anne Richer, BERNARD NICOUILLAUD, DESBOURDES, C., NATHALIE SCHNEBELEN, ALAIN BOUTHIER, DOMINIQUE ARROUAYS et ISABELLE COUSIN, 2015. Prise en compte de la pierrosité dans les calculs de réserve utile et du besoin en eau pour une culture de maïs : Cas du Loiret. In : *Etude et Gestion des Sols*. 2015. Vol. 22, p. 29-42.

TONDUT, Jean-Luc, LAGET, Frédéric et DELOIRE, Alain, 2006. Climat et viticulture : évolution des températures sur le département de l'Hérault, un exemple de réchauffement climatique. In : *Revue Française d'Oenologie*. 2006. n° 219, p. 6.

6. Annexes

Liste des annexes :

Annexe 1 : Fiches métadonnées

Annexe 2 : Diagrammes de croisements

Annexe 3 : Etudes volumes prélevables

Annexe 4 : Liste des stations d'épuration

Annexe 5 : Point sur la réglementation

Annexe 6 : Construction d'une carte d'occupation du sol

Annexe 7 : Précisions techniques sur le bilan hydrique

Annexe 8 : Reclassement des critères pour l'intérêt zonal

Annexe 9 : Cartes

Annexe 1 : Fiches métadonnées

Scan Régional ©	
Le SCAN Régional® est une série d'images cartographiques numériques géoréférencées utilisée pour localiser des informations et habiller des documents pour une échelle au 250 000 ^{ème}	
Description	
Format d'objet :	Raster (résolution de 25m)
Objets :	
Attributs :	
Intérêts pour le diagnostic régional	
Ces données servent de fonds cartographiques dans les systèmes d'informations géographiques et permettent de vérifier les données cartographiées.	
Origine de l'information géographique	
Source :	IGN
Mode de production :	Rastérisation des données servant à la réalisation des cartes de la série au 1 : 250 000.
Qualité des données graphiques	
Echelle :	1 : 25 0000
Précision / Qualité :	25 mètres
Territoire disponible :	France entière
Système de projection :	Lambert 93
Validité des données	
Date de validité :	1 an
Délai de mise à jour :	Mise à jour annuelle
Accès et diffusion	
Producteur :	IGN
Modalité de diffusion :	Convention de mise à disposition entre la CCGPSL et IRSTEA
Modalité d'utilisation :	Base de données soumise aux conditions générales d'utilisation des fichiers IGN
Format des fichiers :	JPEG 2000 standard ou optimisé

BD ORTHO®	
<p>Les orthophotographies sont des images aériennes ou satellites de la surface terrestre dont les déformations systématiques ont été corrigées.</p> <p>La BD ORTHO® V2 est une collection de mosaïques numériques d'orthophotographies en couleur rectifiées en projection Lambert 93 et couvrant chacune un département métropolitain.</p>	
Description	
Format d'objet :	Raster (grille d'un pas de 50cm)
Objets :	Matrice de points de 50cm d'arête
Attributs :	
Intérêts pour le diagnostic régional	
Ces données servent de fonds cartographiques dans les systèmes d'informations géographiques et permettent de vérifier les données cartographiées.	
Origine de l'information géographique	
Source :	Institut Géographique National (IGN-F)
Mode de production :	Prises de vue aériennes
Qualité des données graphiques	
Echelle :	1 : 5000 à 1 : 2000
Précision / Qualité :	50 cm
Territoire disponible :	France entière
Système de projection :	Lambert 93
Validité des données	
Date de validité :	2016
Délai de mise à jour :	3 ans
Accès et diffusion	
Producteur :	IGN
Modalité de diffusion :	Convention de mise à disposition entre la CCGPSL et IRSTEA
Modalité d'utilisation :	Base de données soumise aux conditions générales d'utilisation des fichiers IGN
Format des fichiers :	JPEG 2000 standard ou optimisé (dalle de 1km x 1km)

Recensement agricole 2010	
<p>Il s'agit de la source de données la plus complète sur l'utilisation des sols. Cependant elle possède deux limites importantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le rattachement des données à la commune du siège de l'exploitation - le secret statistique à l'échelon communal : les données ne sont diffusées que s'il existe au moins 3 exploitations pour une culture donnée sur une commune donnée. Suite à l'évolution défavorable de la démographie agricole, cette situation s'applique à un nombre croissant de communes. Dans ce cas, les données sont obtenues par regroupement d'un nombre suffisant de communes pour obtenir les 3 exploitations par culture. Le secret peut être levé par demande auprès du Comité du Secret du SCEES mais celui-ci devra être reconstitué lors de la diffusion des données. <p>Dans le cas d'une étude régionale, il est envisageable de travailler à l'échelon cantonal, ainsi, les seuils étant toujours atteints, il n'y a pas de secret. De plus, l'erreur de géoréférencement des cultures s'en trouve aussi diminuée.</p>	
Description	
Format d'objet :	Statistiques agricoles
Objets :	Région, département, canton, commune
Attributs :	
Intérêts pour le diagnostic régional	
<p>Malgré son caractère instantané et la rapide désuétude des données, le RA est une source d'informations capitales pour la réalisation de la typologie des exploitations telles que :</p> <ul style="list-style-type: none"> - SAU par exploitation - Assolement → OTEX (Orientation technico-économique des exploitations) - Main d'œuvre - Stockage à la ferme 	
Origine de l'information	
Source :	Enquête auprès de tous les « exploitants agricoles » au sens MSA
Mode de production :	Saisie de questionnaires d'enquête
Qualité des données graphiques	
Echelle :	Affectation de toutes les données à la commune du siège d'exploitation
Précision / Qualité :	Commune. Le géoréférencement est donc grossier, il n'est pas rare qu'une exploitation soit à cheval sur différentes communes. Cela peut conduire à une erreur de 30% de la SAU d'une commune.
Territoire disponible :	France entière
Validité des données	
Date de validité :	2010
Délai de mise à jour :	10 ans
Accès et diffusion	
Producteur :	Ministère de l'Agriculture – Service Central des Enquêtes et Etudes Statistiques (SCEES)
Modalité de diffusion :	Données disponibles au sein de la base de données DISAR sur le site Agreste du Ministère de l'Agriculture
Modalité d'utilisation :	Publique
Format des fichiers :	Csv, excel

Registre Parcellaire Graphique (RPG)	
<p>En 2000, la réglementation européenne a institué dans tous les Etats Membres, de localiser et d'identifier les parcelles agricoles sur une base graphique réputée plus simple et mieux à même de prendre en compte les enjeux territoriaux et environnementaux de l'agriculture.</p> <p>Les îlots et leur occupation culturale sont déclarés annuellement par les exploitants agricoles pour bénéficier des aides PAC. Un îlot est un ensemble de parcelles culturales :</p> <ul style="list-style-type: none"> -contiguës, entières ou partielles, portant une ou plusieurs cultures, exploitées par le déclarant ; - limité par des éléments facilement repérables et permanents, comme des voies de communications, les cours d'eau ou d'autres exploitations ; - stable d'une année sur l'autre 	
Description	
Format d'objet :	Shapefile (polygones)
Objets :	Ilots de parcelles
Attributs :	Groupement de cultures exploité, surface, irrigation selon le niveau de détail (4 niveaux d'information)
Intérêts pour le diagnostic régional	
Origine de l'information géographique	
Source :	Déclaration PAC sur orthophotographies
Mode de production :	Saisie à 1 :5 000 initiale effectuée par l'exploitant sur fonds A3. L'ASP traite ensuite les données afin d'en supprimer les données attributaires et nominatives des îlots. Enfin un identifiant numérique non significatif est généré par îlot afin de faire le lien avec les tables attributaires
Qualité des données graphiques	
Echelle :	Départementale
Précision / Qualité :	1 :5 000
Territoire disponible :	France entière
Système de projection :	Lambert 93
Validité des données	
Date de validité :	2014
Délai de mise à jour :	Annuel
Accès et diffusion	
Producteur :	ASP (Agence de Services et de Paiement s) et Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche.
Modalité de diffusion :	Convention de mise à disposition entre la CA34 et IRSTEA
Modalité d'utilisation :	Information réutilisable conformément aux clauses de la convention signée
Format des fichiers :	.shp

Référentiel Régional Pédologique RRP (BDSOL L-R)	
<p>Le programme IGCS (Inventaire, Gestion et Conservation des Sols) intègre des opérations d'inventaire des sols réalisées à différentes échelles sur un même territoire. Le produit élaboré, appelé "Référentiel Régional Pédologique", est une base de données géographique régionale, documentée et mise à jour.</p> <p>Il est structuré pour permettre une manipulation aisée des informations par des logiciels d'analyses cartographiques (système d'informations géographique), et son intégration dans des domaines d'application variés.</p> <p>Sa précision correspond au minimum à celle d'une représentation cartographique au 1/250 000. Certains petits secteurs de références, choisis pour la représentativité de leurs sols sont eux cartographiés au 1 : 10 000. Ils servent de sites expérimentaux pour les domaines agricoles et environnementaux</p>	
Description	
Format d'objet :	Vecteur et base de données
Objets :	Unité Cartographique de Sols (UCS), unités typologiques de sols (UTS), profils, horizons.
Attributs :	En principe doivent respecter les spécifications de la base de données DONESOL établie par l'INRA : Code et libellé d'UCS, nombre code libellé et pourcentage des UTS (Unité Typologique de Sol)/UCS, contraintes/UTS*, régime hydrique/UTS*, régime submersion/UTS*, excès d'eau/UTS*, discontinuité (type, profondeur d'apparition, conséquence), texture (pierrosité, argile, limons fins et totaux, sable, taux MO : note de 1 à 10) /UTS*, pH/UTS* *pas forcément renseigné pour toutes les UTS d'une même UCS
Intérêts pour le diagnostic régional	
Informations pédologiques géolocalisées les plus complètes à ce jour pour cette échelle	
Origine de l'information géographique	
Source :	INRA Orléans + Partenaires techniques et financiers régionaux
Mode de production :	Numérisation de cartes levées au 1 : 250 000
Qualité des données graphiques	
Echelle :	1 : 250 000
Précision / Qualité :	30 m
Territoire disponible :	38 référentiels régionaux disponibles. RRP du Languedoc-Roussillon utilisé dans le cadre de cette étude
Système de projection :	Lambert II étendu
Accès et diffusion	
Producteur :	Unité INFOSOL de l'INRA Orléans, diffusion par SIG LR
Modalité de diffusion :	Adhésion IRSTEA à l'association SIG L-R
Format des fichiers :	Shapefile, BDD Access

SAFRAN	
Le Système d'Analyse Fournissant des Renseignements Adaptés à la Nivologie est un système d'analyse conçu pour l'analyse prévisionnelle des risques d'avalanches et les impacts du changement climatique. Sa couverture nationale et la fréquence d'actualisation horaire en font une source de données climatiques de grande valeur pour les études à petite et moyenne échelle.	
Description	
Format d'objet :	Grilles de 8 x 8 km au pas de temps journalier
Objets :	Points
Attributs :	Données évapotranspiration, température et pluie
Intérêts pour le diagnostic régional	
Origine de l'information géographique	
Source :	Météo France
Mode de production :	Le modèle Safran s'appuie à la fois sur l'ensemble des observations disponibles du réseau d'observations (précipitation, température...) ainsi que sur les analyses des modèles atmosphériques (Arpège ou CEPMMT) qui servent d'ébauche pour l'analyse.
Qualité des données graphiques	
Echelle :	--
Précision / Qualité :	8x8 km
Territoire disponible :	France entière
Système de projection :	Lambert II étendu
Validité des données	
Date de validité :	--
Délai de mise à jour :	--
Accès et diffusion	
Producteur :	Météo- France (Centre National de Recherches Météorologiques, CNRM)
Modalité de diffusion :	Données disponibles à l'IRSTEA auprès de David Dorchies
Modalité d'utilisation :	Extraction via R ou Excel
Format des fichiers :	Binaire ou txt

Données Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse	
<p>Afin de répondre aux exigences réglementaires de diffusion des données environnementales, l'agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse met à disposition sur son site internet, des données brutes ou valorisées obtenues par les réseaux de mesures de la qualité de l'eau qu'elle pilote et les études qu'elle mène</p> <p>Elle propose notamment des données sur l'état des lieux des masses d'eau et les objectifs du SDAGE 2021.</p>	
Description	
Format d'objet :	Tables
Objets :	Etat des masses d'eau, RNABE, RNAOE
Attributs :	Nom, état chimique, état biologique
Intérêts pour le diagnostic régional	
Ces données permettent d'attribuer à chaque exploitation, le nombre de forage quelle possède ainsi que les volumes quelle prélève.	
Origine de l'information géographique	
Source :	Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse
Mode de production :	
Qualité des données graphiques	
Echelle :	--
Précision / Qualité :	--
Territoire disponible :	Bassins versants Rhône-Méditerranée et Corse
Système de projection :	Lambert 93
Validité des données	
Date de validité :	--
Délai de mise à jour :	--
Accès et diffusion	
Producteur :	Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse
Modalité de diffusion :	https://www.eaurmc.fr/
Modalité d'utilisation :	La réutilisation des informations publiques suppose que celles-ci ne soient pas altérées, que leur sens ne soit pas dénaturé et que leurs sources et la date de leur dernière mise à jour soient mentionnées.
Format des fichiers :	Excel

BD LISA	
<p>La BD LISA constitue le référentiel géographique national qui découpe le territoire national en entités hydrogéologiques (formations géologiques aquifères ou non). Une entité hydrogéologique est une partie de l'espace géologique :</p> <ul style="list-style-type: none"> • délimitée à une certaine échelle géographique : le "niveau", • rattachée à un type de formation géologique : le "thème", • définie par ses potentialités aquifères : la "nature", • caractérisée par un type de porosité (qui permet de distinguer les principaux modes de circulation de l'eau) : le "milieu", • caractérisée par la présence ou non d'une nappe, qui peut être libre et/ou captive : l'"état". 	
Description	
Format d'objet :	Shapefile (polygones)
Objets :	Entités hydrogéologiques
Attributs :	Dénomination, niveau, état, milieu, ordre, nature, thème,
Intérêts pour le diagnostic régional	
Localisation des formations karstiques	
Origine de l'information géographique	
Source :	Sandre (diffusion)
Mode de production :	Forages, modélisations, études
Qualité des données graphiques	
Echelle :	Du 1 :1 000 000ème au 1 :50 000
Précision / Qualité :	--
Territoire disponible :	France
Système de projection :	Lambert 93
Validité des données	
Date de validité :	--
Délai de mise à jour :	--
Accès et diffusion	
Producteur :	BRGM
Modalité de diffusion :	Open Data
Modalité d'utilisation :	Open Data
Format des fichiers :	shp

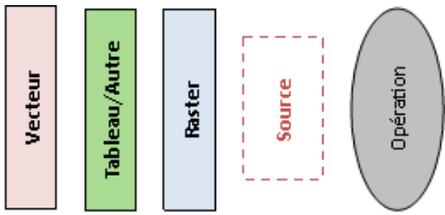
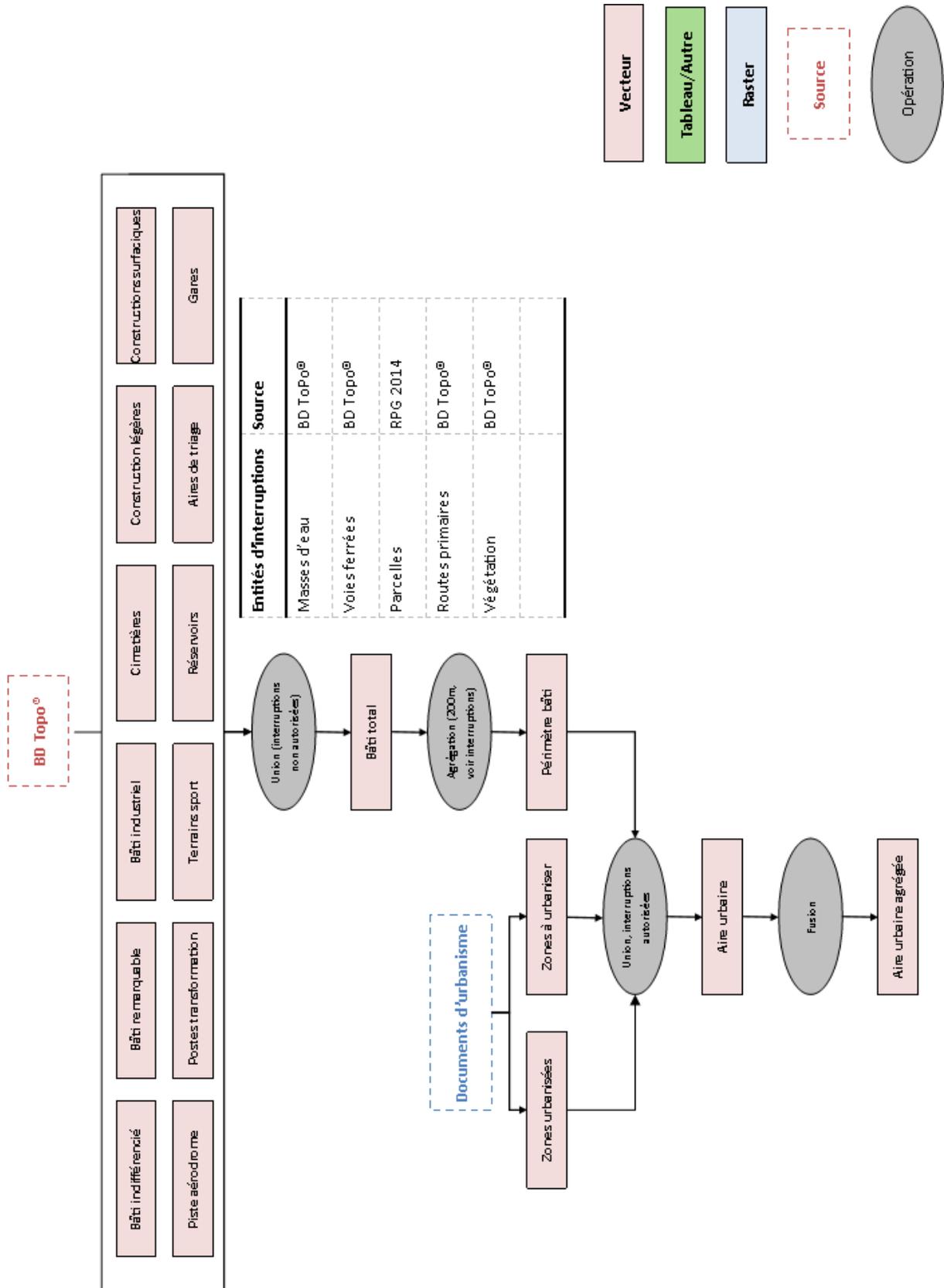
BD TOPO®	
<p>La BD TOPO® contient une description des éléments du paysage sous forme de vecteurs de précision métrique, classés selon une thématique adaptée.</p> <p>Elle couvre de manière cohérente l'ensemble des entités géographiques et administratives du territoire national. Elle permet la visualisation, le positionnement, la simulation au service de l'analyse et de la gestion opérationnelle du territoire.</p>	
Description	
Format d'objet :	Vectorel (points, lignes, polygones)
Objets :	Bâtiments, limites administratives, végétation, toponymes, orographie, points d'intérêts
Attributs :	Nature, hauteur, altitude, nom, etc.
Intérêts pour le diagnostic régional	
Ces données sont utiles pour la construction d'une occupation du sol et l'identification de structures clés	
Origine de l'information géographique	
Source :	Institut Géographique National (IGN-F)
Mode de production :	Photogrammétrie, GPS, orthophotographie, autres sources
Qualité des données graphiques	
Echelle :	1: 5000 à 1 : 50 000
Précision / Qualité :	Métrique
Territoire disponible :	France entière
Système de projection :	Lambert 93
Validité des données	
Date de validité :	2016
Délai de mise à jour :	2 ans
Accès et diffusion	
Producteur :	IGN
Modalité de diffusion :	Convention IRSTEA
Modalité d'utilisation :	Base de données soumise aux conditions générales d'utilisation des fichiers IGN
Format des fichiers :	shp

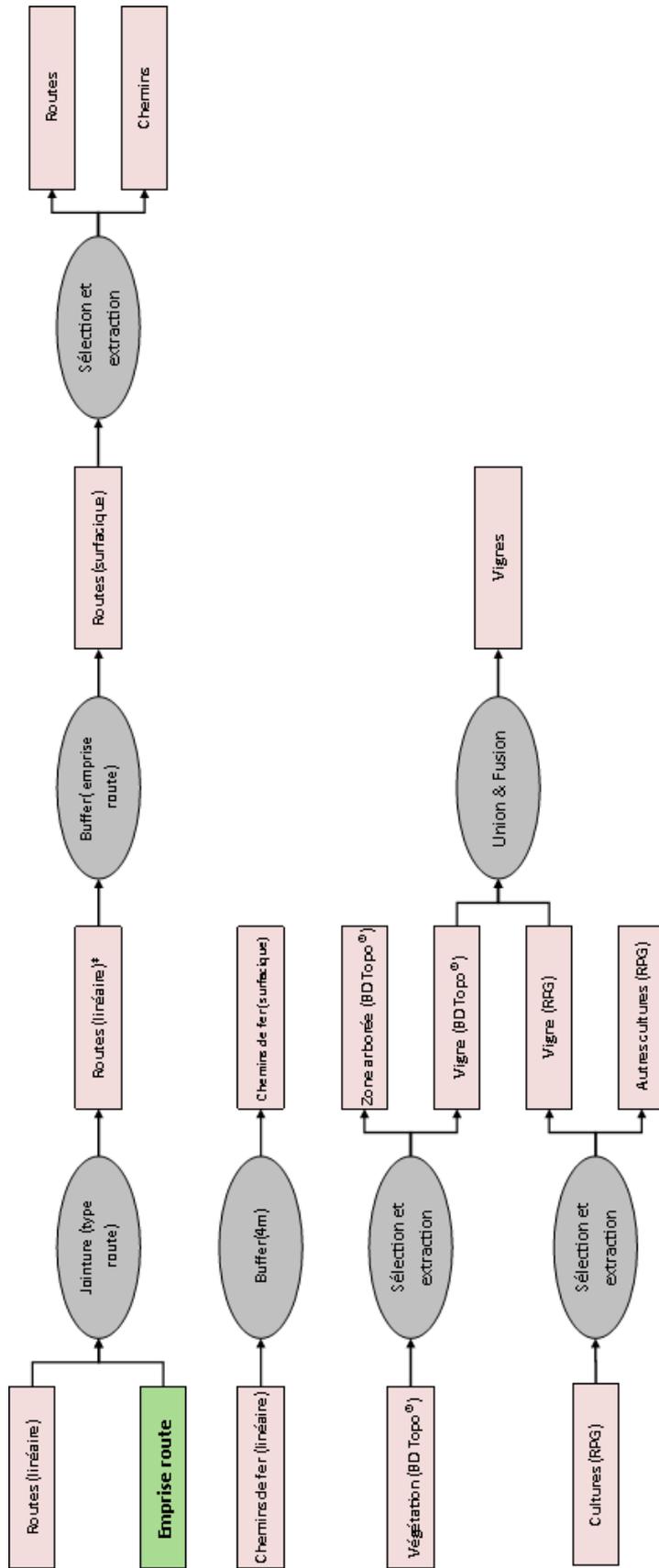
BD FORET V1 [®]	
<p>La BD Forêt[®] est une base de données vecteur de référence pour l'espace forestier et les milieux semi-naturels. Elaborée par photo-interprétation d'images en infrarouge couleurs de la BD ORTHO[®], la BD Forêt[®] est réalisée par emprises départementales sur le territoire métropolitain. Elle attribue à chaque plage cartographiée de plus de 5000m² un type de formation végétale. Ses principales caractéristiques sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - une nomenclature nationale de 32 postes qui repose sur une décomposition hiérarchique des critères, distinguant par exemple les peuplements purs des principales essences forestières de la forêt françaises - un type de formation végétale attribué à chaque plage cartographiée supérieure ou égale à 50 ares (5 000 m²) - une couche géométriquement compatible avec le RGE[®] et donc en parfaite cohérence avec la couche végétation de la BDTPOPO[®] 	
Description	
Format d'objet :	Vectorel (polygones)
Objets :	Contours forestiers et des espaces semi-naturels
Attributs :	Type de végétation (nomenclature en 32 postes)
Intérêts pour le diagnostic régional	
Ces données sont utiles pour la construction d'une occupation du sol.	
Origine de l'information géographique	
Source :	Institut Géographique National (IGN-F)
Mode de production :	Photo-interprétation
Qualité des données graphiques	
Echelle :	---
Précision / Qualité :	10m
Territoire disponible :	France entière (2014)
Système de projection :	Lambert 93
Validité des données	
Date de validité :	---
Délai de mise à jour :	---
Accès et diffusion	
Producteur :	IGN
Modalité de diffusion :	Convention IRSTEA
Modalité d'utilisation :	Base de données soumise aux conditions générales d'utilisation des fichiers IGN
Format des fichiers :	shp

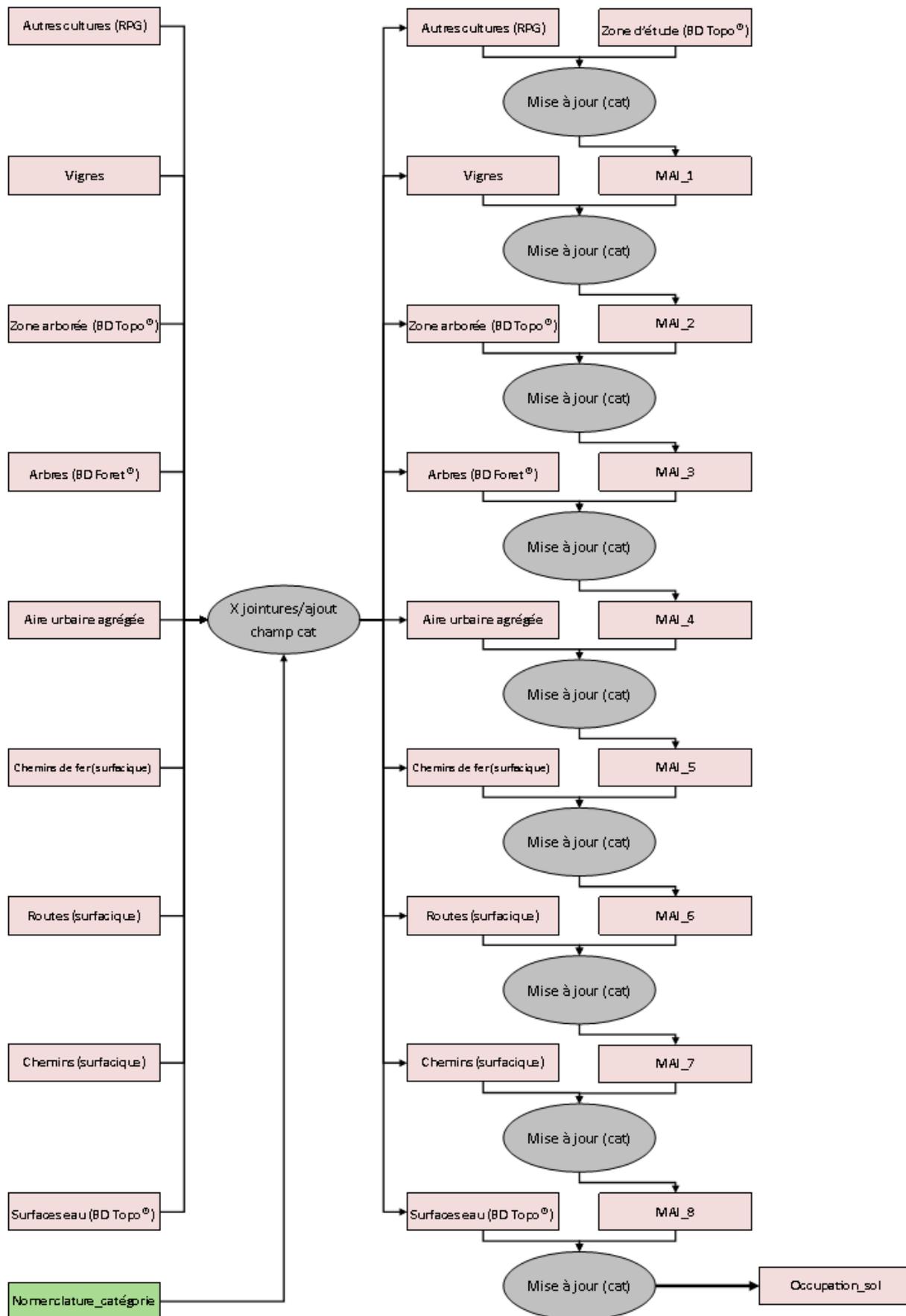
RGE ALTI® 5M	
Le RGE ALTI® décrit la forme et l'altitude normale de la surface du sol à grande échelle.	
Description	
Format d'objet :	Raster
Objets :	Modèle Numérique de Terrain
Attributs :	Altitude, précision
Intérêts pour le diagnostic régional	
Fournit la donnée d'altitude permettant les calculs de pentes.	
Origine de l'information géographique	
Source :	Institut Géographique National (IGN-F)
Mode de production :	Données LIDAR, images aériennes
Qualité des données graphiques	
Echelle :	1 : 3 000 et le 1 : 20 000
Précision / Qualité :	5m
Territoire disponible :	France entière (2016)
Système de projection :	Lambert 93
Validité des données	
Date de validité :	---
Délai de mise à jour :	---
Accès et diffusion	
Producteur :	IGN
Modalité de diffusion :	Convention IRSTEA
Modalité d'utilisation :	Base de données soumise aux conditions générales d'utilisation des fichiers IGN
Format des fichiers :	shp

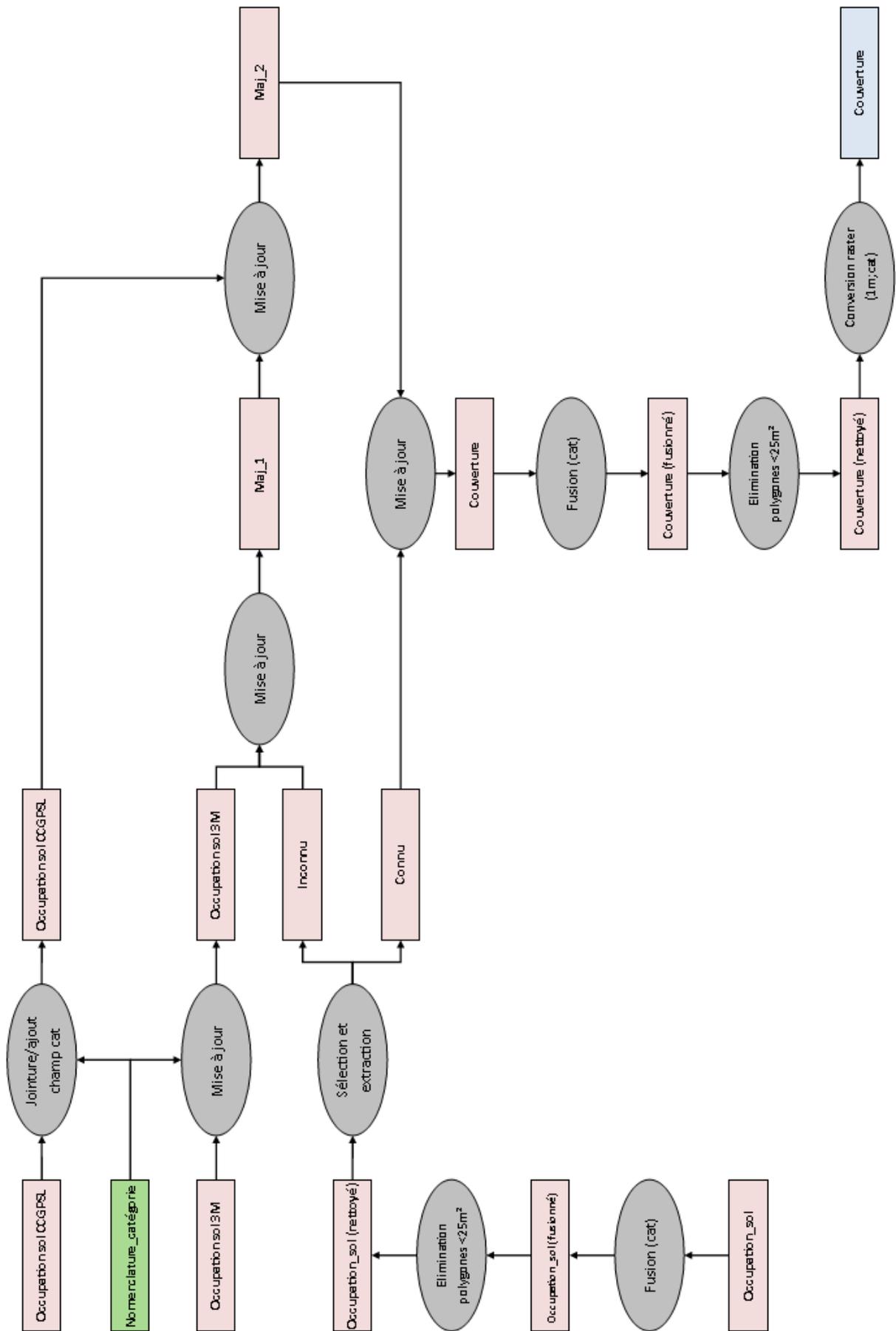
BD CARTHAGE®	
La BD CARTHAGE® est la base de données complète du réseau hydrographique français.	
Description	
Format d'objet :	Vecteur (ligne, polygone)
Objets :	Entités hydrographiques, découpage administratif en quatre niveaux du territoire
Attributs :	Nom, code, attributs différents selon l'objet
Intérêts pour le diagnostic régional	
Fournit la donnée d'altitude permettant les calculs de pentes.	
Origine de l'information géographique	
Source :	SANDRE
Mode de production :	Elle est produite par les Agences de l'eau à partir de la base de données cartographiques BD CARTO® de l'IGN qui décrit sous forme numérique l'ensemble des informations présentes sur le territoire national.
Qualité des données graphiques	
Echelle :	1 : 5 000 et le 1 : 50 000
Précision / Qualité :	Métrique à décimétrique
Territoire disponible :	France entière
Système de projection :	Lambert 93
Validité des données	
Date de validité :	2016
Délai de mise à jour :	Annuel
Accès et diffusion	
Producteur :	IGN
Modalité de diffusion :	Licence ouverte Etalab
Modalité d'utilisation :	Licence ouverte Etalab
Format des fichiers :	shp

Annexe 2 : Diagrammes de croisements







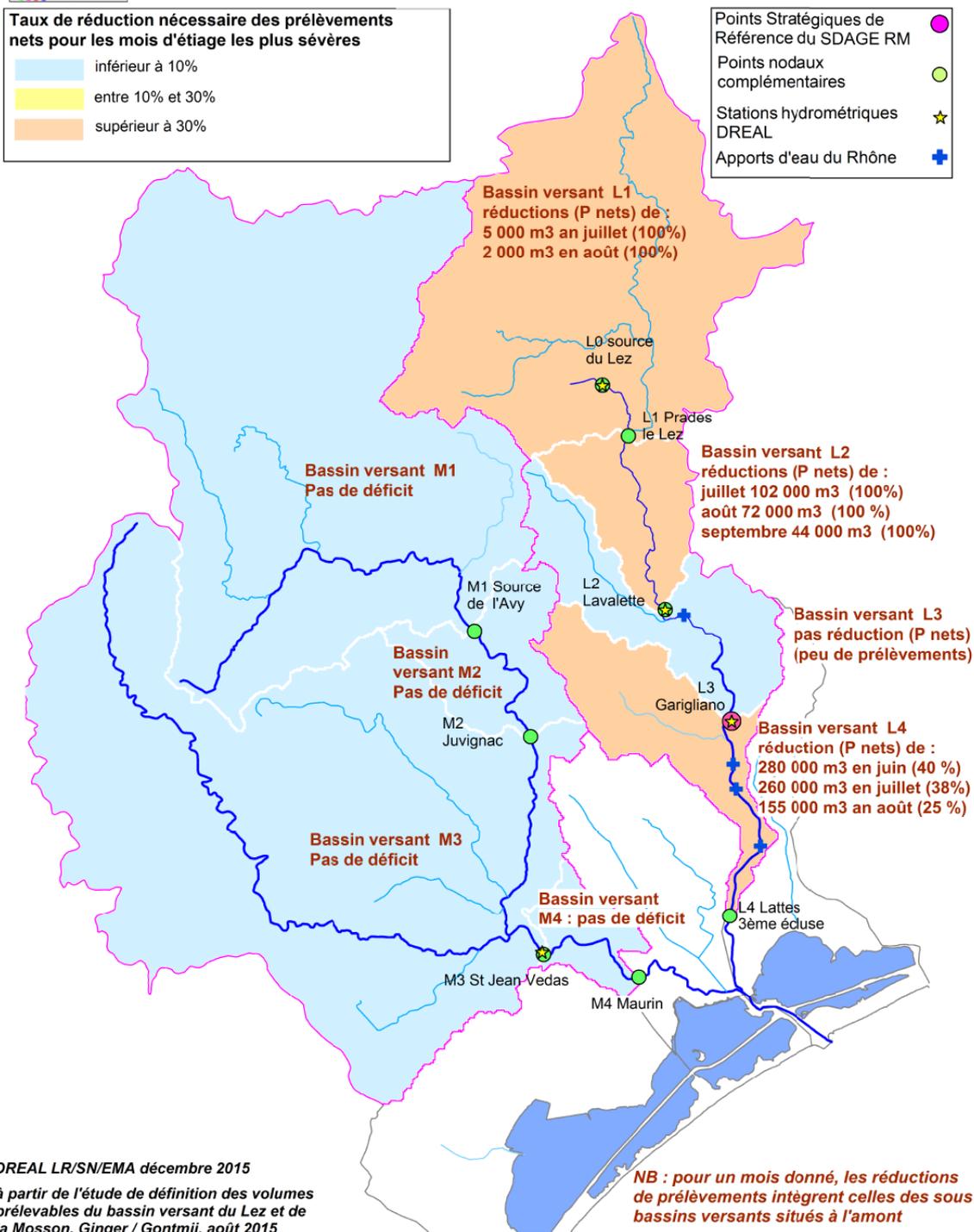


Annexe 3 : Etudes Volumes Prélevables



Gestion quantitative des ressources en eaux superficielles du bassin versant du Lez et de la Mosson

Ecart aux volumes prélevables nets avec les prélèvements actuels et un débit biologique à la source du Lez de 230 l/s en moyenne mensuelle



Bassin versant LEZ – MOSSON

Tableau 1

Volumes prélevables mensuels nets à l'étiage (avec les usages actuels) pour le Lez



Synthèse des données issues de l'étude de détermination des volumes prélevables pour le bassin versant Lez Mosson (Ginger/Grontmij, août 2015)

	Juin	Juillet	Août	Sept.	Déficit étiage	
Prades le Lez (sous bassin versant L1)	Prélevés	5 000	2 000	<1 000		
	Vpn	73 673	<1 000	<1 000		
	Bilan	68 673	-5 000	-2 000	0	-7 000
	Réduction prélevements	0,0%	100,0%	100,0%	0,0%	
Lavalette (sous bassin versant L2)	Prélevés	83 000	97 000	70 000	43 000	
	Vpn	81 054	<1 000	<1 000	<1 000	
	Bilan	-1 946	-102 000	-72 000	-44 000	-220 000
	Réduction prélevements	2,0%	100,0%	100,0%	100,0%	
Gangliano (sous bassin versant L3)	Prélevés	<1 000	<1 000	<1 000	<1 000	
	Vpn	508 160	409 574	452 966	578 080	
	Bilan	507 160	408 574	451 966	577 080	
	Réduction prélevements	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Laites 3ème écluse sous bassin versant L4)	Prélevés	710 000	694 000	618 000	300 000	
	Vpn	429 400	432 680	462 680	473 400	
	Bilan	-280 600	-261 320	-155 320	173 400	-700 000
	Réduction prélevements	40,0%	38,0%	25,0%	0,0%	

Prélevés : Volume net actuellement prélevé (m³) dans les eaux superficielles du sous-bassin contrôlé par le point nodal, selon l'estimation de l'étude (les prélèvements dans le karst de la source du Lez ne sont pas comptés dans ce tableau)

Vpn : Volume prélevable net (m3) théorique au point nodal : écart entre le débit influencé en sécheresse quinquennale – avec les restitutions actuelles de BRL et un débit biologique de 230 l/s en moyenne mensuelle à la source - et la somme du débit biologique au point nodal et des prélèvements actuels à l'amont du sous bassin versant.
Le Vpn du sous bassin diminue quand les prélèvements sur l'amont augmentent.
Pour un même mois, les Vpn des différents sous bassins ne s'ajoutent pas car ils sont liés.

Bilan : Bilan (m3) entre la ressource disponible sur le sous bassin versant et les prélèvements actuels, négatif en cas de déficit sur le mois. Le bilan s'améliore quand celui du sous bassin amont s'améliore.
Pour un même mois, les bilans des différents sous bassins ne s'ajoutent pas car ils sont liés.

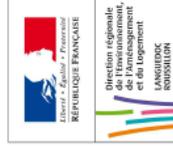
réduction prélevements : Taux de réduction (%) nécessaire des prélèvements nets actuels pour les mois structurellement déficitaires

Déficit étiage : Cumul des volumes nets manquants (m³) des mois déficitaires de chaque sous bassin versant. Le déficit à l'étiage cumule le déficit des sous bassins versants situés à l'amont

Bassin versant LEZ – MOSSON

Tableau 2

Volumes prélevables mensuels nets à l'étiage (avec les usages actuels) pour la Mosson



Synthèse des données issues de l'étude de détermination des volumes prélevables pour le bassin versant Lez Mosson (Ginger/Grontmij, août 2015)

	Juin	Juillet	Août	Sept.	Déficit étiage	
Mosson source de l'Avy (sous bassin versant M1)	Prélevés	27 000	15 000	5 000		
	Vpn	73 613	66 960	48 211		
	Bilan	46 613	37 960	43 211	0	
	Réduction prélevements	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Mosson Juvignac: (sous bassin versant M2)	Prélevés	40 000	47 000	37 000	21 000	
	Vpn	91 715	123 301	57 716	92 575	
	Bilan	51 715	76 301	20 716	71 575	0
	Réduction prélevements	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Mosson St Jean de Vedas : (sous bassin versant M3)	Prélevés	123 000	123 000	43 000	6 000	
	Vpn	123 000	166 057	54 103	117 776	
	Bilan	0	43 057	11 103	111 776	0
	Réduction prélevements	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Mosson Maurin: (sous bassin versant M4)	Prélevés	10 000	10 000	4 000	<1000	
	Vpn	10 000	46 345	11 570	113 172	
	Bilan	0	36 345	7 570	112 172	0
	Réduction prélevements	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	

Prélevés : Volume net actuellement prélevé (m³) sur le sous-bassin contrôlé par le point nodal (estimation étude)

Vpn : Volume prélevable net (m3) théorique au point nodal : écart entre le débit influencé en sécheresse quinquennale - avec prise en compte des retours des stations d'épuration issus de ressources non liées aux écoulements de surface- et la somme du débit biologique et des prélevements actuels à l'amont du sous bassin versant.
Le Vpn du sous bassin diminue quand les prélevements sur l'amont augmentent.
Pour un même mois, les Vpn des différents sous bassins ne s'ajoutent pas car ils sont liés.

Bilan : Bilan (m3) entre la ressource disponible sur le sous bassin versant et les prélevements actuels, négatif en cas de déficit sur le mois. Le bilan s'améliore quand celui du sous bassin amont s'améliore.
Pour un même mois, les bilans des différents sous bassins ne s'ajoutent pas car ils sont liés.

réduction prélevements : Taux de réduction (%) nécessaire des prélevements nets actuels pour les mois structurellement déficitaires

Déficit étiage : Cumul des volumes nets manquants (m³) des mois déficitaires de chaque sous bassin versant. Le déficit à l'étiage cumule le déficit des sous bassins versants situés à l'amont

Bassin versant Lez Mosson

Débits d'étiage de référence (m3/s) aux points nodaux

Tableau 3



Synthèse des données issues de l'étude de détermination des volumes prélevables pour le bassin versant Lez Mosson (Ginger/Grontmij, août 2015)

	Points nodaux sur le Lez				Points nodaux sur la Mosson			
	Prades le Lez (L1)	Lavalette (L2)	Garigliano (L3)	Lattes 3ème écluse (L4)	Source de l'Avy (M1)	Juvignac (M2)	St Jean de Vedas (M3)	Maurin (M4)
QMNA5 naturel	0,21	0,21	0,21	0,00	0,001	0,001	0,003	0,003
QMNA5 influencé	0,14	0,06	0,34	0,16	0,016	0,020	0,015	0,013
1/10 module	0,27	0,29	0,31	0,33	0,05	0,07	0,13	0,13
Débit biologique (DB) d'étiage de juin à septembre (pour la Mosson, juillet à septembre)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,011	0,016	0,024	0,024
Débit biologique (DB) d'étiage du mois de juin pour la Mosson					0,048	0,103	0,168	0,168
DOE et DG d'étiage (juin à septembre)	> 0,23	> 0,23	> 0,23	0,23	> DB	> DB	> DB	DB
Débit biologique (DB) :	Indicateur moyen mensuel (m ³ /s) de soutien du bon état des eaux aux points nodaux (fonctionnement biologique satisfaisant du milieu aquatique sur le tronçon amont) – permet de dimensionner les prélèvements admissibles sur les sous-bassins concernés (volumes prélevables nets)							
Débit Objectif d'étiage (DOE) et débit de gestion (DG) aux points nodaux :	Indicateur moyen mensuel (m ³ /s) de la gestion structurelle équilibrée aux points nodaux de fermeture des sous bassins en période d'étiage, toujours supérieur ou égal au Débit Biologique (DB). Il dépendra de la répartition concertée des volumes prélevables entre les acteurs							
Etiage : QMNA5 :	Mois pour lesquels les basses eaux coïncident avec le pic annuel de prélèvements (juin à septembre pour le bassin versant du fleuve Lez Mosson) Débit moyen mensuel minimum quinquennal (m3/s)							

Gestion quantitative des ressources en eaux superficielles du bassin versant du fleuve Hérault

Ecart aux volumes prélevables nets (prélèvements et gestion du Salagou actuels)

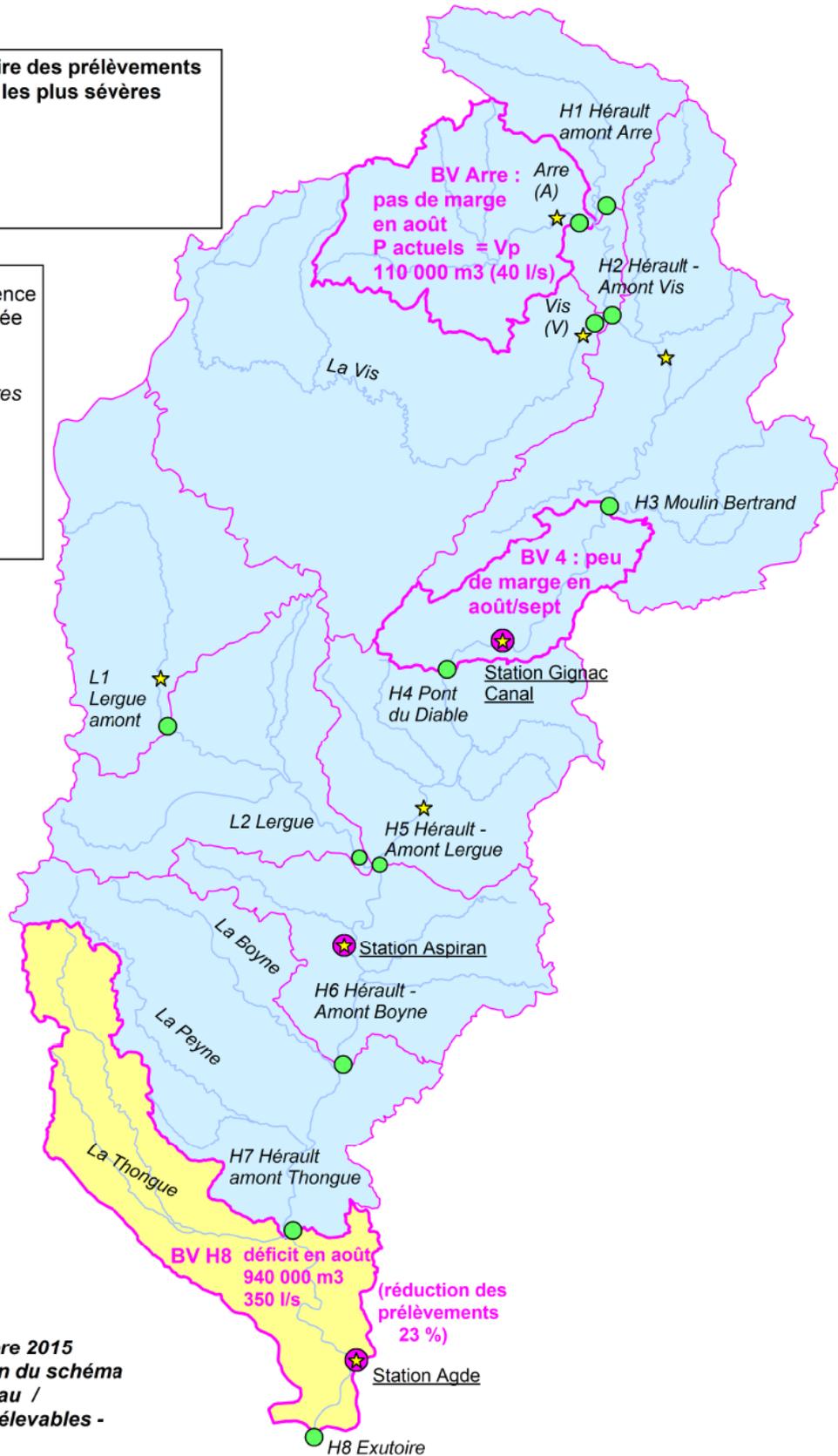
Taux de réduction nécessaire des prélèvements nets pour les mois d'été les plus sévères

- inférieur à 10%
- entre 10% et 30%
- supérieur à 30%

Points Stratégiques de Référence du SDAGE Rhône Méditerranée

Points nodaux complémentaires

Stations hydrométriques
DREAL LR



Bassin versant HERAULT
Tableau 1



Volumes prélevables mensuels nets à l'étiage (tous usages) pour le fleuve Hérault

Synthèse des données issues de l'étude d'élaboration du schéma directeur de la ressource en eau /Détermination des volumes prélevables du bassin versant du fleuve Hérault (CEREG, novembre 2015)

	Juin	Juillet	Août	Sept.	Déficit étiage
Hérault amont Arre (BV H1)	Prélevés	68 000	53 000	25 000	
	Vpn	618 736	231 948	231 260	
	Bilan	562 736	178 948	206 260	
	Réduction prélevements	0,0%	0,0%	0,0%	
Arre (BV A)	Prélevés	116 500	108 500	60 500	
	Vpn	846 464	352 082	150 726	
	Bilan	729 964	231 582	90 226	
	Réduction prélevements	0,0%	0,0%	0,0%	
Amont confluence Hérault-Vis (BV H2)	Prélevés	20 000	19 000	8 000	
	Vpn	1 221 060	488 027	125 252	
	Bilan	1 201 060	461 027	106 252	
	Réduction prélevements	0,0%	0,0%	0,0%	
Vis (BV V)	Prélevés	137 000	138 000	137 000	
	Vpn	5 333 597	2 616 324	1 155 918	
	Bilan	5 196 597	2 479 324	1 197 457	
	Réduction prélevements	0,0%	0,0%	0,0%	
Hérault entre H2 et H3 Moulin Bertrand (BV H3)	Prélevés	122 500	117 500	82 500	
	Vpn	9 465 629	4 901 682	2 156 100	
	Bilan	9 343 129	4 784 182	2 299 475	
	Réduction prélevements	0,0%	0,0%	0,0%	
Hérault entre H3 et H4 Pont du Diable (BV H4)	Prélevés	1 566 070	1 814 780	1 769 590	
	Vpn	10 412 658	4 819 245	2 147 860	
	Bilan	8 856 588	3 004 465	378 270	
	Réduction prélevements	0,0%	0,0%	0,0%	
Hérault entre H4 et H5 (amont Lergue BV H5)	Prélevés	134 500	137 500	140 500	
	Vpn	9 640 078	3 304 622	944 020	
	Bilan	9 505 578	3 167 122	803 520	
	Réduction prélevements	0,0%	0,0%	0,0%	
Lergue amont (BV L1)	Prélevés	238 378	305 040	241 719	
	Vpn	2 146 090	1 231 766	565 805	
	Bilan	1 907 712	926 726	324 086	
	Réduction prélevements	0,0%	0,0%	0,0%	
Lergue aval (BV L2)	Prélevés	230 315	336 349	240 838	
	Vpn	4 544 886	3 549 191	2 142 448	
	Bilan	4 314 571	3 212 842	1 901 610	
	Réduction prélevements	0,0%	0,0%	0,0%	
Hérault entre confluence Lergue et H6 (BV H6)	Prélevés	287 616	601 437	551 978	
	Vpn	16 676 982	7 581 007	3 959 705	
	Bilan	16 389 366	6 979 570	3 407 727	
	Réduction prélevements	0,0%	0,0%	0,0%	
Hérault amont Thongue (BV H7)	Prélevés	649 544	902 424	806 529	
	Vpn	18 298 194	8 612 107	4 694 381	
	Bilan	17 648 650	7 709 683	3 887 852	
	Réduction prélevements	0,0%	0,0%	0,0%	
Hérault aval (BV H8)	Prélevés	2 864 239	4 094 683	4 102 831	
	Vpn	16 054 915	6 074 164	3 165 391	
	Bilan	13 190 676	1 979 482	-937 440	
	Réduction prélevements	0,0%	0,0%	23,0%	

Prélevés :	Volume net actuellement prélevé (m³) sur le sous-bassin contrôlé par le point nodal (estimation étude sur la période 2007-2011)
Vpn :	Volume prélevable net (m³) théorique au point nodal : écart entre le débit renaturalisé en sécheresse quinquennale et la somme du débit biologique et des prélèvements actuels à l'amont du sous bassin versant. Le Vpn du sous bassin diminue quand les prélèvements sur l'amont augmentent. Pour un même mois, les Vpn des différents sous bassins ne s'ajoutent pas car ils sont liés.
Bilan :	Bilan (m³) entre la ressource disponible sur le sous bassin versant et les prélèvements actuels, négatif en cas de déficit sur le mois. Le bilan s'améliore quand celui du sous bassin amont s'améliore. Pour un même mois, les bilans des différents sous bassins ne s'ajoutent pas car ils sont liés
réduction prélevements :	Taux de réduction (%) nécessaire des prélèvements nets actuels pour les mois structurellement déficitaires
Déficit étiage :	Cumul des volumes nets manquants (m³) des mois déficitaires de chaque sous bassin versant. Le déficit à l'étiage cumule le déficit des sous bassins versants situés à l'amont

Bassin versant du fleuve Hérault

Points nodaux sur le fleuve Hérault												
		SDAGE			SDAGE			SDAGE				
Hérault amont Aire (H1)	Aire (A)	Hérault-amont Vis (H2)	Vis (V)	Hérault Moulin Bertrand (H3)	Gorges Hérault, amont prise canal Gignac	Hérault Pont du Diable (H4)	Hérault amont Lergue (H5)	Lergue amont (BV L1)	Lergue aval (BV L2)	Hérault (H6) contrôlé par la station d'Aspiran	Hérault amont Thongue (H7)	Hérault aval (H8) contrôlé par la station d'Agde

Débits d'étiage de référence (m3/s) aux points nodaux

Tableau 2



OMNA5 naturel	0,33	0,55	0,90	1,40	3,30	***	3,8	0,80	1,20	4,10	4,200	3,60
OMNA5 influencé	0,30	0,50	0,82	1,40	3,30	***	2,80	0,70	1,10	4,00	4,00	1,90
1/10 module	0,27	0,22	0,53	1,15	2,34	***	2,99	0,53	0,93	4,04	4,40	4,54

Débit biologique (DB)	Juin	0,35	0,5	0,95	1,1	2,5	3,0	2,5	0,65	0,8	3,5	3,5	2,25**
	Juillet	0,30	0,5	0,90	1,1	2,5	3,0	2,5	0,65	0,8	3,5	3,5	2,25**
	Août	0,25	0,5	0,85	1,1	2,5	3,0	2,5	0,65	0,8	3,5	3,5	2,25**
	Sept.	0,25	0,5	0,85	1,1	2,5	3,0	2,5	0,65	0,8	3,5	3,5	2,25**

DOE et DG d'étiage	Juin	≥ 0,35	≥ 0,5	0,95*	≥ 1,1	≥ 2,5	≥ 3	≥ 2,5	≥ 0,65	≥ 0,8	≥ 3,5	≥ 3,5	2,25**
	Juillet	≥ 0,30	≥ 0,5	0,9*	≥ 1,1	≥ 2,5	≥ 3	≥ 2,5	≥ 0,65	≥ 0,8	≥ 3,5	≥ 3,5	2,25**
	Août	≥ 0,25	≥ 0,5	0,85*	≥ 1,1	≥ 2,5	≥ 3	≥ 2,5	≥ 0,65	≥ 0,8	≥ 3,5	≥ 3,5	2,25**
	Sept.	≥ 0,25	≥ 0,5	0,85*	≥ 1,1	≥ 2,5	≥ 3	≥ 2,5	≥ 0,65	≥ 0,8	≥ 3,5	≥ 3,5	2,25**

* en lien avec l'hypothèse de déconnexion entre l'amont et l'aval de H2 justifiée par d'importants apports karstiques localisés entre H2 et H4 => DG = DB
 ** débits cibles tenant compte des prélèvements structurants du canal de Gignac et du Syndicat du Bas Languedoc à réexaminer à l'échéance du prochain SDAGE

*** chronique des données hydrométriques en cours d'acquisition

Débit biologique (DB) :	Indicateur moyen mensuel (m³/s) de soutien du bon état des eaux aux points nodaux (fonctionnement biologique satisfaisant du milieu aquatique sur le tronçon amont) – permet de dimensionner les prélèvements admissibles sur les sous-bassins concernés (volumes prélevables nets)
-------------------------	---

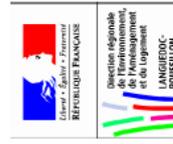
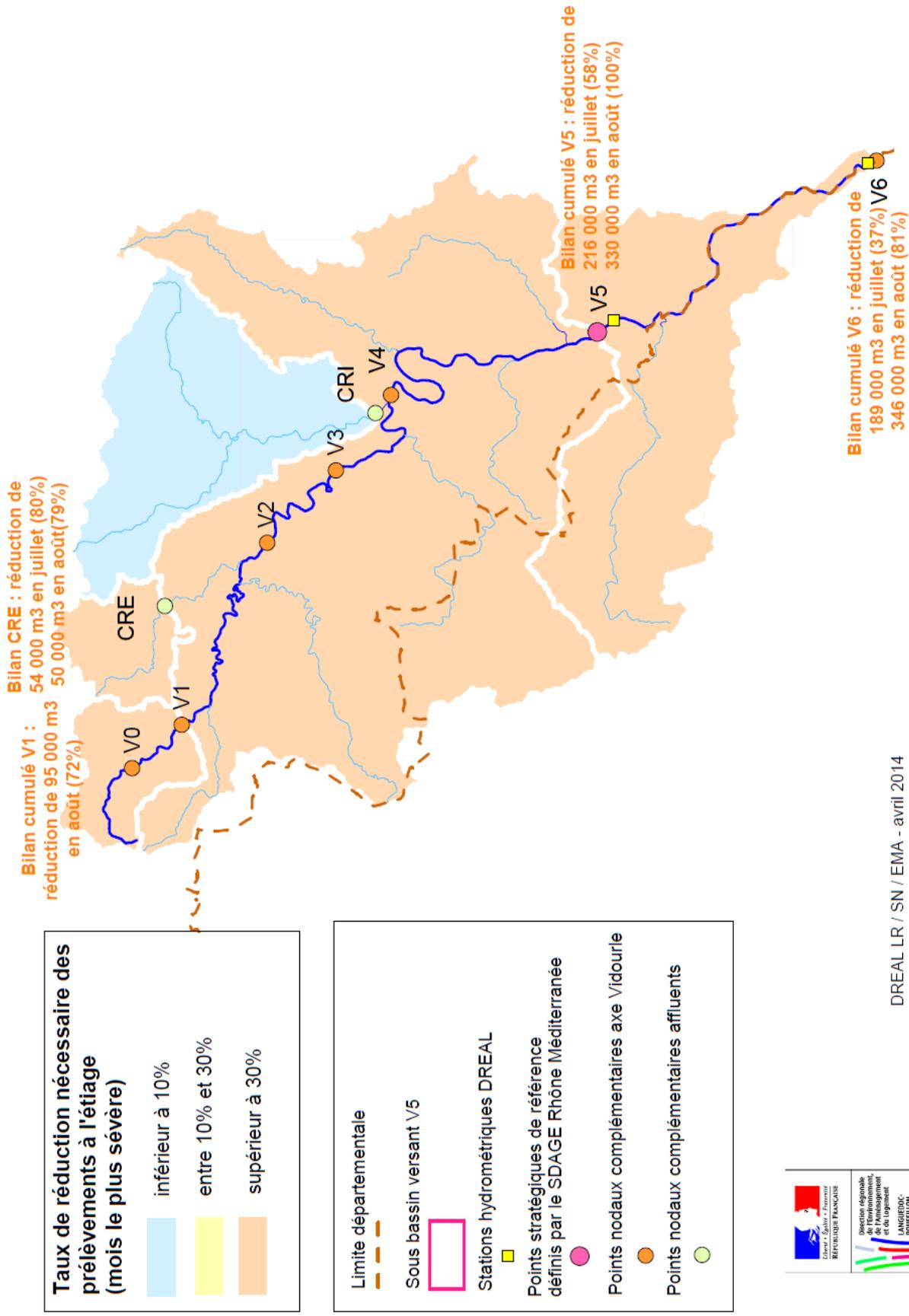
Débit Objectif d'étiage (DOE) et débit de gestion (DG) aux points nodaux :	Indicateur moyen mensuel (m³/s) de la gestion structurelle équilibrée aux points nodaux de fermeture des sous bassins en période d'étiage, toujours supérieur ou égal au Débit Biologique (DB). Il dépendra de la répartition concertée des volumes prélevables entre les acteurs
--	---

Etiage :	Mois pour lesquels les basses eaux coïncident avec le pic annuel de prélèvements (juin à septembre pour le bassin versant du fleuve Hérault)
OMNA5 :	Débit moyen mensuel minimum quinquennal (m3/s)

Synthèse des données issues de l'étude d'élaboration du schéma directeur de la ressource en eau /Détermination des volumes prélevables du bassin versant du fleuve Hérault (CEREG, novembre 2015)

Gestion quantitative des ressources en eaux superficielles du bassin versant du Vidourle

Ecart aux volumes prélevables nets (étude de détermination des volumes prélevables Ginger, octobre 2012)



Bassin versant du VIDOURLE

Tableau 1

Volumes prélevables mensuels nets en étiage, tous usages (en milliers de m3)



Synthèse des données issues de l'étude de détermination de volumes prélevables pour le bassin versant du Vidourle (GINGER rapports FL34 A 0055 – octobre 2012)

DREAL LR / SN / EMA - avril 2014

		Juillet	Août	Septembre
Bilan bassin au point nodal V6	Prélevé	510	426	180
	VPh	321	80	544
	Bilan	-189	-346	364
	Réduction prélèvements	37%	81%	0%
Bilan bassin au point nodal V5 SDAGE	Prélevé	369	330	179
	VPh	295	80	492
	Prélevé sous BV6	141	96	<1
	VPh avec besoins BV 6	153	0	494
Bilan	-216	-330	315	
Réduction prélèvements	58%	100%	0%	
Bilan bassin au point nodal V1	Prélevé	109	133	108
	VPh	118	37	166
	Bilan	9	-95	58
	Réduction prélèvements	0%	72%	0%
Sous-bassins aux points nodaux des affluents	Prélevé	68	63	38
	VPh	13	13	39
	Bilan	-54	-50	1
	Réduction prélèvements	80%	79%	3%
CRE Crespenou	Prélevé	<1	<1	<1
	VPh	36	11	88
	Bilan	36	11	88
	Réduction prélèvements	0%	0%	0%
CRI Crieulon	Prélevé	<1	<1	<1
	VPh	36	11	88
	Bilan	36	11	88
	Réduction prélèvements	0%	0%	0%
Prélevé (en milliers de m3) :	Volume net cumulé prélevé actuellement sur l'ensemble du bassin aux points nodaux CRE, CRI, V1, V5 et V6 (estimation étude)			
Vpn (en milliers de m3) :	Volume prélevable net déterminé pour l'ensemble du bassin versant aux points nodaux CRE, CRI, V1, V5 et V6 (écart entre débit naturel et débit biologique en hydrologie quinquennale sèche)			
Bilan (en milliers de m3) :	Bilan (en milliers m3) entre la ressource disponible et les prélèvements actuels, négatif en cas de déficit sur le mois			
Réduction prélèvements (%) :	Taux de réduction (%) nécessaire des prélèvements actuels pour les mois structurellement déficitaires			

Bassin versant du VIDOURLE



	Points nodaux sur l'axe du Vidourle						Points nodaux affluents		
	V0	V1	V2	V3	V4	V5 SDAGE	V6	Crespenou CRE	Crieulon CRI
QMNA5 naturel (l/s)	30	100	150	150	190	200	200	20	40
QMNA5 influencé (l/s)	12	47	40	34	75	77	42	0	41
1/10 module naturel (l/s)	32	82	282	285	511	688	859	12	52

Débit biologique étiage (l/s)	36	86	135	140	170	170	170	15	36
DOE juillet (l/s)						220			
DOE août (l/s)						200			
DOE septembre (l/s)						170			
DCR étiage (l/s)						170			

Tableau 2

Débits d'étiage de référence aux points nodaux (en l/s)

Débit biologique :	Indicateur moyen mensuel de soutien du bon état des eaux aux points nodaux (fonctionnement biologique satisfaisant du milieu aquatique sur le tronçon amont) – permet de dimensionner les prélèvements admissibles sur les sous-bassins concernés (volumes prélevables nets)
DOE (Débit Objectif d'Etiage) :	Indicateur moyen mensuel de la gestion structurelle équilibrée au Point Stratégique de Référence du SDAGE 2016-2021 (satisfaction du bon état des eaux et, en moyenne 8 années sur 10, des usages), déterminé sur la base des volumes prélevables et de l'identification des réductions de prélèvements envisageables (scénario 1 de l'étude) – contrôlé a posteriori par l'Etat à la station hydrométrique associée
DCR (Débit de Crise Renforcée) :	Indicateur seuil de gestion de crise au Point Stratégique de Référence du SDAGE 2016-2021 – contrôlé en valeur journalière par l'Etat à la station hydrométrique associée lorsque les actions nécessaires au respect des DOE auront été mises en place
Etiage :	Mois pour lesquels les basses eaux coïncident avec le pic annuel de prélèvement (juillet à septembre pour le bassin versant du Vidourle)
QMNA5 :	Débit moyen mensuel minimum quinquennal

Annexe 4 : Liste des stations d'épuration

Nom du système	Code SANDRE	Commune	Taille de l'agglomération	Débit (m3/j)	Milieu récepteur	Nom du milieu
VIOLS LE FORT	60934343002	Viols-le-Fort	850	105	Eau douce de surface	L'Arnède
SAUTEYRARGUES (Bourg)	60934297002	Sauteyrargues	180	23	Sol	Sol
CAUSSE DE LA SELLE	60934060001	Causse-de-la-Selle	500	25	Sol	Sol
VILLENEUVE LES MAGUELONE	60934337001	Villeuneuves-les-Maguelone	10270	1611	Eau douce de surface	La Mosson
VALFAUNES - LANCYRE	60934322003	Valflaunès	80	12	Sol	Sol
SAUTEYRARGUES (Vabre)	60934297001	Sauteyrargues	60	9	Sol	Sol
CAZEVIEILLE	60934066001	Cazevieille	70	13	Sol	Sol
MURVIEL LES MONTPELLIER	60934179002	Murviel-lès-Montpellier	1680	291	Eau douce de surface	Ruisseau de Lassedéron
ST JEAN DE CORNIES	60934265001	Saint-Jean-de-Cornies	600	85	Eau douce de surface	Le Budel
MAS DE LONDRES	60934152001	Mas-de-Londres	480	56	Eau douce de surface	Ruisseau de la Fontaine d'Azémar
ST GENIES DES MOURGUES	60934256001	Saint-Geniès-des-Mourgues	1110	570	Eau douce de surface	Canal de Lansargues
VALFLAUNES-VALCYRE	60934322002	Valflaunès	100	29	Sol	Le Rieufrière
LAURET	60934131001	Lauret	300	34	Sol	Le Brestalou
BEAULIEU-RESTINCLIERES	60934227002	Restinclières	3460	479	Rejet diffus	Le Dardaillon-Ouest
ST CLEMENT(Rouargues)	60934247004	Saint-Clément-de-Rivière	4896	978	Eau douce de surface	Le lez
Bonnel-Plagnol-ZAE-CresseStMartin	60934088002	Cournonsec	240	47	Sol	Ruisseau de Vire
LAVERUNE	60934134003	Laverune	4039	513	Eau douce de surface	Ruisseau de Lassedéron

SAINT D'ORQUES	GEORGES	60934259002	Saint-Georges-d'Orques	6345	766	Eau douce de surface	Ruisseau de Lassedéron
VACQUIERES		60934318001	Vacquières	220	271	Eau douce de surface	Le Brestalou
MURLES		60934177001	Murles	120	19	Eau douce de surface	Ruisseau de Saint-Jean
FONTANES - bourg		60934102001	Fontanès	80	29	Eau douce de surface	La Bénovie
LES MATELLES		60934153002	Les Matelles	1927	492	Eau douce de surface	Le Lirou
MAERA (Ex CEREIREDE)		60934172001	Montpellier	375145	93365	Eau côtière	Le lez
SAINT-DREZERY		60934249002	Saint-Drézéry	2180	303	Eau douce de surface	Le Bérange
BUZIGNARGUES		60934043001	Buzygnargues	140	21	Eau douce de surface	La Bénovie
SAINT HILAIRE DE BAU-VOIR- bourg		60934263002	Saint-Hilaire-de-Beauvoir	300	41	Eau douce de surface	Le Budel
Nom du système		Code SANDRE	Commune	Taille de l'agglomération	Débit (m3/j)	Milieu récepteur	Nom du milieu
ST VINCENT DE BAR-BEYRARGUES-bourg		60934290002	Saint-Vincent-de-Barbeyrargues	360	1224	Eau douce de surface	Ruisseau de Cassagnoles
COURNONTERRAL		60934088001	Cournonterral	10800	45	Eau douce de surface	Ruisseau du Coulazou
GUZARGUES		60934118001	Guzargues	330	36	Eau douce de surface	La Cadoule
NOTRE-DAME-DE-LONDRES		60934185002	Notre-Dame-De-Londres	350	10	Eau douce de surface	La Tourguille
ST JEAN DE CUCULLES		60934266001	Saint-Jean-de-Cuculles	150	21	Eau douce de surface	Ruisseau de Yorgues
ST JEAN DE BUEGES		60934264001	Saint-Jean-de-Buèges	140	123	Eau douce de surface	La Buèges
CLARET		60934078001	Claret	840	0	Eau douce de surface	Le Brestalou
PEGAIROLLES DE BUEGES MEJANEL		60934195001	Pégairolles-de-Buèges	60	664	Eau douce de surface	Ruisseau des Vignes Cou-doulières
SAINT MATHIEU DE TRE-VIERS		60934276001	Saint-Mathieu-de-Trévières	4472	1448	Eau douce de surface	Le Terrieu
BAILLARGUES - ST BRES		60934022002	Baillargues	16656	71	Eau douce de surface	Ruisseau d'Aigues-Vives
VAILHAUQUES-Bel air		60934320003	Vailhauquès	270	39	Eau douce de surface	Le Rieu de Querelle
VALFLAUNES-bourg		60934322004	Valflaunès	190	2763	Eau douce de surface	Le Terrieu

FABREGUES	60934095003	Fabrègues	18503	116	Eau douce de surface	Ruisseau du Coulazou
MONTAUD	60934164001	Montaud	450	171	Eau douce de surface	Ruisseau de la Lequette
COMBAILLAUX-LES SAJOLLES	60934082003	Combailaux	1161	102	Eau douce de surface	Ruisseau de Miege Sole
SAINTE CROIX DE QUIN- TILLARGUES (nouvelle)	60934248002	Sainte-Croix-de- Quintillargues	480	540	Eau douce de surface	La Bénovie
SAINT MARTIN DE LONDRES	60934274001	Saint-Martin-de- Londres	2541	64	Eau douce de surface	Ruisseau de Rieutort
ST BAUZILLE DE MONT- MEL-BOURG	60934242001	Saint-Bauzille-de- Montmel	280	2175	Eau douce de surface	Le Brau
SAINT GELY DU FESC	60934255001	Saint-Gély-du-Fesc	13400	370	Eau douce de surface	Ruisseau de Pézouillet
VAILHAUQUES	60934320002	Vailhauquès	2254	41	Eau douce de surface	La Mosson
TRIADOU	60934314001	Le Triadou	270	21	Eau douce de surface	Le Terrieu
SAINT BAUZILLE DE MONTMEL (Favas)	60934242002	Saint-Bauzille-de- Montmel	100	22	Eau douce de surface	Le Brau
CLARET (les Embrus- calles)	60934078002	Claret	840	105	Eau douce de surface	Ruisseau de la Font

Annexe 5 : Point sur la réglementation autour de la REUT

Sur le plan réglementaire, c'est l'arrêté du 2 août 2010 relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts modifié par l'arrêté du 25 juin 2014 qui représente le texte de référence. L'instruction interministérielle N° DGS/EA4/DEB/DGPE/2016/135 du 26 avril 2016 en précise les modalités d'application.

Par la suite sont précisés les points ayant une importance dans l'élaboration de la méthodologie d'analyse spatiale du projet SoPoLo (tâche 1). Enfin nous évoquerons les évolutions potentielles de la réglementation sur la base de questions posées à l'agence régionale de santé (ARS).

A. Stations concernées

Selon le premier article dudit arrêté, les eaux usées traitées concernées par la REUT sont celles issues de systèmes de traitements collectifs et non-collectifs (la charge en pollution organique devant être supérieure à 1.2kg de DBO5/j)

Sont interdites à la réutilisation les eaux usées traitées issues de stations de traitement reliées à des « établissement de collecte, d'entreposage, de manipulation après collecte ou de transformation des sous-produits animaux de catégorie 1 ou 2 au sens du règlement (CE) n° 1069/2009 [...] à l'exception des cas où les eaux sont, préalablement à leur rejet dans le réseau de collecte, traitées thermiquement à 133° C pendant 20 minutes sous une pression de 3 bars ».

Pour rappel, la classification des sous-produits animaux obéit à une logique de risque à l'encontre de la santé humaine ou animale. Les catégories 1 et 2 présentent des risques tandis que la catégorie 3 rassemble les « sous-produits animaux issus d'animaux sains, ou des sous-produits animaux au travers desquels ne peuvent être véhiculées de maladies transmissibles à l'homme ou à l'animal » (Guide de classification des sous-produits animaux et de leurs devenir du MAAF)

Les stations produisant des boues ne respectant pas les contraintes énoncées au titre de l'annexe I de l'arrêté du 8 janvier 1998 relatif aux prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles ne peuvent être retenues dans le cadre d'un projet de REUT. Pour rappel cet arrêté fixe des seuils de concentration en éléments traces métalliques (ETM) à ne pas dépasser dans les boues d'épandages ou les sols. Ainsi les sols pollués ne peuvent pas non plus être sujet à de la REUT. Toutefois ne disposant pas d'informations suffisantes sur ces pollutions (délimitation des sols pollués), ce critère n'est pas retenu.

B. Limitations selon les zones irriguées

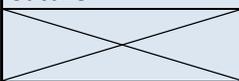
Comme mentionné auparavant, les sols pollués par des ETM au titre de l'arrêté du 8 janvier 1998 ne peuvent être retenus pour un projet de REUT.

Les zones situées à l'intérieur de périmètres de protection rapprochés de captages d'eau potables ne peuvent pas être retenues pour un projet de REUT. Toutefois elles peuvent être sujettes à une dérogation dans le cadre d'un captage de surface ou karstique après avis d'un hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique.

Les maires ou préfets peuvent également délimiter des périmètres dans lesquels la REUT est interdite car elle aurait un « impact sanitaire sur un usage sensible de l'eau, tel qu'un captage public utilisé pour la consommation humaine, un site de conchyliculture, de pisciculture, de cressiculture, de pêche à pied, de baignade ou d'activités nautiques et, en cas d'absence de réseau public d'eau potable, un puits

ou un forage réalisé à des fins domestiques de l'eau et ayant fait l'objet d'une déclaration auprès du maire de la commune concerné conformément aux dispositions de l'article L 2224-9 du CGCT ».

A ces délimitations réglementaires se rajoutent des contraintes de terrains dont les modalités sont synthétisées dans le tableau suivant :

			Saturé	Non saturé		
				<3% de pente	Entre 3% et 7% de pente	Plus de 7% de pente
Sans couvert végétal	Sol fin	Karstique	Non	Non	Non	Non
		Non karstique	Non	Oui	Oui	Localisé
	Sol épais (>1m)	Karstique	Non	Non	Non	Non
		Non karstique	Non	Oui	Oui	Localisé
Avec couvert végétal	Sol fin	Karstique	Non	Non	Non	Non
		Non karstique	Non	Oui	Oui	Oui
	Sol épais (>1m)	Karstique	Non	Eau A ou B	Eau A ou B (localisé)	Eau A ou B (localisé)
		Non karstique	Non	Oui	Oui	Oui

N.B. : Eau A ou B désigne le niveau de qualité de traitement des eaux usées traitées selon les critères énoncés ci-dessous.

C. Définition de la qualité des eaux usées traitées

Ci-suivent les tableaux directement issus de l'arrêté du 2 août 2010 :

Les eaux usées traitées sont classées dans le niveau de qualité qui correspond au classement du paramètre le plus défavorable.

Les abattements sont mesurés entre les eaux brutes, en entrée de la station de traitement des eaux usées, et les eaux usées traitées, en sortie de la station de traitement des eaux usées ou de la filière de traitement complémentaire, le cas échéant.

Quatre niveaux de qualité sanitaire des eaux usées traitées (A, B, C et D) sont définis comme suit :

PARAMÈTRES	NIVEAU DE QUALITÉ SANITAIRE DES EAUX USÉES TRAITÉES			
	A	B	C	D
Matières en suspension (mg/L)	< 15	Conforme à la réglementation des rejets d'eaux usées traitées pour l'exutoire de la station hors période d'irrigation		
Demande chimique en oxygène (mg/L)	< 60			
Escherichia coli (UFC/100mL)	≤ 250	≤ 10 000	≤ 100 000	-
Entérocoques fécaux (abattement en log)	≥ 4	≥ 3	≥ 2	≥ 2
Phages ARN F-spécifiques (abattement en log)	≥ 4	≥ 3	≥ 2	≥ 2
Spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices (abattement en log)	≥ 4	≥ 3	≥ 2	≥ 2

Pour les stations traitant des eaux brutes dont les charges en entérocoques fécaux, en phages ARN F-

spécifiques ou en spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices sont inférieures ou égales à 4 log, les critères suivants sont appliqués :

Concentration en micro-organismes (*) dans les eaux brutes	Concentration en micro-organismes (*) dans les eaux usées traitées			
	10 ⁴	10 ³	10 ²	<10
10 ⁴	-	-	Qualité C ou D (**)	Qualité A, B, C ou D (**)
10 ³		-	-	Qualité A, B, C ou D (**)
10 ²			-	Qualité A, B, C ou D (**)
10				Qualité A, B, C ou D (**)

(*) Micro-organismes nécessitant un abattement : entérocoques fécaux, phages ARN F-spécifiques et spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices.

(**) Le niveau de qualité sanitaire des eaux usées traitées doit être déterminé en prenant également en compte les micro-organismes de concentration supérieure à 10⁴ dans les eaux brutes ainsi que les autres paramètres: Escherichia coli, matières en suspension et demande chimique en oxygène, en respectant les valeurs définies à l'annexe II de l'arrêté.

A savoir que les mesures en phages ARN F-spécifiques et en spores de bactéries anaérobies ne sont réalisées que dans le cadre d'un projet de REUT (demande & suivi). Il est donc impossible de prévoir le niveau de qualité sanitaire des EUT dans le cadre d'une étude sauf si des mesures sont mises en place (proximité d'une zone de baignade par exemple).

D. Distances réglementaires et activités à protéger

Les distances minimales à respecter (en mètres) entre l'irrigation par des eaux usées traitées et les activités à protéger figurent dans les tableaux suivants :

CARACTÉRISTIQUES DE L'ASPERSEUR	DISTANCE ASPERSEUR À ZONE SENSIBLE (1)	
Portée	Avec écran 2 et basse pression (2)	Dans les autres cas
Faible portée : < 10 m	5 m (3)	Deux fois la portée
Moyenne portée : 10 à 20 m	10 m (3)	
Grande portée : > 20 m	10 m (3)	
<p>(1) Habitations, cours et jardins attenants aux habitations, voies de circulation, lieux publics de passage et de loisir, bâtiments publics et bâtiments d'entreprise, quels que soient le sens et la vitesse du vent dominant.</p> <p>(2) Dispositif végétalisé arbustif ou écrans fixes ou mobiles tels que murs, brise-vents, canisses, panneaux d'occultation, etc., dont la hauteur doit être au moins égale à celle de l'apogée de l'asperseur.</p> <p>(3) Cette valeur est augmentée de la portée pour le secteur couvert par l'arrosage.</p>		

NIVEAU DE QUALITÉ SANITAIRE DES EAUX USÉES TRAITÉES

NATURE DES ACTIVITÉS À PROTÉGER	A	B	C ET D
Plan d'eau (1)	20 m	50 m	100 m
Bassin aquacole (à l'exception des coquillages filtreurs) Pisciculture y compris pêche de loisir	20 m	50 m	100 m
Conchyliculture Pêche à pied des coquillages filtreurs	50 m	200 m	300 m
Baignades et activités nautiques	50 m	100 m	200 m
Abreuvement du bétail	50 m	100 m	200 m
Cressiculture	50 m	200 m	300 m

(1) A l'exception du plan d'eau servant d'exutoire au rejet de la station d'épuration et des plans d'eau privés où l'accès est réglementé et où aucune activité telle que baignade, sport nautique et aquatique, pêche ou abreuvement du bétail n'est pratiquée.

E. Usages autorisés selon le niveau de qualité des EUT

TYPE D'USAGE	NIVEAU DE QUALITÉ SANITAIRE DES EAUX USÉES TRAITÉES			
	A	B	C	D
Cultures maraîchères, fruitières et légumières non transformées par un traitement thermique industriel adapté (excepté cressiculture (1))	+	-	-	-
Cultures maraîchères, fruitières, légumières transformées par un traitement thermique industriel adapté	+	+	-	-
Pâturage (2)	+	+ (3)	-	-
Espaces verts ouverts au public (4)	+ (5)	-	-	-
Fleurs vendues coupées	+	+ (6)	-	-
Pépinières et arbustes et autres cultures florales	+	+	+ (6)	-
Fourrage frais	+	+ (3)	-	-
Autres cultures céréalières et fourragères	+	+	+ (6)	-
Arboriculture fruitière	+	+ (7)	+ (8)	-
Taillis à courte rotation ou à très courte rotation, avec accès contrôlé du public	+	+	+ (6)	+ (6)
Forêt, hors taillis à courte rotation avec accès contrôlé du public	-	-	-	-

+ autorisée, - : interdite.

(1) La réutilisation d'eaux usées traitées est interdite pour la cressiculture.

(2) En cas d'aspersion, les animaux ne doivent pas être au champ au moment de l'opération et les abreuvoirs, au cas où ils seraient arrosés, doivent être rincés avant utilisation.

(3) Sous réserve du respect d'un délai après irrigation de 10 jours en l'absence d'abattoir relié à la station de traitement des eaux usées et de 21 jours dans le cas contraire.

(4) On entend par espace vert, notamment : les aires d'autoroutes, cimetières, golfs, hippodromes, parcs, jardins publics, parties communes de lotissements, ronds-points (pas envisageable d'après l'ARS) et autres terre-pleins, squares, stades, etc.

(5) Irrigation en dehors des heures d'ouverture au public, ou fermeture aux usagers pendant l'irrigation et deux heures suivant l'irrigation dans le cas d'espaces verts fermés ; irrigation pendant les heures de plus faible fréquentation et interdiction d'accès aux passants pendant l'irrigation et deux heures suivant l'irrigation dans le cas d'espaces verts ouverts de façon permanente.

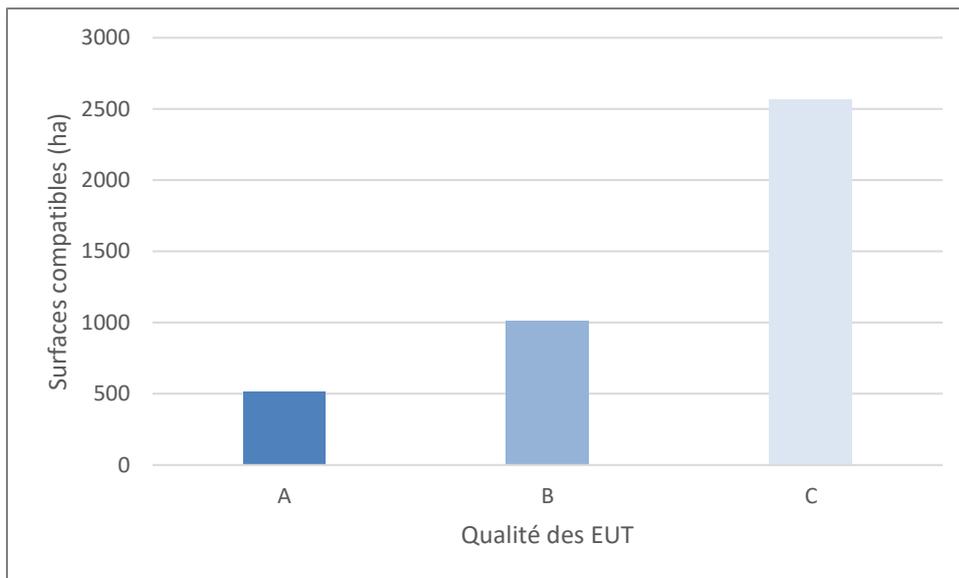
(6) Uniquement par irrigation localisée, telle que définie à l'article 2.

(7) Interdite pendant la période allant de la floraison à la cueillette pour les fruits non transformés, sauf en cas d'irrigation au goutte à goutte.

(8) Uniquement par goutte à goutte.

Dans le cas d'une culture sous serre, seule l'irrigation localisée, telle que définie à l'article 2, est autorisée, en cas de micro-aspersion l'entrée dans les serres est interdite au cours et une heure après l'arrosage.

A titre indicatif ont été calculées les surfaces agricoles compatibles avec les eaux usées de qualité A, B et C sur le territoire d'étude :



Précisions apportées par l'ARS

Dans le cadre du projet SoPoLo nous avons été amenés à poser quelques questions (en bleu) sur la réglementation autour de la REUT, les réponses sont en vert.

« L'annexe III de l'arrêté du 2 août 2010 relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts mentionne la possibilité d'arrosage d'espaces verts ouverts au public (selon des conditions précisées dans la même annexe). De quel type d'irrigation est-il question ici?

- *S'il s'agit d'une irrigation par aspersion, n'y-a-t-il pas un conflit avec l'annexe I du même arrêté qui impose au moins 5 à 10m de distance par rapport aux lieux publics? (Le lieu de l'irrigation est donc également le lieu à éviter). »*

« Non pas obligatoirement, ça dépend du type d'espace public, de sa taille et de son type de fréquentation. C'est à voir au cas par cas

Le conflit peut se résoudre de 2 façons :

- *Par une bande de non aspersion dans espaces verts vis-à-vis des lieux fréquentés par le public*
- *Aspersion pendant fermeture accès au public*

Dans tous les cas l'objectif est d'éviter le contact entre l'eau et le public ainsi que la plante arrosée pendant quelques heures. »

« Est-il possible d'utiliser les eaux usées traitées dans le cadre de nettoyage, par exemple de matériel agricole (cuves) ou de la voirie?

- *Si oui, selon quelles conditions?*
- *Si non, peut-on s'attendre à une évolution de la législation en ce sens? »*

« Actuellement la réglementation ne traite pas de cet usage, l'utilisation d'eaux usées traitées pour des usages de nettoyage dans l'espace public (voiries, véhicules, etc.) ne fait pas l'objet actuellement d'un encadrement réglementaire.

L'utilisation d'eaux usées traitées pour des usages de nettoyage (voiries, ouvrages, véhicules etc.) interne à une STEU relève d'une maîtrise des risques par l'exploitant et des obligations de protection des travailleurs fixés par le code du travail (articles L. 4121-1 à 4), mais n'est pas, en l'état actuel de la réglementation, soumise à autorisation préfectorale préalable ;

Le ministère de la santé a saisi l'ANSES à ce sujet qui a répondu en 2012 :

« Lavage des voiries :

En l'absence de données d'exposition, notamment sur les caractéristiques des particules d'eaux émises par les engins de nettoyage des espaces publics, de données sur les scénarii d'exposition des travailleurs et des passants (seules catégories de population ayant été identifiées comme potentiellement exposées), il n'a pas été possible de réaliser une ERS pour ces deux catégories de population.

Cependant, considérant que les travailleurs, notamment les opérateurs de lance, pourraient être particulièrement exposés à des particules d'EUT, et dans l'optique de pouvoir mener une ERS, le CES recommande la réalisation d'une étude permettant de caractériser leurs expositions en fonction du matériel utilisé.

De même que pour l'irrigation, d'autres ressources en eau de qualité généralement non contrôlées ou contrôlées partiellement sont utilisées pour le lavage des voiries, le CES recommande la création d'une base de données afin de recenser et compiler les qualités d'eau utilisées. »

« Avez-vous connaissance d'autres débouchés possibles pour l'utilisation des eaux usées traitées hormis le rejet en milieu naturel et l'irrigation agricole/espaces verts?

- Si oui, lesquels et selon quelles conditions?*
- Si non, peut-on s'attendre à une évolution de la législation pour introduire de nouveaux débouchés? »*

« Des réflexions sont en cours au niveau national, portant sur des possibilités d'évolution de la réglementation (niveaux de qualité des eaux usées traitées A+ sans limitation d'usage, simplifications administratives...).

Le cadre réglementaire national pourrait être amené à évoluer afin de prendre en compte les éléments qui auront pu être validés aux niveaux européen et national.

Un texte devrait sortir sur la recharge de nappe. »

« Auriez-vous des éléments concernant l'état d'avancement des réflexions de la Commission Européenne autour de la REUT, notamment vis-à-vis des usages précédemment mentionnés? »

« Il n'existe pas à l'heure actuelle de cadre commun concernant la REUT au niveau européen. Cependant, la Commission européenne mène des réflexions sur cette thématique avec comme objectif d'aboutir à une proposition d'outil commun à l'ensemble des États membres concernant la REUT. Je n'ai aucune information sur l'état d'avancement de la réflexion

Une Consultation publique sur les possibilités d'introduire des exigences minimales de qualité concernant l'eau réutilisée dans l'Union européenne a été faite début 2017 »

Annexe 6 : Construction d'une carte d'occupation du sol

Définir l'occupation précise du sol est un travail nécessaire puisque cette dernière contient des informations sur les possibles usages de la REUT mais également sur les zones de contraintes existantes et obstacles à franchir. Bien que certains acteurs publics aient déjà effectués un certain nombre de travaux sur cette occupation des sols, ce n'est pas nécessairement le cas de l'intégralité des communes ou intercommunalités, et même si cette condition était remplie, rien ne garantit que les nomenclatures et précisions des données soient identiques et comparables. L'objectif ici est donc de proposer une méthode de définition de l'occupation du sol qui soit suffisamment précise pour être appliquée à l'échelle d'une commune mais potentiellement applicable à des ensembles plus vastes. Pour information l'IGN travaille actuellement sur la définition d'un référentiel d'occupation du sol à grande échelle (OCS GE®) qui devrait satisfaire les critères de la méthodologie. Mais tant que cette solution n'est pas utilisable il a été choisi de proposer une alternative.

Pour les objectifs du projet SoPoLo il a été choisi d'utiliser 23 classes d'occupation du sol au regard de l'utilisation future de cette information (calcul de chemin favorables, localisation des parcelles, etc.), la nomenclature est définie dans le tableau suivant :

Code	Libellé	Source
1	Inconnu	-
2	Cultures	RPG, CCGPSL, 3M
3	Vigne	RPG, BD Topo°, CCGPSL, 3M
4	Chemins et sentier	BD Topo°
5	Route empierrée	BD Topo°
6	Route goudronnée petite	BD Topo°
7	Route goudronnée grande	BD Topo°, 3M (A9)
8	Chemin de fer	BD Topo°, CCGPSL, 3M
9	Landes	BD Forêt°, RPG, CCGPSL, 3M
10	Foret ouverte	BD Forêt°
11	Peupleraie	BD Forêt°, CCGPSL, 3M
12	Taillis et futaies	BD Forêt°
13	Autres boisements	BD Topo°, CCGPSL, 3M
14	Zone urbaine	BD Topo°, CCGPSL, 3M
15	Décharges et carrières	CCGPSL, 3M
16	Affleurements	CCGPSL, 3M
17	Masse d'eau	BD Topo°, CCGPSL, 3M
18	Prairie	RPG, CCGPSL, 3M
19	Espaces verts urbains	CCGPSL, 3M
20	Sables	CCGPSL, 3M
21	Très petit cours (0 à 15m)	BD Carthage°
22	Petit cours (15 à 50m)	BD Carthage°
23	Cours moyen (Plus de 50m)	BD Carthage°

A noter qu'il existe des classes d'occupation du sol qui ne sont pas représentées (ex : tourbes...) et qui ont peut-être leur importance sur d'autres territoires. Le principe est d'obéir à une logique d'impédance pour le choix des classes : Quelles sont les type de couverture les plus représentatifs du territoire traduisant la facilité de déplacement d'un point A à un point B? Néanmoins certaines catégories d'occupation bien particulières ne peuvent être omises comme les sables ou les carrières.

Comme nous pouvons le voir, 5 sources de données principales sont utilisées pour construire cette

couche d'occupation du sol : BD Topo, BD Forêt, RPG, ainsi que des données d'occupation du sol et de plans d'urbanisme transmises par Montpellier Méditerranée Métropole (3M) et la Communauté de Communes du Grand-Pic-Saint-Loup. Concernant ces dernières sources, elles sont utilisées pour compléter l'occupation du sol dans le cas où celle-ci est inconnue.

En effet la BD Topo, la BD Forêt et le RPG, bien que couvrant la majeure partie de la zone d'étude (80%), ne conviennent pas aux besoins de la méthodologie, la couverture devant être intégrale pour pouvoir notamment étudier les chemins de moindre contrainte. Les zones non couvertes (inconnu) sont donc complétées avec les informations transmises par les intercommunalités.

Les modalités de croisement seront présentées dans la suite ainsi que des alternatives.

Parmi les données présentées plus haut, l'une d'entre-elles a fait l'objet d'un travail en particulier : la zone urbaine.

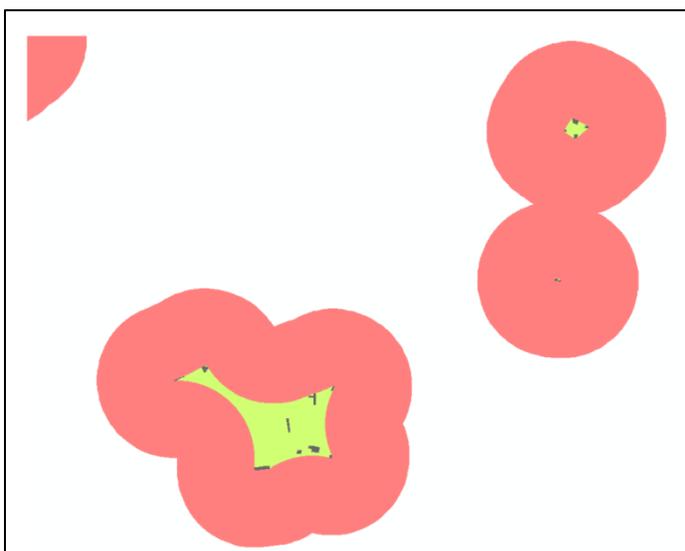
Il existe en effet plusieurs sources d'information sur le contour des espaces urbaine : Corine Land Cover, la BD CARTO, les documents d'urbanismes ou encore la BD Topo. Malheureusement les trois premières sources ont tendance à être soit trop grossières, soit à omettre les bâtis en zone rurales. A contrario la BD Topo fournit le contour des bâtiments, mais ne délimite pas d'aire urbaine à proprement parler. Nous avons donc besoin d'une information intermédiaire pour pouvoir répondre aux besoins de la méthodologie.

L'INSEE définit une unité urbaine comme une « commune ou un ensemble de communes qui comporte sur son territoire une zone bâtie d'au moins 2 000 habitants où aucune habitation n'est séparée de la plus proche de plus de 200 mètres. En outre, chaque commune concernée possède plus de la moitié de sa population dans cette zone bâtie. »

Ce seuil de 200 mètres est intéressant car il permet de définir une distance d'agrégation du bâti, permettant de passer d'un ensemble de bâtiment à une aire urbaine proprement dite.

Deux différentes méthodes ont été testées en utilisant ce seuil : Une méthode par dilatation-érosion et une méthode par agrégation de polygone.

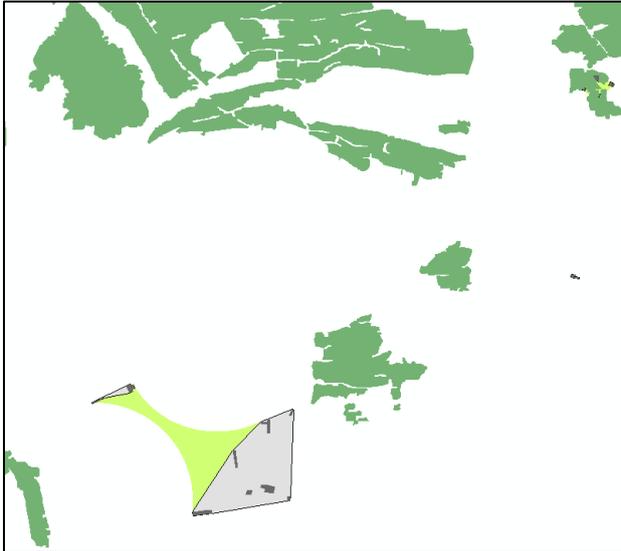
La dilatation-érosion est une méthode classiquement utilisée pour agréger des entités, le principe est de réaliser une zone tampon autour de chaque polygone (ici de 200m), de fusionner ces zones tampon puis de les éroder de la même distance (200m). Si la distance entre les entités de base est suffisamment faible, alors les entités seront reliées (voir captures d'écran suivantes).



Dilatation/érosion, en noir le bâti, en rouge la zone tampon de 200m et en vert la zone après érosion de 200m

Le défaut de cette méthode est dans la morphologie des aires résultantes qui sont arrondies et ne correspondent pas à la représentation d'une aire urbaine (qui devrait être plutôt polygonale).

Pour pallier à ce défaut la méthode d'agrégation de polygones (proposée dans ArcGIS, outil *Agrégation de polygones*) permet de relier par une droite les entités séparées par une distance inférieure au seuil défini (200m ici). De plus il est possible de définir des entités d'interruption qui empêchent de relier deux bâtiments si ceux-ci sont séparés par une entité d'interruption, typiquement il peut s'agir d'un fleuve, d'un champ, d'une falaise, etc. Donnant plus de sens au découpage de l'aire urbaine :



Aires urbaines par agrégation de 200m (gris), en vert clair le résultat par dilatation-érosion, en noir le bâti, et en vert foncé le boisement (entité d'interruption)

Néanmoins ce seuil de 200m peut poser problème en zone peu densément bâtie comme l'illustre la situation suivante :



Agrégation à 200m et à 100m

Sur la photo ci-dessus le résultat de l'agrégation à 200m (en gris) traverse clairement des zones boisées et de cultures, un problème nettement moins visible si le seuil est abaissé à 100m (en vert).

Par soucis de cohérence, il a donc été choisi de conserver cette valeur de 100m. Il s'agit ici typiquement d'une valeur qui peut être choisie manuellement suivant le contexte (grande ville, espace rural, etc.).

Toutefois il subsiste deux défauts au croisement effectué : En ayant choisi les boisements comme entité d'interruption, il existe un certain nombre de trous dans les tâches urbaines qui correspondent en réalité à des bois, espaces verts inclus dans les villes mais qui doivent être traités comme faisant partie de l'ensemble urbain. Le second point est celui de la portée temporelle de ces zones urbaines. En effet un projet de REUT se planifie sur le long terme, afin de pouvoir prendre en compte ce point, notamment dans l'étude des chemins, il peut être important d'écarter les zones à urbaniser des plans d'urbanisme.

Bien qu'il soit impossible de ne pas prendre en compte les boisements en entité d'interruptions (apparition d'aires urbaines dans des blocs forestiers en milieu rural) les deux défauts précédemment cités se règlent si l'on superpose le résultat de l'agrégation à 100m aux aires urbaines et à urbaniser des PLU, dans lesquelles sont incluses les espaces verts.



Définition des aires urbaines (gris)

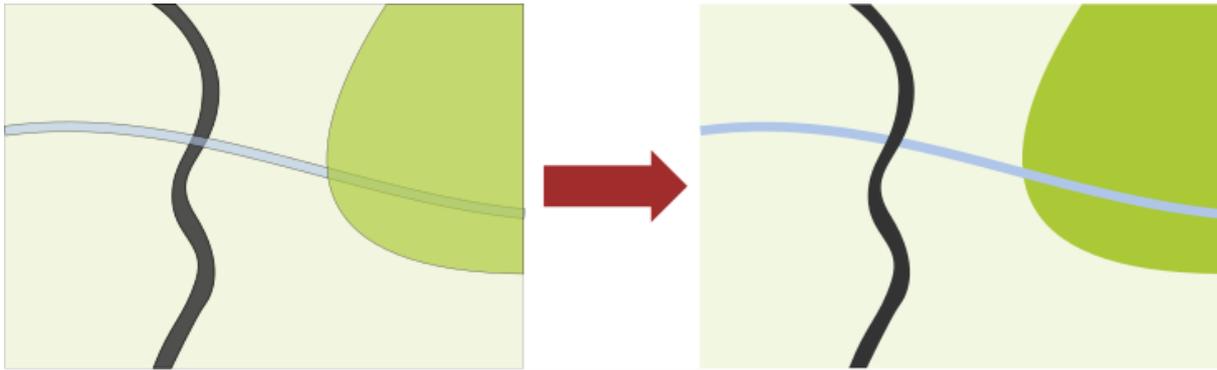
Le résultat final permet de localiser des grands ensembles urbains actuels et avenir sans négliger le bâti peu dense et isolé. Le détail des opérations est illustré en annexe 2, diagramme 1.

Une fois les aires urbaines délimitées, il convient de délimiter l'emprise des voies de communication terrestres. Différent type de voies se distinguent : chemins et sentiers, routes empierrées, et les routes « classiques » (goudronnées) suivant la facilité avec laquelle elles sont franchissables pour des travaux. Il a été décidé qu'une route ayant une emprise supérieure à 10 mètres était infranchissable, on distingue donc les routes « classiques » moyennes et grandes.

L'emprise elle a été calculée en utilisant les travaux du Cerema (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement) sur la mesure de la consommation d'espace¹².

Les aires urbaines dessinées et l'emprise routière calculée, il convient de construire la couche d'occupation du sol. Cette dernière est construite par opération de *mise à jour* successive (opération permettant d'insérer un polygone dans une couche effaçant les entités ainsi recouvertes).

¹²http://piece-jointe-carto.developpement-durable.gouv.fr/REG074B/FONCIER_SOL/N_OCCUPATION_SOL/L_EMPRISE_ROUTE_R74/Fiche1-7-1.pdf



Résultat de l'opération de mise à jour

La *mise à jour* permet de partir d'un ensemble de couches pour arriver à une couche unique par « superposition » (notion d'ordre sous entendue).

L'ordre de mise à jour est le suivant : Cultures, vignes, forêt (BD Topo), forêt (BD Forêt), zones urbaines, voie ferrées, routes, chemins, masses d'eau. Un champ « catégorie » est préalablement créé dans chacune des couches et prends la valeur du code indiquée dans la nomenclature. Ce champ est conservé et mis à jour lui aussi pendant l'opération. Le détail de cette opération figure en annexe 2, diagramme 3.

On réalise ensuite une opération de *fusion* (association de polygones adjacents qui possèdent une ou plusieurs propriété identique, ici l'occupation du sol) et on élimine les polygones résiduels dont la surface est inférieure à 25m² (taille de la maille du MNT et donc de la carte de coût, l'élimination fusionne le polygone avec le polygone adjacent ayant la surface de contact la plus importante).

Une fois cette opération effectuée, on extrait les polygones dont l'occupation est inconnue. Ceux-ci sont croisés (*Intersection*) avec les couches d'occupation du sol de 3M et CCGPSL). Les deux couches résultantes sont ensuite réinjecté dans la couche d'occupation du sol par mise à jour. On ré-effectue le nettoyage de couche (*fusion/élimination*). La couche résultante ne possède ainsi plus aucune zone inconnue.

Les forêts issues de la BD Topo permettent de localiser des surfaces boisées plus petites que celles de la BD Forêt, en revanche cette dernière est plus intéressante sur le plan sémantique (différentiation de landes, forêt ouvertes, peupleraies, taillis) pour l'utilisation que l'on souhaite en faire vis-à-vis de la carte de coût. Elle est donc superposée à la BD Topo.

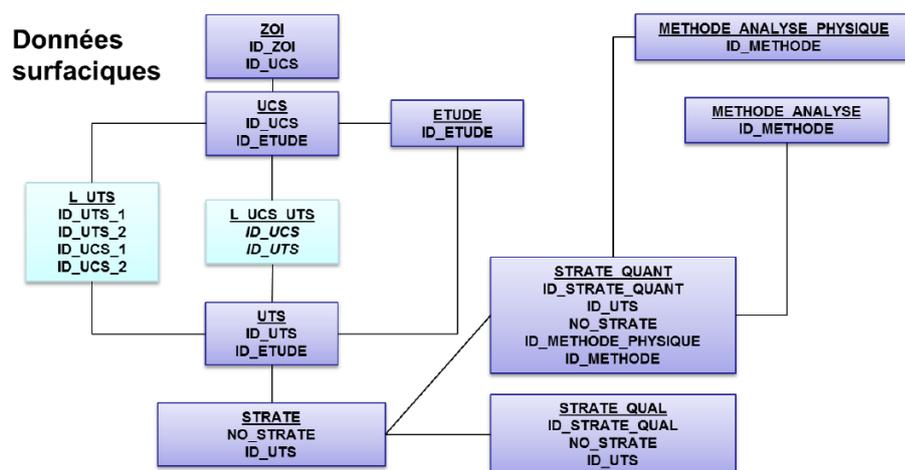
Le résultat final est ensuite converti en raster d'un pas de 5m. Le diagramme 4 en annexe 4 synthétise le processus. La carte 2 en annexe 9 présente le résultat.

Annexe 7 : Précisions techniques sur le bilan hydrique

La présente annexe a pour but de donner des informations complémentaires au calcul de déficit hydrique présenté en section **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** Il s'agit notamment de présenter la manière dont les résultats ont été extraits de la base de données BDSol L-R, des tables Safran et calculées sous Excel.

A. Extraction de données pédologiques :

La base de données BDSol L-R est construite selon le modèle DoneSol (version 3) commun à l'ensemble des RRP. Notamment les données surfaciques, organisées en strates, UTS et UCS (cf. section 2.5.1.2) sont reliées de la façon suivante :



Relations entre les tables de données surfaciques de la BDSol L-R, d'après le dictionnaire de données DoneSol Version 3

Au cours du calcul de déficit hydrique, certains paramètres du sol sont recherchés :

- Pour les strates : taux de sables, d'argile et de limon, pourcentage en éléments grossier, leur nature et épaisseur de la strate
- Pour les UTS, les strates les composant
- Pour les UCS, les UTS les composant

Pour obtenir ces différentes informations est utilisé le système de gestion de base de données Access dans lequel on réalise des requêtes en langage SQL pour extraire les informations recherchées. L'exemple suivant donne la requête permettant d'extraire le pourcentage d'UTS dans chaque UCS ainsi que des informations de nom et d'identifiant :

```
SELECT info_ucs.pourcent, uts.id_uts, uts.rp_95_nom, info_ucs.nom_ucs, info_ucs.no_int_ucs, info_ucs.no_ucs
```

```
FROM (l_ucs_uts INNER JOIN uts ON l_ucs_uts.id_uts = uts.id_uts) INNER JOIN info_ucs ON (l_ucs_uts.pourcent = info_ucs.pourcent) AND (l_ucs_uts.id_ucs = info_ucs.id_ucs);
```

La capture d'écran suivante présente le résultat de cette requête :

pourcent	no_int_ucs	id_uts	no_ucs	nom_ucs	rp_95_nom
2	505F	9117	50506	Pentes faibles et dépressions des b	CALCOSOL
5	551A	9117	55101	Petits domes et cuvettes en pentes	CALCOSOL
5	551A	9117	55101	Petits domes et cuvettes en pentes	CALCOSOL
3	551B	9117	55102	Dépressions cultivées associées à c	CALCOSOL
3	551B	9117	55102	Dépressions cultivées associées à c	CALCOSOL
10	519A	9119	51901	Plateaux de calcaire lacustre massi	RENDOSOL
30	309W	9136	30923	Alluvions villafranchiennes d'origir	FERSIALSOL luviq rédoxique
3	505F	9138	50506	Pentes faibles et dépressions des b	CALCOSOL rédoxique
3	551B	9138	55102	Dépressions cultivées associées à c	CALCOSOL rédoxique
3	551B	9138	55102	Dépressions cultivées associées à c	CALCOSOL rédoxique
2	557A	9145	55701	Cuvettes et bordures peu déclives.	LUVISOL hydromorphe
1	551B	9157	55102	Dépressions cultivées associées à c	CALCOSOL
2	309W	9208	30923	Alluvions villafranchiennes d'origir	BRUNISOL
100	104E	9221	10405	Plaines alluviales des petites rivièr	FLUVIOSOL
60	106B	9223	10602	Vistrenque, Uzègeois (Gard), Lunel	FLUVIOSOL calcaire à horizons réc
100	171B	9224	17102	Corbières. Bordures cévenoies. Val	FLUVIOSOL calcaire
40	106B	9225	10602	Vistrenque, Uzègeois (Gard), Lunel	FLUVIOSOL calcaire à horizon prof
100	106A	9233	10601	Couloir rhodanien (Gard) et vallée	COLLUVIOSOL à horizon réductiq
20	173B	9236	17302	Contacts plaines fluviales et littor	FLUVIOSOL calcaire rédoxique
40	173B	9237	17302	Contacts plaines fluviales et littor	FLUVIOSOL à horizons réductique
40	173B	9237	17302	Contacts plaines fluviales et littor	FLUVIOSOL à horizons réductique

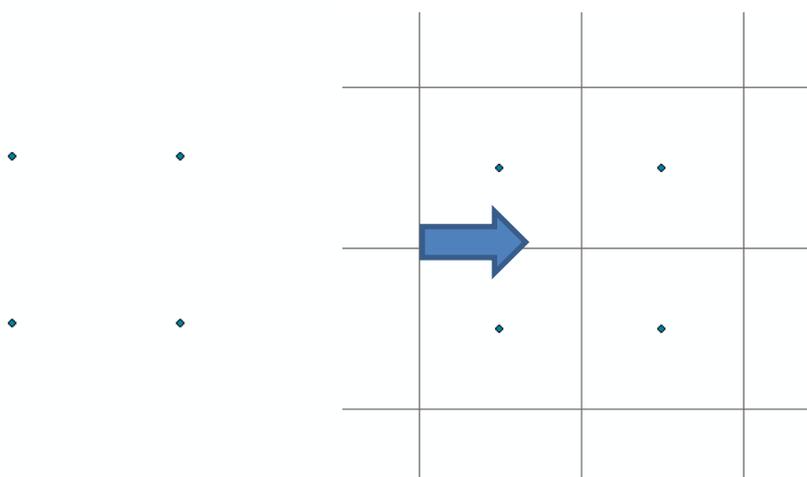
Résultats d'une requête SQL sous Access : Obtention des proportions relatives de chaque UTS par UCS

Ces données sont ensuite exportées sous Excel pour traitement. L'utilisation de tableaux croisés dynamiques est vivement conseillée pour agréger les informations extraites à l'échelle d'UTS ou d'UCS.

Le calcul de réserve utile est ensuite réalisé selon les modalités présentées en section 2.5.1.2.

B. Extraction des données SAFRAN

Les données SAFRAN sont fournies sous deux formats, un fichier forme (Shapefile) localisant les centres des grilles SAFRAN. Attention, le système de coordonnées utilisé pour les données SAFRAN est le Lambert II étendu. L'information est ici re-projetée en Lambert 93 (outil *Projeter*). Enfin les points sont utilisés pour calculer les grilles (polygones) avec l'outil *Créer un quadrillage* :



Ces grilles peuvent ensuite être intersectées avec le parcellaire agricole pour pouvoir associer les données climatiques aux parcelles.

Ces données climatiques constituent le second format de données SAFRAN. Elles sont stockées sous

format .csv dans le cadre de cette étude. Un fichier .csv est propre à chaque grille et indique l'ensemble des paramètres du climat (ETP, températures, pluviométries, etc.) de 1958 à 2016 avec un pas de temps journalier. Un script VBA a été écrit pour importer l'ensemble des grilles en lien avec le territoire d'étude :

```
Sub ImportPLEtextFiles()
Dim i As Integer "initial file name
Dim k As Integer "final file name
Dim DQ As String " Double quotation marks
Dim Folder As String
Dim File As String
k = 2
DQ = """"
Folder = Worksheets("Feuil1").Cells(3, 3).Value
Do While k <= 32
i = Worksheets("Feuil1").Cells(k, 1).Value
Worksheets.Add.Name = i
File = "TEXT;" & Folder & i & "_SAFRAN.txt"
Worksheets("Feuil1").Cells(6, 6).Value = File
With ActiveSheet.QueryTables.Add( _
Connection:=File, _
Destination:=Range("$A$1"))
.FieldNames = True
.RowNumbers = False
.FillAdjacentFormulas = False
.PreserveFormatting = True
.RefreshOnFileOpen = False
.RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
.SavePassword = False
.SaveData = True
.AdjustColumnWidth = False
.RefreshPeriod = 0
.TextFilePromptOnRefresh = False
.TextFilePlatform = 850
.TextFileStartRow = 31
.TextFileParseType = xlDelimited
.TextFileTextQualifier = xlTextQualifierDoubleQuote
.TextFileConsecutiveDelimiter = False
.TextFileTabDelimiter = False
.TextFileSemicolonDelimiter = True
.TextFileCommaDelimiter = False
.TextFileSpaceDelimiter = False
.TextFileColumnDataTypes = Array(1)
.TextFileTrailingMinusNumbers = True
.Refresh BackgroundQuery:=False
End With
k = k + 1
Loop
End Sub
```

Script VBA permettant l'importation de l'ensemble des informations des grilles SAFRAN du territoire sous Excel

Le script est basé sur une boucle (while) lisant le nom du fichier à importer (File = "TEXT;" & Folder & i & "_SAFRAN.txt") et qui extrait les valeurs dans une feuille correspondant à la grille SAFRAN importée (ActiveSheet.QueryTables.Add). Les 30 premières lignes étant des données descriptives ne sont pas importées (TextFileStartRow = 31).

Les données antérieures à 1986 sont supprimées, les informations d'ETP et de pluviométrie sont moyennées pour chaque jour sur la période 1986-2016 à l'aide d'un tableau croisé dynamique. Le résultat est synthétisés sous la forme de deux tableaux à double entrée chacun présentant la valeur d'un paramètre (ETP et pluviométrie respectivement) en fonction du jour et de la grille. Les données sont stockées sous le format suivant (exemple pour la pluie, les colonnes correspondent aux grilles):

jour_mois	n°	8497	8498	8586	8587
1_1	1	1,9	2,5	4,0	2,1
2_1	2	1,8	2,1	2,2	2,8
3_1	3	2,8	2,3	4,6	6,1
4_1	4	1,3	1,3	2,6	2,3
5_1	5	2,2	2,3	2,2	1,3
6_1	6	3,3	3,1	4,8	2,7
7_1	7	0,5	0,6	1,8	0,6
8_1	8	3,2	2,6	3,9	2,8
9_1	9	1,7	1,4	3,4	3,3
10_1	10	2,9	3,9	4,5	2,1
11_1	11	1,3	0,9	2,6	1,8
12_1	12	3,9	3,7	4,2	2,9
13_1	13	5,1	5,6	7,5	4,7
14_1	14	6,0	4,7	7,4	5,6

Tableau synthétique à double entrée présentant les valeurs moyennes de précipitation en fonction du jour et des grilles SAFRAN.

C. Données de coefficients culturaux

Les Kc utilisés dans cette étude sont issus pour la majorité des cas du Mémento BRL Irrigation, le Kc utilisé pour l'arboriculture est issu des données FAO pour le citronnier tandis que les valeurs de Kc pour la vigne sont issues de la bibliographie (Rousseau, 2009) :

	no_mois	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
	no_decade	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
BLE TENDRE	1	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1,2	1,2	1,2	1,2
MAIS GRAIN ET ENSILAGE	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ORGE	3	0,67 5	0,67 5	0,675	0,825	0,825	0,825	1	1	1	1,125	1,125	1,125
AUTRES CEREALES	4	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1,2	1,2	1,2	1,2
COLZA	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOURNESOL	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
PROTEAGINEUX	8	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	1	1	1	1,1	1,1	1,1
SEMENCES	10	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1	1,2	1,2	1,2	1,2
AUTRES GELS	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LEGUMINEUSES A GRAINS	15	0	0	0	0	0	0	0,4	0,4	0,025	0,025	0,025	0,025
FOURRAGE	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ESTIVES LANDES	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRAIRIES PERMANENTES	18	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
PRAIRIES TEMPORAIRES	19	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
VERGERS	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5
VIGNES	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2
FRUITS A COQUE	22	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055
OLIVIERS	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,55	0,55	0,55
LEGUMES-FLEURS	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0,6
ARBORICULTURE	27	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
DIVERS	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	no_mois	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8
	no_decade	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
BLE TENDRE	1	1,2	1,2	1,1	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0
MAIS GRAIN ET ENSILAGE	2	0,4	0,4	0,4	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1	1
ORGE	3	1,15	1,15	1,15	0,475	0,475	0,475	0,25	0,25	0,25	0	0	0
AUTRES CEREALES	4	1,2	1,2	1,1	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0
COLZA	5	1	1	0,8	0,8	0,8	0	0	0	0	0	0	0
TOURNESOL	6	0,5	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,6	0,6	0	0
PROTEAGINEUX	8	1,1	1,1	1,1	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0
SEMENCES	10	1,2	1,2	1,1	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0
AUTRES GELS	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LEGUMINEUSES A GRAINS	15	1,15	1,15	1,15	0,35	0,35	0,35	0,35	0	0	0	0	0
FOURRAGE	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ESTIVES LANDES	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRAIRIES PERMANENTES	18	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
PRAIRIES TEMPORAIRES	19	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
VERGERS	20	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	1	1	1	1	1	0,7	0,7
VIGNES	21	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
FRUITS A COQUE	22	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
OLIVIERS	23	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
LEGUMES-FLEURS	25	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0
ARBORICULTURE	27	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
DIVERS	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	no_mois	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	no_decade	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
BLE TENDRE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0
MAIS GRAIN ET ENSILAGE	2	1	0,7	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ORGE	3	0	0	0	0,3	0,3	0,3	0,35	0,35	0,35	0,5	0,5	0,5
AUTRES CEREALES	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0
COLZA	5	0	0	0,3	0,3	0,3	0,7	0,7	0,7	1	1	1	1
TOURNESOL	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PROTEAGINEUX	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5
SEMENCES	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0
AUTRES GELS	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LEGUMINEUSES A GRAINS	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FOURRAGE	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ESTIVES LANDES	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRAIRIES PERMANENTES	18	1,1	1,1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
PRAIRIES TEMPORAIRES	19	1,1	1,1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
VERGERS	20	0,7	0,7	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VIGNES	21	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0
FRUITS A COQUE	22	1,05	1,05	1,05	0,65	0,65	0,65	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
OLIVIERS	23	0,55	0,55	0,55	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LEGUMES-FLEURS	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARBORICULTURE	27	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
DIVERS	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

D. Calcul du déficit hydrique :

Le calcul du déficit hydrique est ensuite réalisé en croisant les facteurs précédemment rassemblés (RU, ETP, pluviométrie, Kc).

Sous Excel, il est réalisé en trois temps. Tout d'abord la réserve réelle est calculée, elle correspond au calcul suivant :

$$\text{Réserve réelle}_{t+1} = \text{Réserve relative}_t + \text{Précipitation}_{t+1} - \text{Consommation}_{t+1}$$

Elle peut prendre des valeurs négatives mais ne peut dépasser la valeur de réserve utile maximale du sol. A t=0 la réserve est supposée maximale.

La réserve relative vérifie les conditions suivantes :

$$\text{Si Réserve réelle}_t \geq 0 \text{ alors Réserve relative}_t = \text{Réserve réelle}_t$$

$$\text{Sinon Réserve relative}_t = 0$$

Enfin le déficit hydrique vérifie les conditions suivantes :

$$\text{Si Réserve réelle}_t \geq 0 \text{ alors Déficit}_t = 0$$

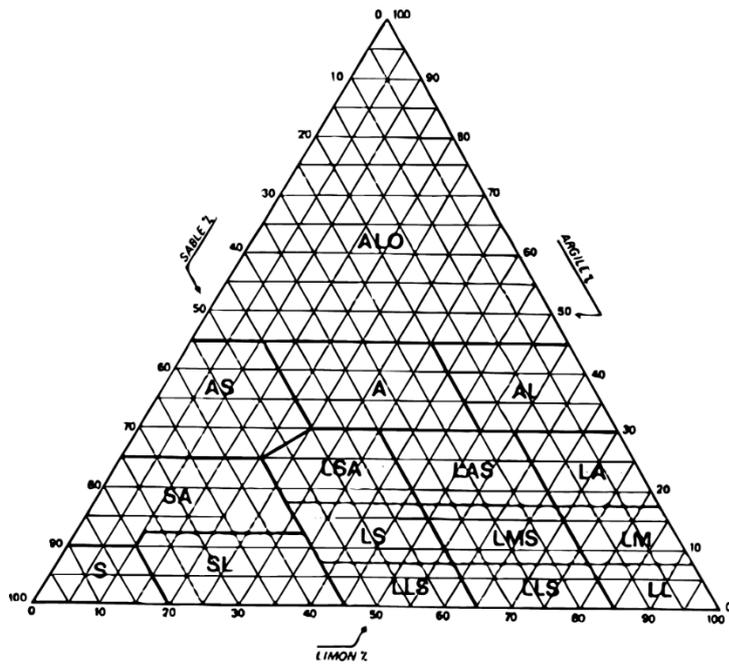
$$\text{Sinon Déficit}_t = 0$$

Pour faciliter le calcul, les fonctions INDEX et EQUIV ont été combinées pour rechercher les paramètres souhaités (ETP, Kc, pluviométrie) à chaque date, pour chaque grille et chaque UCS. Le processus de calcul du déficit hydrique est schématisé en fin d'annexe.

E. Données complémentaires :

Teneur en eau des sols selon les classes texturales (Jamagne et al, 1977)

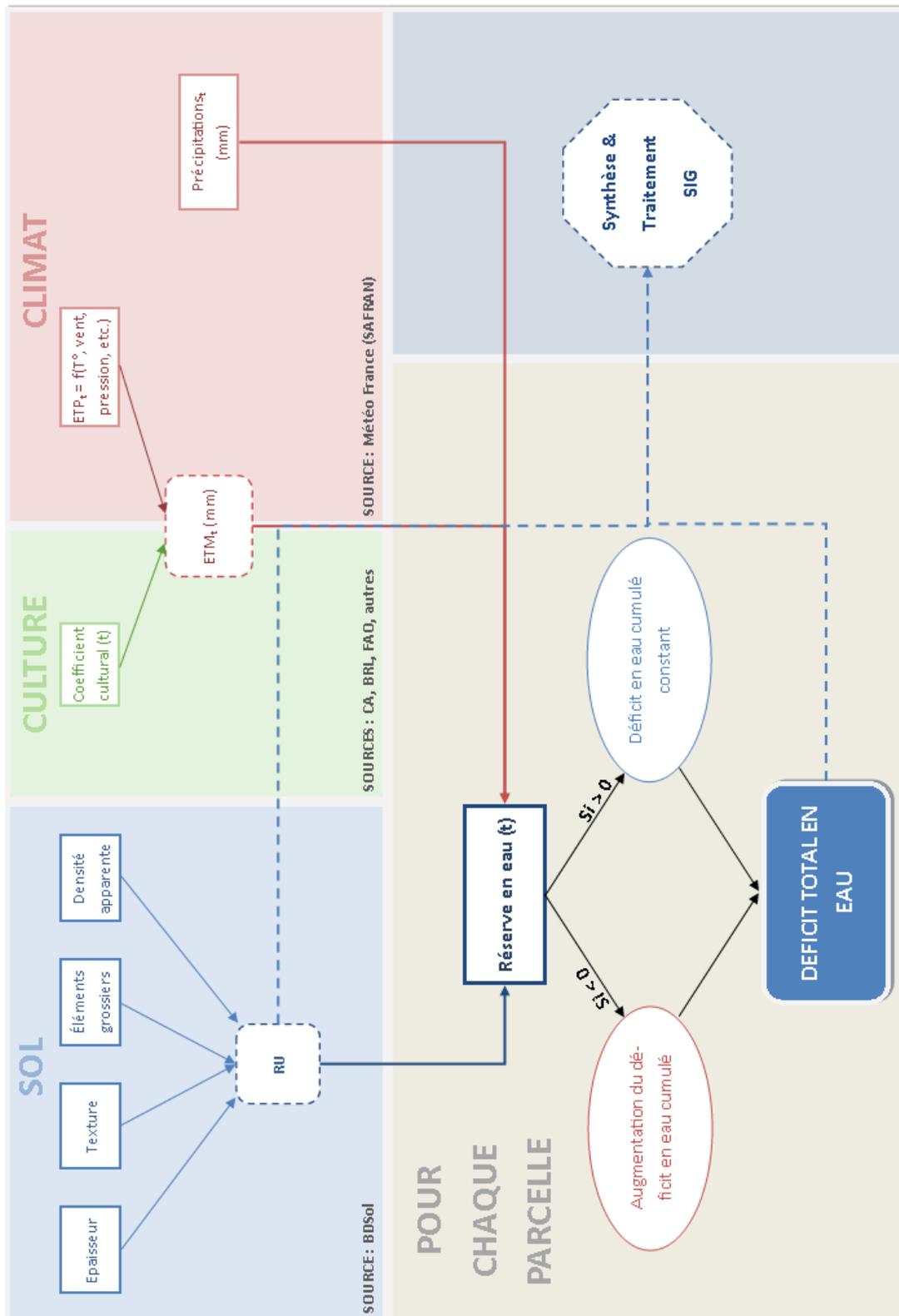
Classe de texture	Humidité % à la capacité au champ (pF=2.5)	Humidité % au point de flétrissement permanent (pF=4.2)	Eau utile %	Densité apparente	Réserve Utile (mm/cm) RU
S	8	3	5	1.35	0.7
SL	12	5	7	1.40	1.0
SA	19	10	9	1.50	1.35
LIS	15	7	8	1.50	1.20
LS	19	9	10	1.45	1.45
LmS	20	9	11	1.45	1.60
LSA	22	11	11	1.50	1.65
LAS	24	12	12	1.45	1.75
LI	17	8	9	1.45	1.30
Lm	23	10	13	1.35	1.75
LA	27	13	14	1.40	1.95
AS	33	22	11	1.55	1.70
A	37	25	12	1.45	1.75
AL	32	19	13	1.40	1.80
Alo (sédimentaire)	29	18	11	1.50	1.65
Alo (altération)	38	25	13	1.30	1.70



Triangle textural de l'Aisne (Jamagne et al, 1977)

Surfaces (en ha) par classe de déficit hydrique.

Déficit en m ³ /ha	Surfaces (ha)
Plus de 3 000	195
Entre 2 000 et 3 000	950
Entre 1 000 et 2 000	1235
Entre 500 et 1000	2086
Moins de 500	3172
Nul	17967



Annexe 8 : Reclassement des critères pour l'intérêt zonal

Pour les calculs d'aptitude zonale, les classes suivantes ont été déterminées pour chacun des facteurs. Sont également mentionné les valeurs de reclassement utilisées pour l'AHP (pour rappel plus la valeur est haute plus la classe est « favorable »).

Déficit hydrique :

Classe de déficit (m ³ /ha)	Reclassement
Nul	0
Entre 0 et 500	2
Entre 500 et 1000	5
Entre 1000 et 2000	7
Entre 2000 et 3000	8
Plus de 3000	9

Diversité d'usage :

Nombre d'usages	Reclassement
1	1
2	2
3	5
4	8
5	9
6	9

Nombre de contraintes :

Niveau de contrainte	Reclassement
0	9
1	7
2	5
3	3
4	0

Diversité d'agriculteurs :

Nombre d'agriculteurs	Reclassement
1	1
2	2
3	5
4	7
5	9
6	9
7	9
8	9

Annexe 9 : Cartes

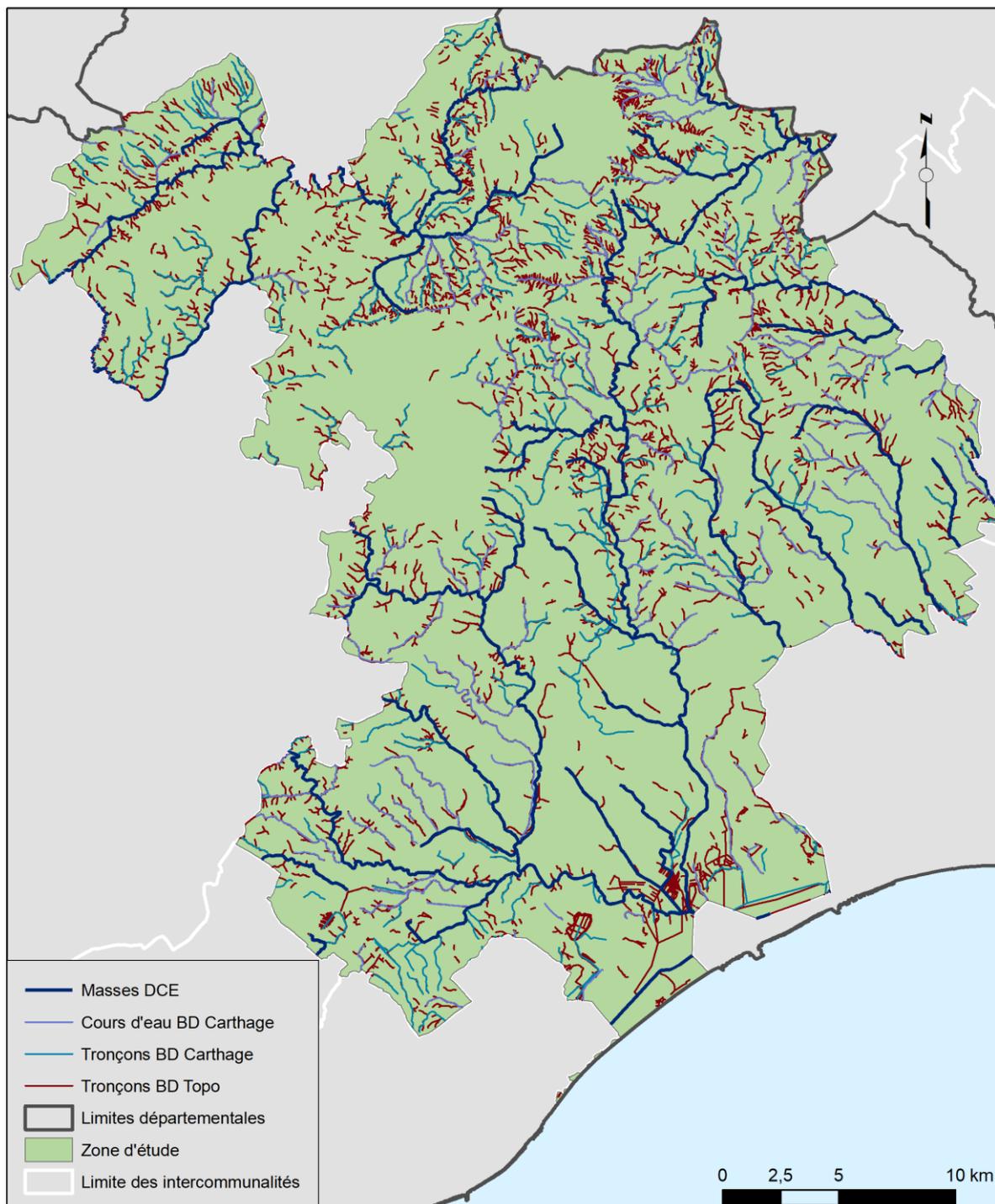
Carte 1 : Comparaison des masses d'eau selon la source de donnée considérée

Carte 2 : Occupation du sol sur le territoire d'étude

Carte 3 : Chemin de coût entre station et parcelle d'intérêt

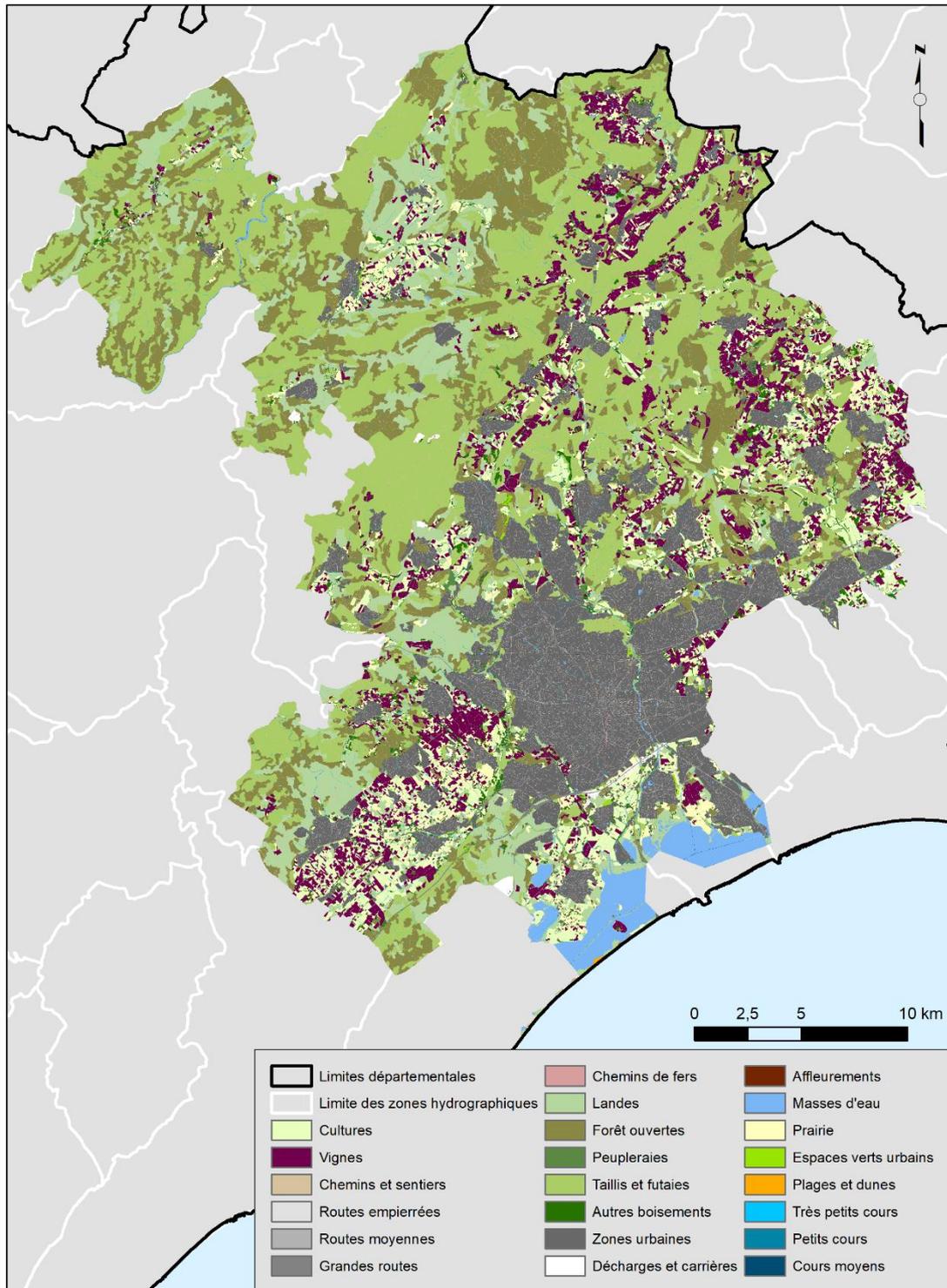
Carte 4 : Chemin de coût entre station et meilleures parcelles

Comparaison des masses d'eau selon la source de donnée considérée

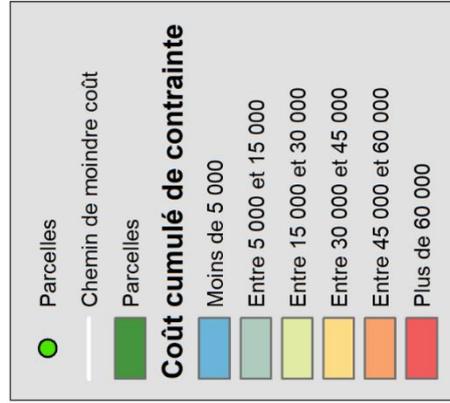
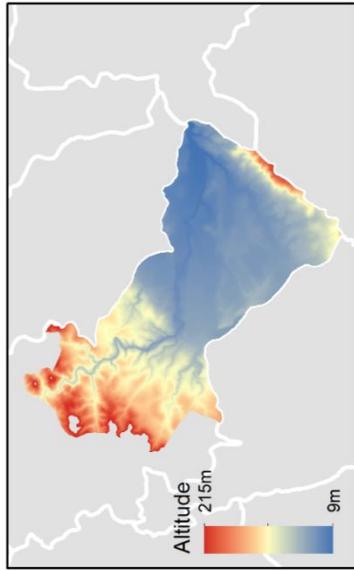


Réalisation : F. Hubert, IRSTEA Montpellier, UMR G-EAU, 2017.
Sources : IGN, WISE, OpenStreetMap

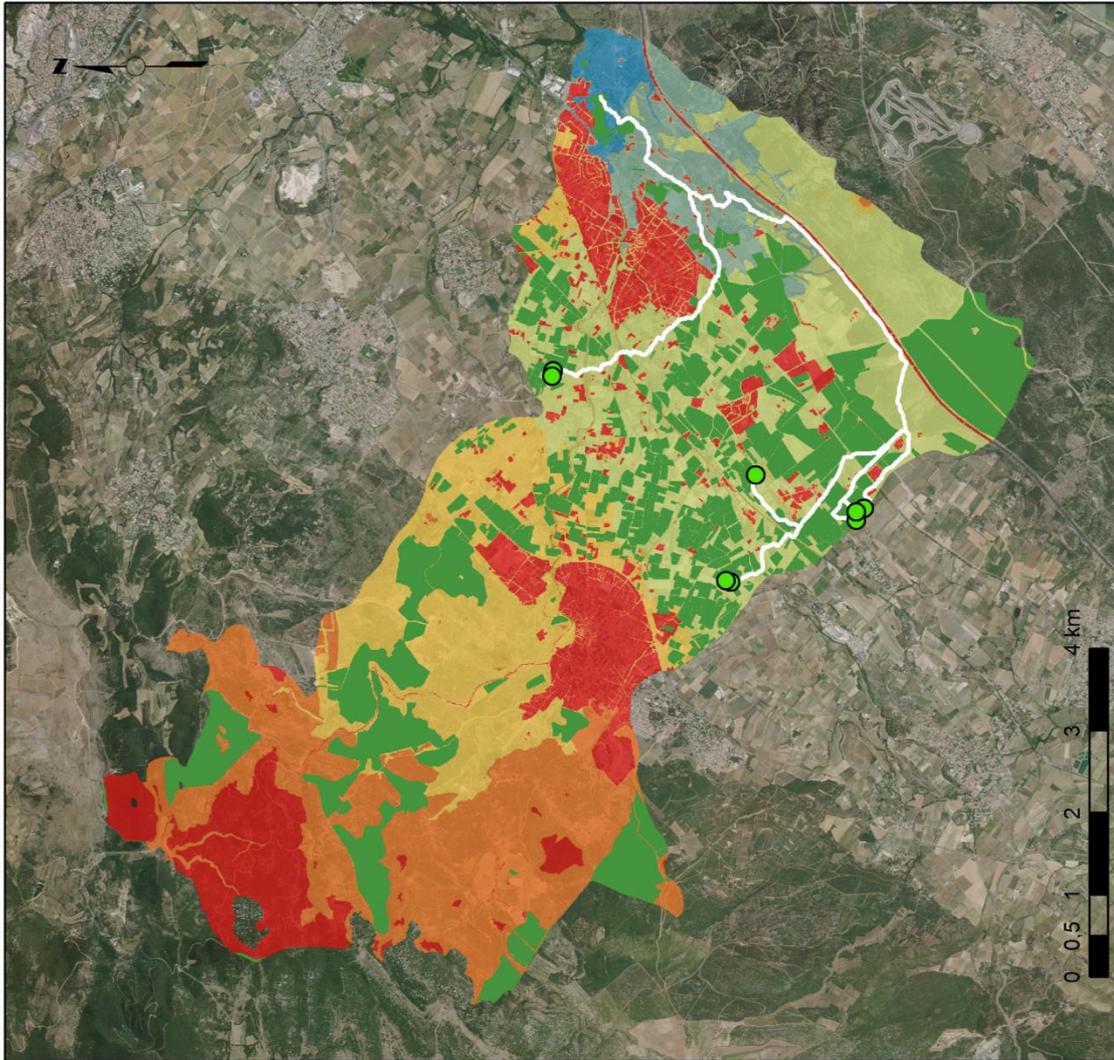
Occupation du sol sur le territoire d'étude



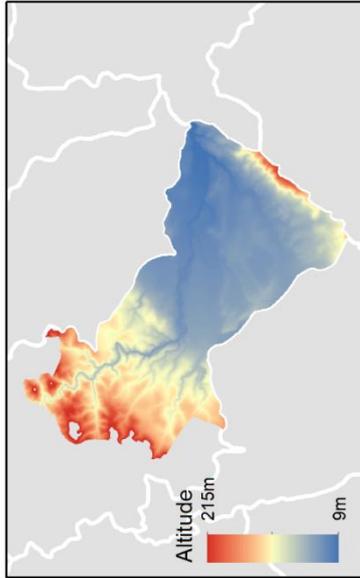
Chemin de moindre coût entre station et meilleures parcelles



Réalisation : F. Hubert, IRSTEA Montbellier, UMR G-EAU, 2017
Sources : BDSoil L-R, IGN, Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, SAFRAN, ASP, OpenStreetMap.
Fond : BD Ortho®



Chemin de moindre coût entre station et parcelles d'intérêt



- Chemin de plus faible coût
- Station d'épuration de Fabrègues
- Parcelles

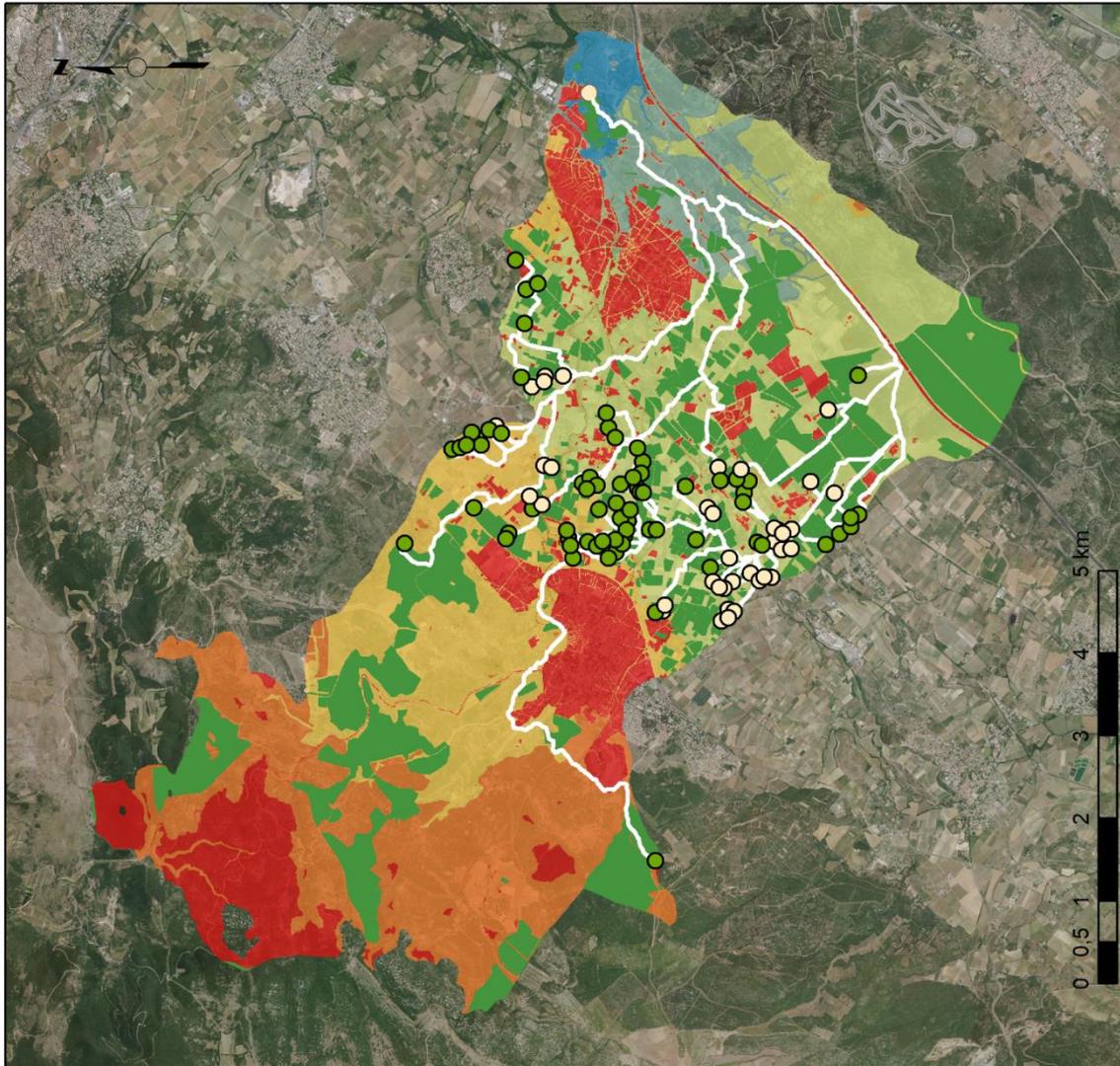
Parcelles à fort intérêt

- Non irriguées
- Irriguées

Coût cumulé de contrainte

- Moins de 5 000
- Entre 5 000 et 15 000
- Entre 15 000 et 30 000
- Entre 30 000 et 45 000
- Entre 45 000 et 60 000
- Plus de 60 000

Réalisation : F. Hubert, IRSTEA Montpellier, UMR G-EAU, 2017
Sources : BDSol L-R, IGN, Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, SAFRAN, ASP, OpenStreetMap.
Fond : BD Ortho®



Annexe 10 : Guide Méthodologique d'Analyse spatiales des potentialités de projets de REUT

PROJET SOPOLO : LA REUTILISATION DES EAUX USEES TRAITÉES : UNE SOLUTION POSSIBLE LOCALEMENT ?

PHASE 1 : ANALYSE SPATIALES DES POTENTIALITES DE PROJETS DE REUT

Guide Méthodologique (version QGIS 2.18.XX)

- Mars 2019 -

Florent Hubert – Myriam Campardon

PRESENTATION DU GUIDE

Le présent guide méthodologique a pour but d'offrir une présentation détaillée de la méthode développée dans le cadre du projet SoPoLo, relative à l'identification de site d'intérêt pour des projets de réutilisation d'eaux usées traitées à des fins d'irrigation. Ce document fait écho au premier rapport du projet SoPoLo (La REUT, une solution possible localement?) concernant une " Méthodologie d'analyse spatiale des potentialités locales de réutilisation des eaux usées traitées ". Contrairement au rapport, ce guide ne présentera pas de point de contexte ni d'analyse de résultats, en revanche seront présenté et illustrés les sources de données, principales définitions, étapes et outils utilisés. Cette version du guide présente le déroulé de la méthode au travers des logiciel QGIS (en version 2.18). Sont également utilisés (dans une moindre mesure) les logiciels R (3.4.X) et Microsoft Excel.

GLOSSAIRE

STEU : Système de Traitement des Eaux Usées

REUT : Réutilisation des Eaux Usées Traitées (à des fins d'arrosage ou d'irrigation)

Site : Dans le cadre présent un site représente une parcelle agricole ou un espace vert/sportif potentiel pour un projet de REUT.

Couche : On entend ici par couche un ensemble logique d'entités définis par leur forme, position et attributs. Une couche peut être vectorielle ou raster.

Entité : Unité indivisible d'une couche, pour les couches vectorielles ce peut être un polygone, une ligne ou un point, pour les couches raster c'est un pixel.

Raster : Couche « image » géoréférencée. Elle est composée d'un nombre entier de pixels de taille définie, traditionnellement carrés.

Vecteur : Objet géographique (surfaccique, linéaire ou ponctuel) délimité par des points (nodes, sommets) géo-localisés et reliés entre eux (polygones et lignes). Ces objets présentent des attributs rassemblés au sein d'une table attributaire.

Système de coordonnées : Système de référence permettant la localisation des objets géographiques selon des axes (3D ou 2D pour les systèmes projetés).

Table attributaire : Support de l'information sémantique des objets géographiques. Contient l'ensemble des attributs des entités des couches géographiques (ex : Aire, Périmètre, etc.).

Critères, facteurs, contraintes : Dans son ouvrage «*Analyse spatiale de l'information géographique* », Régis Caloz définit le critère comme « l'élément de base d'une décision relative à l'objectif de l'analyse décisionnelle. [...] ces critères se distribuent en deux groupes bien distincts : les facteurs et les contraintes. » (Caloz, Collet, 2011). Un facteur se comprend comme un critère influençant l'aptitude d'un objet (relative à l'atteinte d'un objectif) tandis qu'une contrainte discrédite ou non ce dernier en fonction de la modalité du critère. Si pour une analyse plusieurs critères sont pris en compte, on parle alors d'analyse multicritère.

SOMMAIRE

Présentation du guide	2
Glossaire	2
Sommaire	3
Objet d'étude.....	4
Présentation QGIS.....	5
Présentation générale	5
Modeleur graphique.....	7
Présentation de la méthodologie.....	9
Concept général et schémas.....	9
Sources de données.....	10
Préparation des données	11
Modèles	15
Limites et critiques de l'exercice	32
Et ensuite ?.....	33
Glossaire des algorithmes.....	36
Métadonnées.....	42

OBJET D'ETUDE

En assainissement, les eaux usées traitées (EUT), généralement restituées au milieu naturel en sortie de station, peuvent-être sous certaines conditions réutilisées à des fins alternatives telles que l'irrigation de parcelles agricoles, d'espaces verts ou encore de golfs. Les stations de traitement des eaux usées (STEU) deviennent alors une source d'eau alternative, concept connu sous le nom de réutilisation des eaux usées traitées (REUT ou wastewater reuse en anglais).

En tant que source d'eau alternative, la REUT suscite un intérêt croissant de la part d'institutions publiques, nationales et internationales, des gestionnaires de l'eau ou encore des organismes de recherche. En effet l'eau propre et l'assainissement font partie des 17 objectifs du développement durable de l'agenda 2030 et l'UNESCO a consacré son rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau 2017 sur la question de la réutilisation des eaux usées traitées, qu'elle identifie notamment comme « source abordable et durable d'eau, d'énergie, de nutriments, de matières organiques et d'autres sous-produits utiles. » dans un contexte où 80 % des eaux usées produites dans le monde ne sont pas traitées (Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau, 2017)

Motivée par les questions d'économies en eau et de préservation des milieux sensibles, l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse (AE RMC) a lancé en 2015 un appel à projet afin de consolider les connaissances sur le sujet.

C'est dans ce contexte que l'UMR G-EAU (IRSTEA Montpellier), en association avec les Communautés de Communes du Grand Pic Saint-Loup et de Montpellier Méditerranée Métropole, la Chambre d'Agriculture de l'Hérault et le Conseil Départemental de l'Hérault a répondu à cet appel en se portant pilote du projet SoPoLo (« La réutilisation des eaux usées traitées : une Solution Possible Localement ? ») visant à « mieux caractériser la demande en EUT, les attitudes et perceptions des décideurs, usagers et consommateurs finaux » sur un territoire test composé des deux communautés de communes. En particulier le manque de méthodologie d'étude globale de ces différents critères est souvent identifié comme un frein majeur pour le développement des projets de réutilisation des eaux usées traitées puisqu'un tel outil faciliterait la compréhension et l'évaluation des différents projets par les décideurs.

Parmi les différentes questions identifiées celle de l'analyse des potentialités spatiales de projet de REUT constitue le premier axe du projet SoPoLo. L'objectif étant d'aboutir à une méthodologie permettant de répondre aux différentes interrogations soulevées en lien avec la dimension spatiale de projets de REUT. La zone d'étude utilisée pour le développement de la méthode est constituée des territoires respectifs de la Communauté de Communes du Grand Pic Saint-Loup et de Montpellier Méditerranée Métropole.

Le présent document a pour objet de présenter les principaux résultats méthodologiques au travers de modèles de traitement (algorithmes) développés sous QGIS 2.18.

PRESENTATION QGIS

L'objet de cette section est de fournir une présentation succincte de QGIS (interface, représentation cartographique, modeleur). Elle se destine donc aux utilisateurs novices, les « habitués » peuvent donc ignorer cette section pour passer à la suivante.

N.B : La méthode et les algorithmes tels que présentés sont prévus pour fonctionner avec la version 2.18 de QGIS avec GRASS 7.

PRESENTATION GENERALE

QGIS est un logiciel libre de SIG (Système d'Information Géographique), permettant par définition la visualisation, manipulation et création de données géographiques (géométrie, sémantique et topologique). L'objectif de la première tâche du projet SoPoLo étant de développer une méthode pour l'identification de sites potentiellement intéressants pour la REUT, QGIS est un outil particulièrement adapté pour cet exercice. Ce dernier peut être téléchargé sur son site officiel à l'adresse suivante : <https://www.qgis.org/fr/site/>.

DOCUMENTATION

QGIS dans sa version 2.18 dispose d'une documentation relativement conséquente néanmoins pas intégralement traduite en français : <https://docs.qgis.org/2.18/fr/docs/index.html>

Notamment sont très utile pour tous novices :

<i>Premiers pas</i>	https://docs.qgis.org/2.18/fr/docs/user_manual/introduction/getting_started.html
<i>Présentation de l'interface</i>	https://docs.qgis.org/2.18/fr/docs/user_manual/introduction/qgis_gui.html
<i>Outils généraux</i>	https://docs.qgis.org/2.18/fr/docs/user_manual/introduction/general_tools.html
<i>Gestion des données</i>	https://docs.qgis.org/2.18/fr/docs/user_manual/managing_data_source/index.html
<i>Boîte à outils</i>	https://docs.qgis.org/2.18/fr/docs/user_manual/processing/toolbox.html

Il est recommandé de prendre en main le logiciel avant de se lancer dans les manipulations directes de la méthode. Pour ce faire il existe de nombre tutoriels sur le net, en anglais ou en français avec des jeux de données test (ex : <http://cours-fad-public.ensg.eu/>, site de l'ENSG - <http://sigea.educagri.fr/tutoriels-de-logiciels-sig/qgis/>, site de SIGEA).

CARTES : STYLE ET MISE EN PAGE

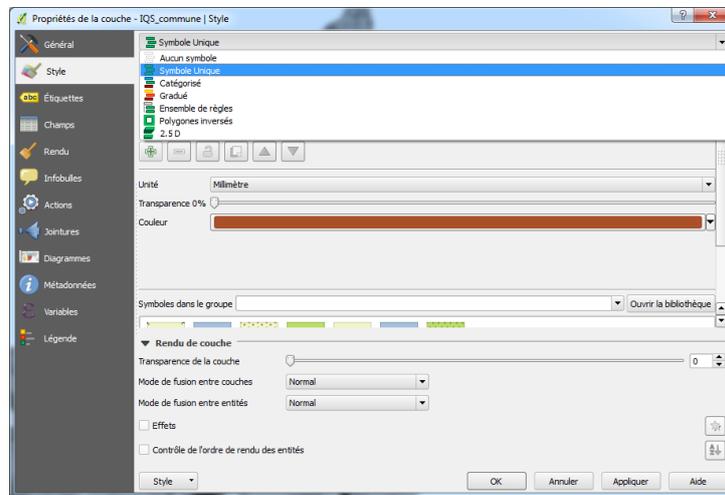
QGIS permet de produire des cartes à l'aide d'un [composeur d'impression](#), permettant la mise en forme des données, l'ajout d'éléments (tables, échelle, cadre, texte, rose des vents, etc.) et leur export (format pdf, png, svg et autres). Celui-ci est accessible à partir de l'onglet Projet ou en raccourci avec les touches Ctrl+P.



Mais avant d'explorer le composeur il est important de savoir que l'on peut sous QGIS modifier l'apparence des jeux de données, qu'ils soient vecteur ou raster, selon leur propriétés (table attributaire ou valeur des pixels). Cette apparence peut être modifiée dans l'onglet Style des propriétés des couches (accessible dans les propriétés par clic droit sur la couche) ou dans le

panneau Style de Couche (ouvert par défaut dans QGIS, sinon dans l'onglet Vue -> Panneaux -> Style de Couche).

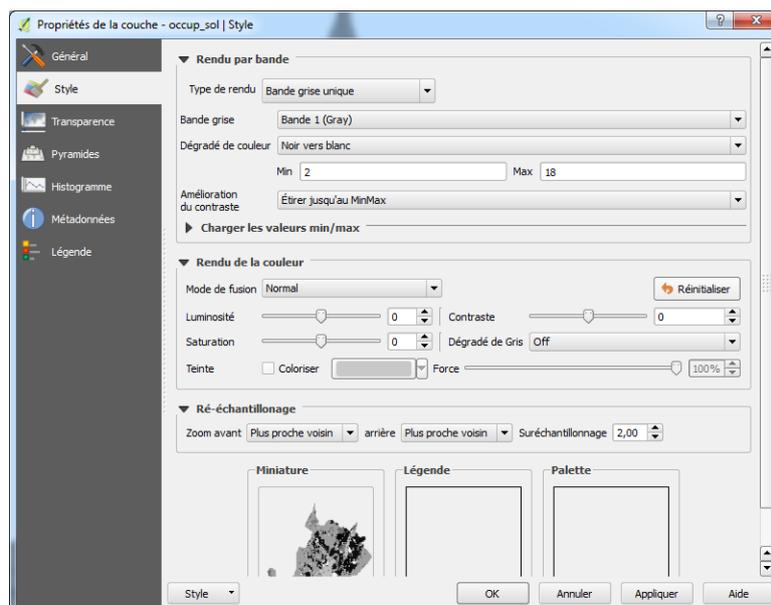
Onglet Style pour une couche vectorielle :



Pour les vecteurs le principe du Style est de générer des symboles qui seront l'apparence des entités à l'écran. Ce symbole est classiquement composé d'un fond et d'un contour, mais il est possible d'y ajouter de nombreux éléments (lignes, points, étoile, etc) ou de modifier les couleurs (dégradé, transparence, épaisseur de contour, etc). On trouve également des symboles préconfigurés. N'hésitez pas à explorer les possibilités, c'est le meilleur moyen de comprendre le fonctionnement de l'outil.

Il est possible de définir des styles catégorisés (pour des attributs nominaux ou ordinaux, par exemple un type de sol, un nombre de culture) et des styles gradués (pour des attributs continus, comme une hauteur de précipitation annuelle).

Onglet Style pour une couche raster :



Le style des couches raster se base sur les valeurs des pixels d'une ou de plusieurs bandes (type photo aérienne avec bandes RVB). Il est possible de choisir un rendu en bande grise unique

(dégradé noir/blanc), en bandes multiples (RVB), en palette (si les couches raster possède une information de palette intégrée), ombrage ou pseudo-couleur à bande unique (carte de chaleur, occupation du sol) où il est possible de régler les couleurs par valeur ou intervalle.

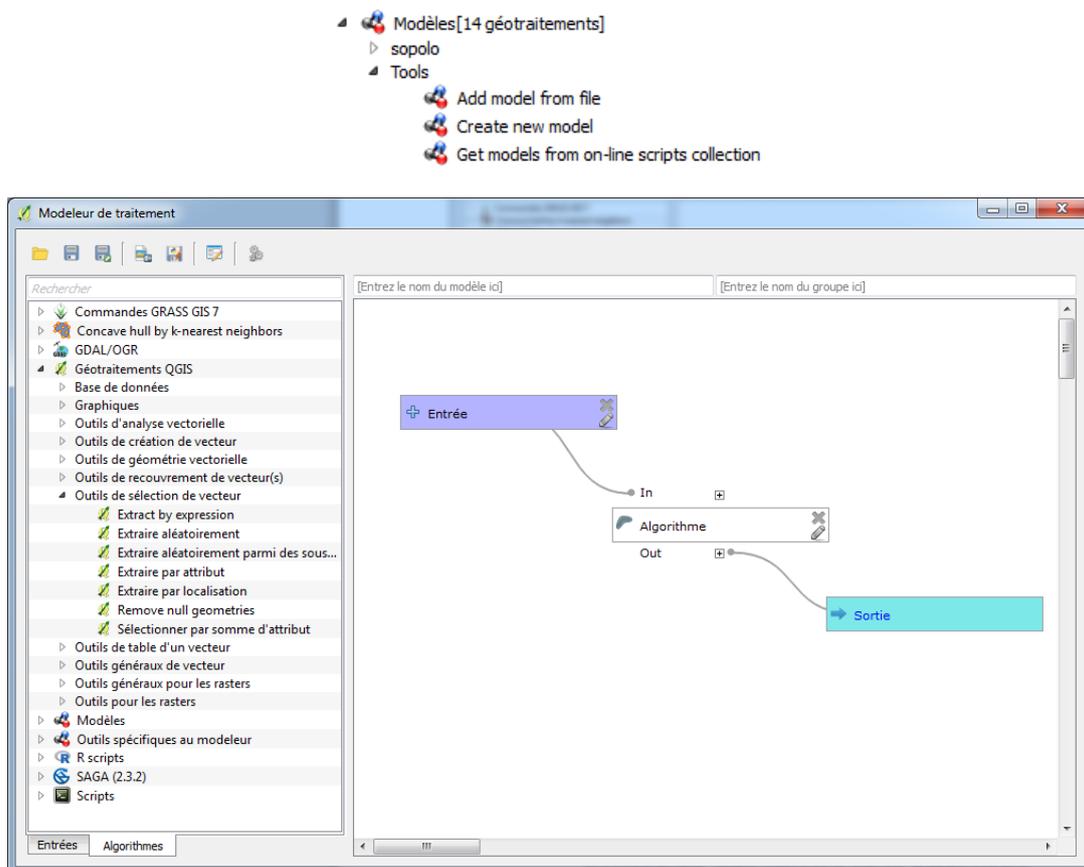
Il est possible de modifier les options de rendu de couche (teinte, saturation, contraste, etc) et de ré-échantillonnage (interpolation entre pixels, moyenne) permettant de « lisser » plus ou moins le raster.

MODELEUR GRAPHIQUE

Si vous avez explorés différents tutoriels de QGIS vous avez certainement dû être confrontés à des traitements, ces derniers étant des algorithmes manipulant des données en entrée pour produire un résultat (sortie). Par exemple l'algorithme Pente permet de calculer la pente (en % ou °) à chaque pixel à partir d'un MNT (Modèle Numérique de Terrain, raster « d'altitude ») ou encore Distance tampon fixe permettant de créer une zone tampon d'une taille déterminée autour d'un vecteur.

Si dans le cas général l'utilisateur de QGIS utilise ces traitements de manière anecdotique il existe des situations où il faut répéter plusieurs traitements un grand nombre de fois. Auquel cas la manipulation se révèle longue et répétitive.

Pour pallier à cette éventualité QGIS met à disposition des utilisateurs un modeleur graphique, outil permettant de créer des modèles où l'on définit entrées, algorithmes et sorties. Pour ceux connaissant le terme, ce modeleur se rapproche d'un ETL (Extract, Transform, Load). Ce dernier se présente dans la forme suivante (y accéder en cliquant sur *Create new model* dans la boîte à outils de traitements) :



On y trouve une fenêtre de visualisation de l'algorithme, à gauche un onglet où l'on trouve les différents traitements disponibles sous QGIS ainsi que les entrées définissables (passer d'un onglet à l'autre en cliquant sur les noms en bas). Sur la partie haute les différents boutons permettent l'enregistrement des modèles, leur export en image (pour documentation) ou en script python (pour retravailler avec plus de flexibilité moyennant des connaissances python). Le bouton  permet d'éditer l'aide du modèle (qui s'affiche sur la droite en lançant le modèle et explique le but du modèle ainsi que les entrées/sorties prévues). Enfin  lance le modèle.

Dans les modèles les entrées et traitements présentent des icônes , la croix permettant de supprimer l'entrée/traitement et le crayon pour la/le modifier. L'aide de QGIS pour le modéleur est disponible à l'adresse suivante : https://docs.qgis.org/2.18/fr/docs/user_manual/processing/modeler.html

Dans le cadre de la première phase du projet SoPoLo, un certain nombre de modèles ont été créés pour faciliter la mise en place et l'application de la méthode.

PRESENTATION DE LA METHODOLOGIE

Cette section présente la méthodologie développée dans le cadre du projet SoPoLo, en abordant tout d'abord le concept sous-jacent avec l'aide de schémas, quelques remarques, les sources de données utilisées, leur préparation et les modèles.

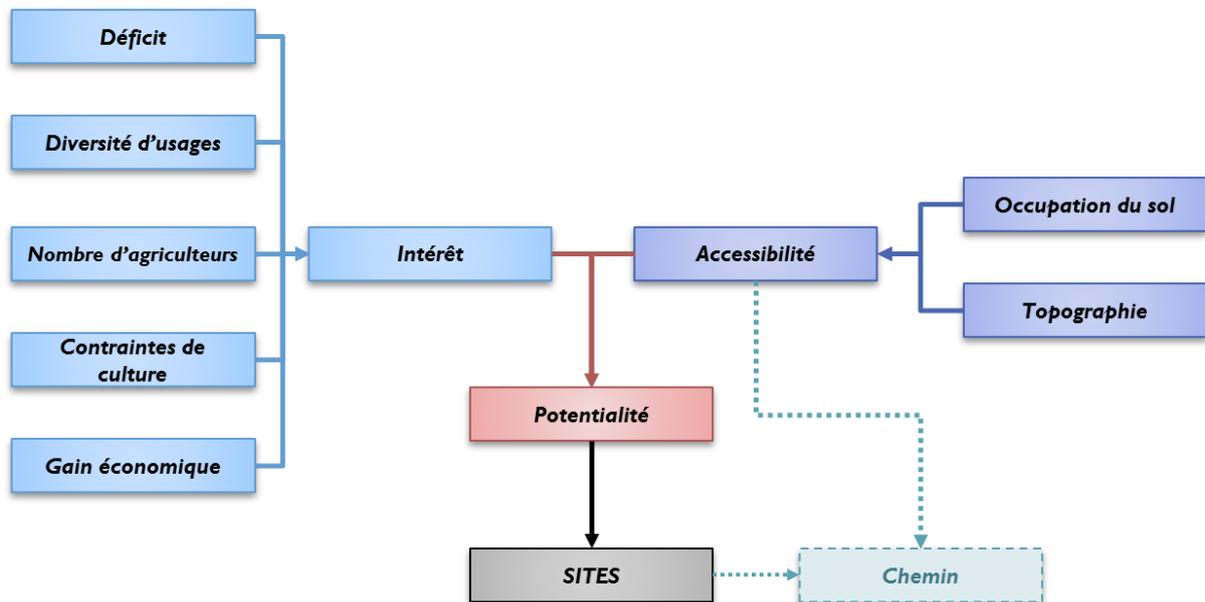
CONCEPT GENERAL ET SCHEMAS

L'objectif de la première phase du projet SoPoLo est de permettre l'identification de sites potentiellement intéressants pour la REUT. Ces sites, surtout représentés par le parcellaire agricole, doivent présenter des caractéristiques intéressantes pour favoriser les chances de réussite de projets de REUT. Ils doivent de plus rester accessibles par rapport à la station d'épuration pour limiter les coûts liés au transport de l'eau entre le STEU et la parcelle.

La méthode repose donc sur deux axes (ou indicateurs) principaux :

- L'intérêt (construit à partir de critères liés à la culture) reflétant les caractéristiques liées au site pouvant être recherchées dans un projet de REUT (besoin en eau, usages, gains, inégalités spatiales d'accès à l'eau)
- L'accessibilité au STEU, reflétant la facilité avec laquelle on peut rejoindre le site à partir de la station, dépend de la topographie et de l'occupation du sol.

Ces deux indices sont utilisés pour évaluer une potentialité (reliant les propriétés de la parcelle dans l'absolu à son positionnement par rapport à la STEU) à partir de laquelle on opère une sélection de site et identifie un chemin de moindre coût entre STEU et site :



On distingue ainsi plusieurs phases au sein de cette méthode :

- La construction des critères, qui passe par une normalisation des données en vue de leur croisement ainsi que de l'exploitation des données de bases pour leur calcul.
- Le calcul des deux indicateurs d'intérêt et d'accessibilité
- Leur combinaison pour obtenir l'indicateur de potentialité

- La sélection de site et la construction d'un chemin reliant site(s) à STEU.

Afin de faciliter la mise en place de la méthode la majeure partie de la méthode est sous forme d'algorithmes construits avec le modeleur graphique de QGIS. Ces algorithmes sont multiples pour pouvoir visualiser les résultats intermédiaires et faciliter le débogage en cas de problèmes.

Les différentes phases de la méthode seront précisées au fur et à mesure de la présentation des modèles. Les couches seront indiqués en souligné, les traitements *en italique*, les champs « entre guillemets » et les modèles **en gras**.

SOURCES DE DONNEES

Différentes sources de données ont été exploitées dans le cadre de la méthode, la majeure partie étant gratuite ou produite par des organismes publics (IGN, INRA, etc.) :

Couche	Type	Année	Echelle	Intérêt	Source/fournisseur
<u>Registre Parcelaire Graphique (niveau 4)</u>	Vecteurs	2014	1 : 5 000	Données sur les cultures à l'échelle parcellaire	ASP
<u>BD Topo®</u>	Vecteurs	2016	1 : 5 000	Entités géographiques et administratives du territoire	IGN
<u>Station d'épuration des eaux usées</u>	Points	2016	-	Localisation et informations sur les stations d'épuration	Ministère en charge de l'Environnement
<u>Occupation du sol 3M</u>	Vecteurs	2012	1 : 5 000	Espaces verts et structures sportives	3M
<u>Occupation du sol CCGPSL</u>	Vecteurs	2012	1 : 5 000	Espaces verts et structures sportives	CCGPSL
<u>BD Carthage®</u>	Vecteurs	2014	1 : 50 000	Référentiel national pour le repérage des entités hydrographiques de surfaces	IGN
<u>Référentiel masse d'eau DCE</u>	Vecteurs	2016	1 : 5 000 à 1 : 50 000	Référentiel d'évaluation de la DCE en France	Sandre
<u>Grilles SAFRAN</u>	Vecteurs	2016	-	Données météorologies interpolées sur le territoire d'étude	Météo France
<u>BDSOL L-R</u>	Vecteurs BDD Access	2012	1 : 250 000	Données pédologiques	INRA Orléans (diffusion SIG L-R)
<u>Documents d'urbanismes</u>	Vecteurs		1 : 5 000 à 1 : 50 000	Zones urbaines et à urbaniser	3M, CCGPSL
<u>Indice de Qualité des Sols</u>	Vecteurs	2015	1 : 250 000	Indicateur de potentiel agronomique des sols pour les cultures	DRAAF Occitanie/ BDSol L-R
<u>Périmètres de Protection Rapprochés</u>	Vecteurs	-		Délimitation des périmètres de protections rapprochés des captages AEP	3M
<u>MNT</u>	Raster	2013	5m	Données sur l'altitude	RGE Alti® IGN
<u>BD Forêt V1</u>	Vecteur	2014	1 : 50 000	Délimitation des espaces boisés	IGN
<u>OSO CESBIO</u>	Raster	2016	20m	Occupation du sol (télédétection)	CESBIO

Une présentation plus détaillée des couches est disponible dans la section Métadonnées.

FICHER TEXTES ET EXCELS

Au cours de la méthode qui va être exposée un certain nombre de fichiers textes et Excel seront utilisés, la plupart d'entre eux sont formatés et certains contiennent des scripts permettant d'automatiser certains processus longs.

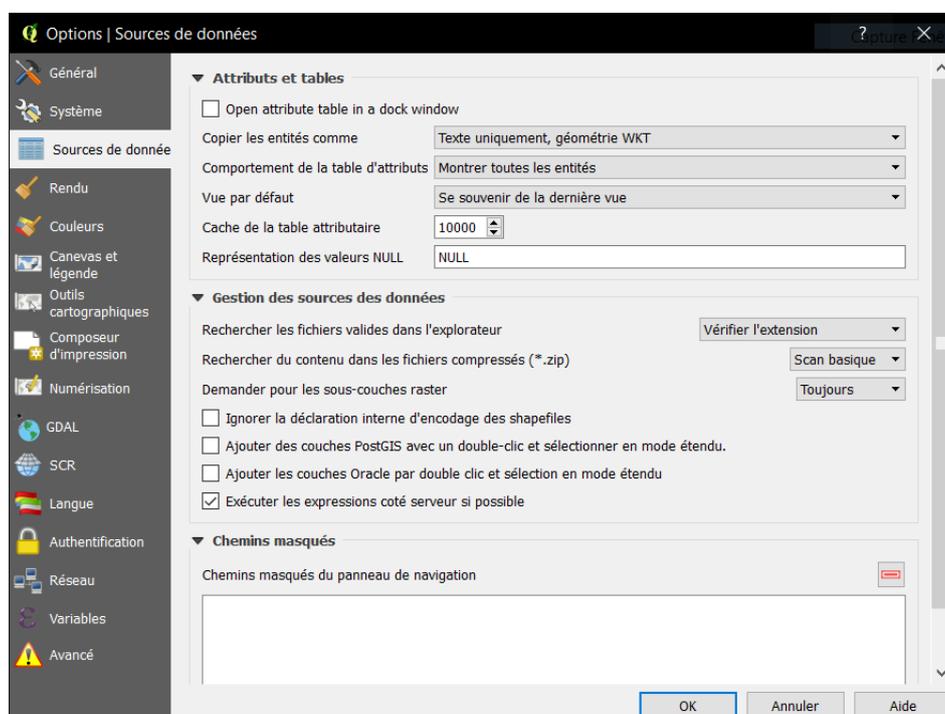
Les principales tables et fichiers (avec format) sont décrits ci-dessous :

Nom du fichier	Description
Interet_relatif_R.xlsm	Tableau à double entrée pour l'intérêt relatif
Access_reclass.txt	Table de reclassement de l'accessibilité
Cesbio_reclass.txt	Table de reclassement nomenclature CESBIO vers occupation du sol
Contr_IQS.txt	Table de jointure pour les contraintes de l'indice de qualité des sols
IQS_reclass.txt	Table de reclassement de l'indice de qualité des sols
Occup_reclass.txt	Table de reclassement de l'occupation du sol
Pente_reclass.txt	Table de reclassement des pentes
Table_deficit.txt	Table de reclassement du déficit
Table_exp.txt	Table de reclassement du nombre d'exploitant
Table_usage.txt	Table de reclassement du type d'usage
Rpg_usage.csv	Table de jointure entre RPG et type d'usage agricole
Largeur_route.csv	Table de jointure contenant les informations d'emprise routière

PREPARATION DES DONNEES

REMARQUES GENERALES ET PRECAUTIONS

Veillez à lancer le logiciel en tant qu'administrateur sans quoi les modèles ne fonctionneront pas. Avant l'application de la méthode, veuillez à décocher l'option « Ignorer la déclaration interne d'encodage des shapefiles » dans les options QGIS :

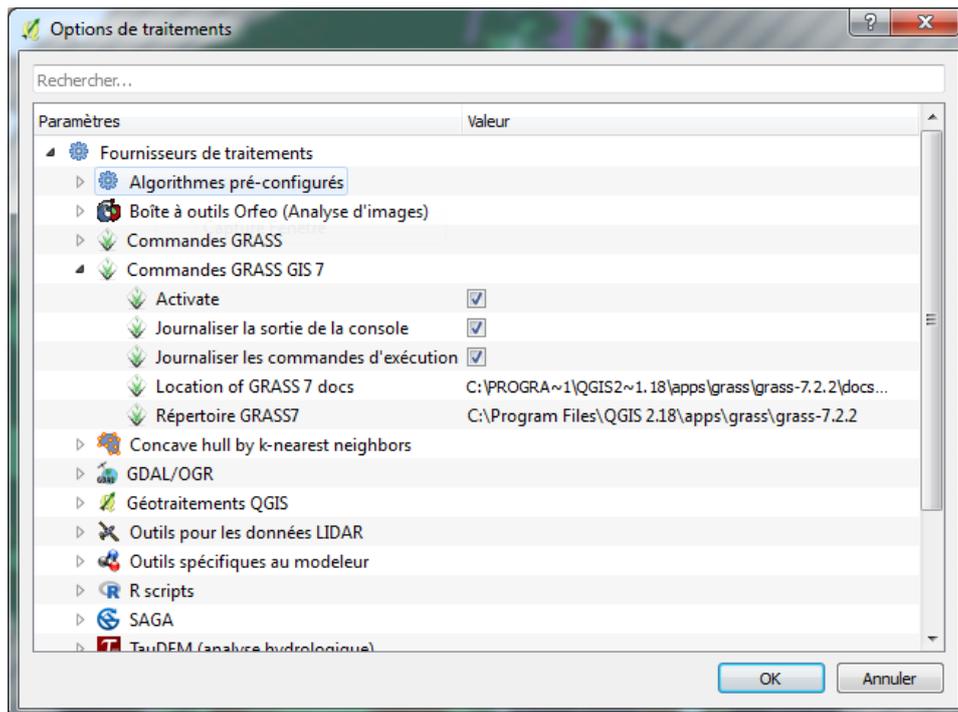


Désactivez également la reprojektion à la volée dans les options SCR. Veillez à ce que les fournisseurs de traitement GRASS, SAGA, GDAL/ORG et R soient activés et paramétrés.

Les traitements utilisés sous QGIS fonctionnant sous Python et PyQt, certaines erreurs peuvent être occasionnées si les fichiers ou leur chemin d'accès contiennent accents et/ou espaces. Il est recommandé d'éviter ces derniers lors de la création/manipulation de données.

FOURNISSEURS DE TRAITEMENT

Dans sa version 2.18 QGIS intègre différents fournisseurs de traitement dans son environnement (GRASS, SAGA, GDAL, OGR pour citer les principaux). Ceux-ci doivent être activés dans le menu Traitement > Options. Rechercher les fournisseurs GRASS GIS 7, SAGA, R script s et GDAL/OGR et cliquer sur Activer :



EXTENSIONS

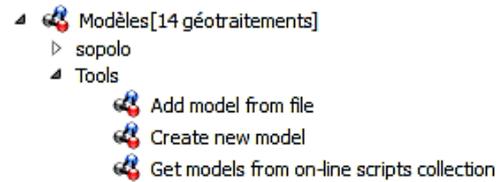
QGIS permet l'installation d'extensions permettant l'ajout de nouvelles fonctionnalités et/ou traitements pouvant être utiles. Dans le cadre de cette méthode a été fait appel à l'extension *Concave Hull* permettant le calcul d'une enveloppe concave autour d'entités avec possibilité d'utiliser la table attributaire pour définir différentes enveloppes.

L'installation d'extensions se fait par l'onglet Extension > Installer/Gérer les extensions. Rechercher *Concave Hull* et cliquer sur installer.

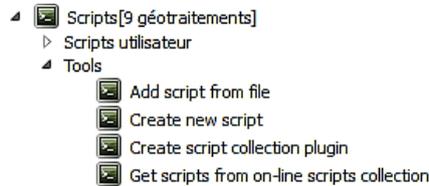
Note : L'extension *Group Stats* est également utile pour l'analyse des résultats produits en permettant le calcul de statistiques à partir des données de table attributaire (sous forme de table pivot comme sous Excel).

CHARGER LES MODELES ET SCRIPTS

Les différents modèles et scripts utilisés pour cette méthode doivent être ajoutés aux outils de traitement de QGIS pour pouvoir les exécuter.



Dans la fenêtre boîte à outils de traitements il est possible d'ajouter modèles et scripts python à partir des onglets « Modèles » et « Scripts » en cliquant sur « Add model (script) from file ».



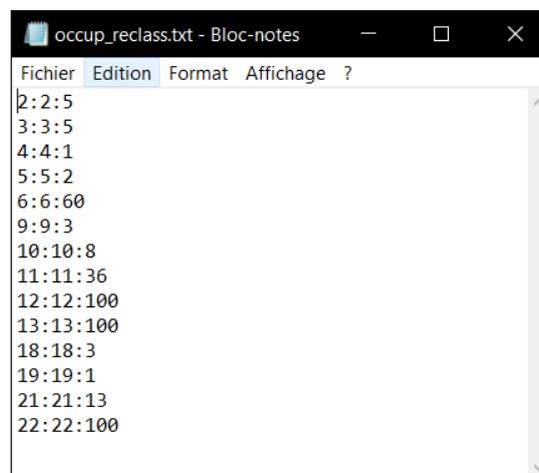
Les scripts R doivent eux être copiés dans le répertoire de scripts R (format .rsx) : « C:\Users\Utilisateur\.qgis2\processing\rscripsts »

Une fois chargés les modèles apparaissent de la façon suivante dans l'onglet « Modèles » :



TABLES DE RECLASSEMENT

Différentes tables de reclassement (permettant la modification des valeurs d'une couche suivant des règles prédéfinies) seront utilisées tout au long des modèles (voir section ci-dessus). Celles-ci présentent un formatage particulier, exemple pour reclassement de l'occupation du sol :



La syntaxe des règles est la suivante : **VALEUR_MIN : VALEUR_MAX : VALEUR_NOUVELLE**

On définit des intervalles (valeurs minimales et maximales) pour la couche d'entrée et indique la valeur à renseigner en sortie. A noter que les intervalles peuvent contenir une seule valeur unique. Ou au contraire l'utilisation d'une « * » indique une borne infinie.

La syntaxe suivante existe aussi : **VALEUR_MIN : VALEUR_MAX : NOUVEAU_MIN : NOUVEAU_MAX**

Cette syntaxe permet par exemple de changer d'unité ou d'échelle dans les données raster (ex : Passer de °C en °F pour une carte de température moyenne)

Des tables de reclassement « par défaut » sont fournies dans les livrables, mais il est tout à fait possible d'en créer en suivant la syntaxe décrite auparavant.

CALCUL DU DEFICIT HYDRIQUE

Parmi les critères utilisés lors du développement de la méthode, le déficit hydrique des cultures est sans doute le plus complexe à obtenir.

Son calcul nécessite trois types de données : La réserve utile en eau des sols, les données de précipitation et d'évapotranspiration foliaire et le coefficient cultural des plants cultivés. Ces données sont fournies par défaut pour la zone test.

Le formatage est le suivant :

Table de réserve utile :

Nom de l'UCS	Valeur de RU (mm)
104A	250

Données météo :

ETP (mm)	Pluie (mm)
4.2	3.1

Kc (coefficient cultural) :

Code culture/n°jour	1 (1 ^{er} janvier)	2	3
21 (Vigne)	0	0.1	0.1
3 (Orge)	0.675	0.675	0.675

Les tables doivent être sous format .csv (séparateur point-virgule).

Exécuter alors sous R le script déficit en renseignant répertoire où se trouvent les tables, et le nom des tables.

Chemin (modifier à convenance) : `setwd("C:/SoPoLo/tables/Deficit")` (set working directory).

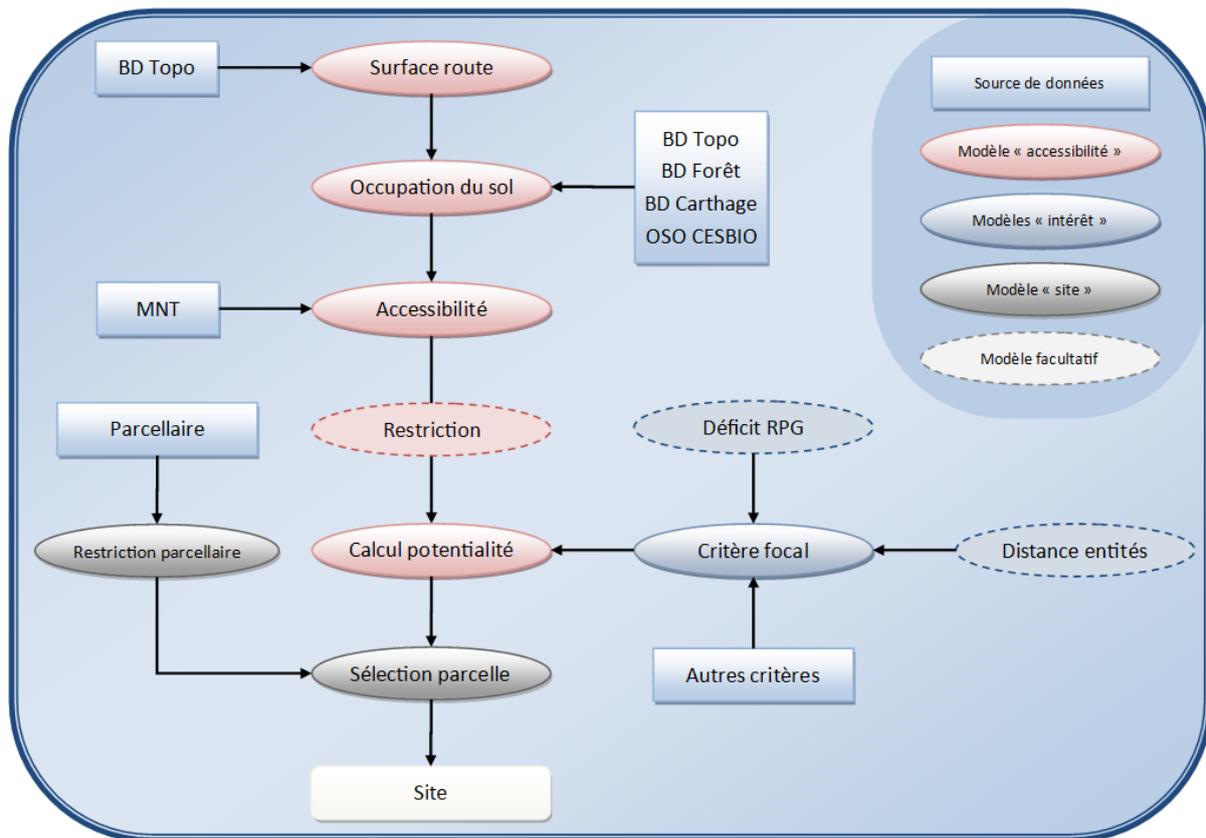
Nom des tables (modifier à convenance)

- `Kc <- read.csv2(file = "kc_jour.csv")`
- `RU <- read.csv2(file = "RU.csv")`
- `Meteo <- read.csv2(file="grid.csv")`

Sélectionner tout le code et cliquer sur « Run ». Un fichier contenant les déficits par combinaison de type de sol et de culture est créé dans le fichier renseigné. Un identifiant unique type 1_UCS_CULTURE est indiqué.

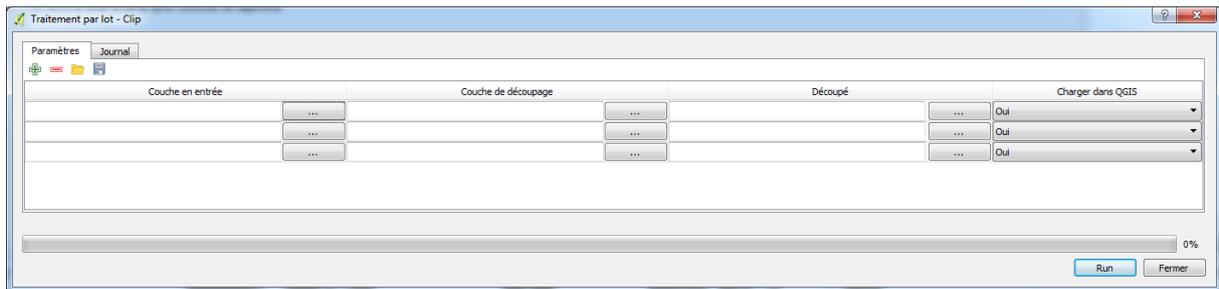
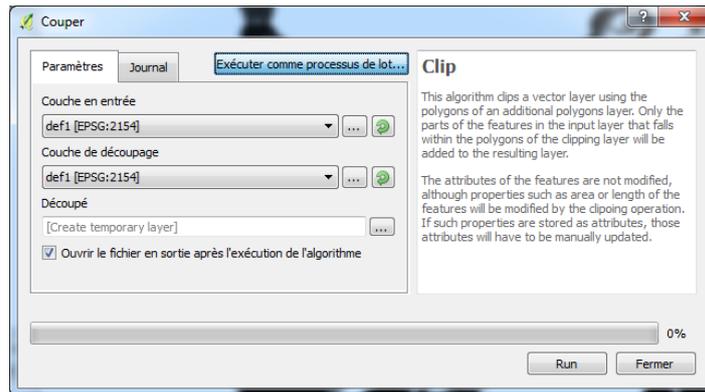
MODELES

Cette sous-section fait la présentation des différents modèles utilisés dans le cadre de la méthode. Le schéma suivant illustre de manière générale la façon dont les modèles s'enchaînent et se complètent :



POINT PREALABLE : EXECUTION PAR LOT

Pour chacun des modèles présentés dans cette section il est demandé de définir des entrées (couches, tables, champs, valeurs, etc...) et des sorties. Néanmoins il peut être souhaitable d'appliquer la méthode sur différents sites ou pour différents critères. Pour ce faire il est possible de lancer le modèle en « processus de lot », une opération qui itère l'algorithme autant de fois que l'on souhaite et permet de définir entrées et sortie pour chacune des itérations. Il suffit de cliquer sur le bouton « Exécuter comme processus de lot... » en haut à droite de la fenêtre de paramétrage du traitement :



Note : Lors du paramétrage d'une exécution en traitement par lot pour l'algorithme **Calcul de potentialité**, veillez à remplacer les « \ » par des « / » pour le chemin d'accès à la table de croisement et seulement pour celui-ci. Ceci est dû à une spécificité du langage R qui est utilisé. Ex : « C:\Documents\table_potentialite.csv » vers « C:/Documents/table_potentialite.csv »

OCCUPATION DU SOL

Comme mentionné dans la présentation du concept général de la méthode, l'occupation du sol est une composante requise dans le calcul d'indicateur d'accessibilité. Bien qu'il existe de nombreuses sources de données sur l'occupation du sol, la présente méthode requiert une information précise (échelle communale ou intercommunale) et qui puisse retranscrire une accessibilité, autrement dit la nomenclature doit présenter des classes permettant d'associer facilement une valeur de « friction » ou de contrainte de passage pour l'établissement d'un réseau d'eau brute par exemple. De plus l'information doit être facilement accessible et couvrir le territoire national.

Face au manque de données répondant à ces différents critères il a été choisi d'élaborer des modèles exploitant les données BD Topo®, BD Forêt® et BD Carthage®, des PLU (Plans Locaux d'Urbanisme) et d'un raster d'occupation du sol (OSO CESBIO) comme base pour construire une occupation du sol théorique pouvant être exploitée par la suite.

La nomenclature par défaut utilisée lors des tests est la suivante :

Code	Libellé	Source
1	Inconnu	-
2	Cultures	OSO CESBIO
3	Vigne	OSO CESBIO, BD Topo®
4	Vergers	OSO CESBIO
5	Chemins et sentier	BD Topo®
6	Route empierrée	BD Topo®
7	Route goudronnée petite	BD Topo®
8	Route goudronnée grande	OSO CESBIO, BD Topo®
9	Chemin de fer	BD Topo®
10	Landes	BD Forêt®

11	Forêt ouverte	BD Forêt®
12	Peupleraie	BD Forêt®
13	Taillis et futaies	BD Forêt®
14	Autres boisements	OSO CESBIO
15	Zone urbaine	OSO CESBIO, PLU
16	Affleurements	OSO CESBIO
17	Masse d'eau	BD Topo®
18	Prairies et pelouses	OSO CESBIO
19	Sables	OSO CESBIO
20	Très petit cours (0 à 15m)	BD Carthage®
21	Petit cours (15 à 50m)	BD Carthage®
22	Cours moyen (Plus de 50m)	BD Carthage®
23	Neige et glaciers	OSO CESBIO

A) RESEAU SURFACIQUE

Le réseau routier constitue un élément important dans l'analyse d'accessibilité dans la mesure où il peut constituer une contrainte forte (autoroute) ou au contraire une aubaine (chemin, sentier). Néanmoins l'information fournie dans la BD Topo® est linéaire, or pour pouvoir comparer l'ensemble des sources de données et calculer l'accessibilité il nous faut une information surfacique. De plus sous le nom « route » se cache une grande variabilité de voies de communication de revêtement et/ou de largeur variable. Il faut donc pouvoir exploiter ces deux informations.

Le modèle **Route surfacique** utilise en entrée le réseau routier, qu'il *découpe* à la zone d'étude voulue, puis *joint* une table contenant des informations de largeur. Une *zone tampon variable* est ensuite réalisée en utilisant la largeur renseignée par la table. On sépare enfin les routes des chemins. Est ajouté également un champ « cat » pour la nomenclature d'occupation permettant de différencier certaines sous catégories (chemin, route empierrée, route large, etc.).

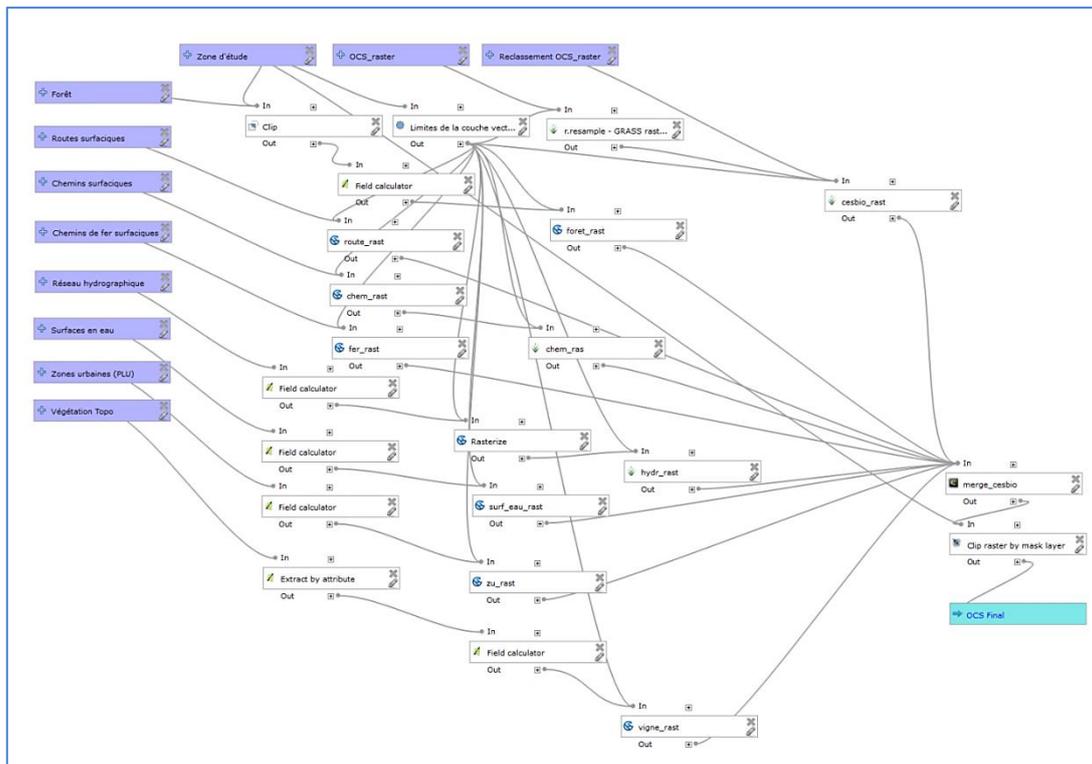
Entrées	Description
Routes	Description du réseau routier par la BD Topo® (ROUTE.shp)
Chemin de fer	Description du réseau de voies de fer par la BD Topo® (TRONCON_VOIE_FERREE.shp)
Zone d'étude	Zone d'étude
Table buffer	Table de jointure contenant les largeurs de route corrigées par le CEREMA (largeur_route.csv)

la couche (qui sera utilisée conjointement à un MNT d'une résolution de 5m) et faire apparaître les structures importantes pour l'accessibilité (routes, chemins, zones urbaines). Bien que le schéma du modèle ci-dessous soit difficile de lecture le principe est le suivant :

- Reclassement du raster d'occupation du sol CESBIO pour le faire correspondre à la nomenclature finale
- Chargement des couches vecteurs et ajout, si nécessaire, d'un champ « cat » contenant l'identifiant d'occupation selon la nomenclature finale
- Rastérisation des couches vectorielles
- Fusion des différents rasters les uns sur les autres selon un ordre prédéfini

L'ordre de fusion des couches est le suivant (superposition) : Chemins, routes, voies ferrées, réseau hydrographique, surfaces en eau, zones urbaines, vignes (BD Topo®), zones boisées (BD Forêt®), occupation du sol CESBIO.

Entrées	Description
Zone d'étude	Zone d'étude
OCS Raster	Occupation du sol raster (20m, CESBIO)
Table de reclassement OCS	Table de reclassement de l'occupation du sol (CESBIO) vers la nomenclature finale
Zone urbaine	Délimitation des zones urbaines (PLU)
Végétation Topo	Couvert végétal selon la BD Topo® (ZONE_VEGETATION.shp)
Voies ferrées	Surfaces en voies de fer (créé par modèle)
Routes	Surfaces en route (créé par modèle)
Chemins	Surfaces en chemins et sentiers (créé par modèle)
Surfaces en eau	Délimitation des surfaces en eau selon la BD Topo® (SURFACE_EAU.shp)
Réseau hydrographique	Tracé du réseau hydrographique selon la BD Carthage® (TRONCON_HYDROGRAPHIQUE.shp)
Forêt	Couvert végétale selon la BD Forêt® v1



Sorties	Description
OCS Final	Occupation du sol raster sur la zone d'étude

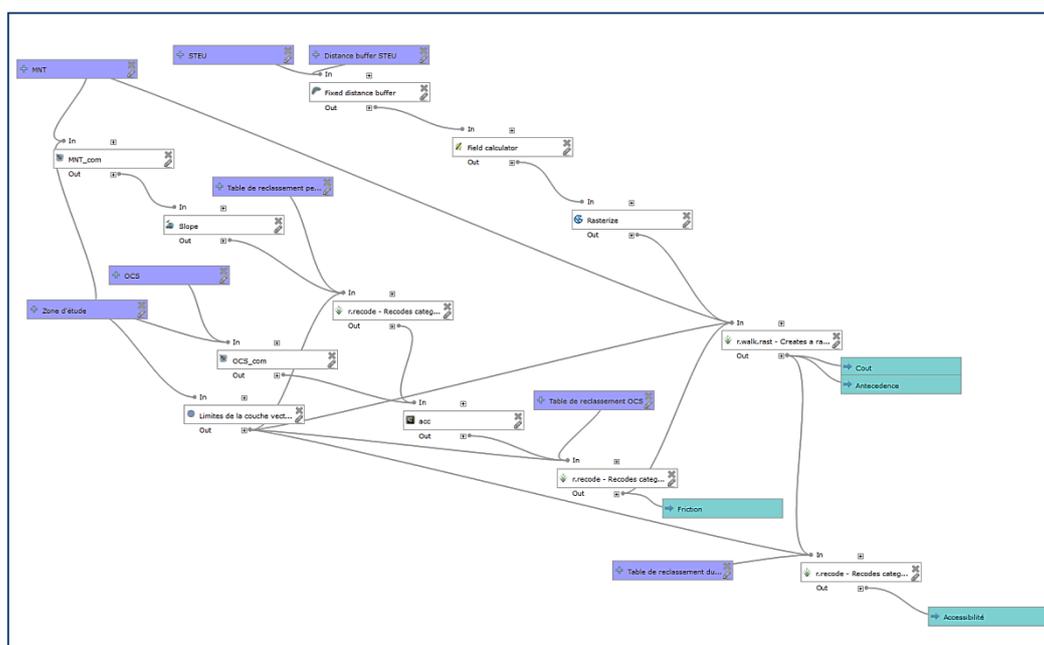
ACCESSIBILITE

Une fois l'occupation du sol rastérisée elle peut être utilisée pour le calcul d'accessibilité. Celle-ci se définit ici par la facilité avec laquelle on rejoint le STEU à partir de n'importe quel point de la zone d'étude. L'objectif est ici de produire une carte de coût (dont chaque pixel représente le coût minimal pour rejoindre le STEU) et une carte d'antécédence (dont chaque pixel représente la direction à prendre pour rejoindre le STEU suivant une logique de moindre coût).

Le processus est le suivant :

- Découpage d'un MNT et de l'occupation du sol à la zone d'étude
- Calcul des pentes à partir du MNT
- Reclassement des pentes pour isoler les zones de pentes fortes (supérieures à 45° par défaut)
- Ajout des zones de pentes fortes à l'occupation du sol
- Reclassement de l'occupation du sol obtenue en carte de friction (chaque pixel possède une valeur de coût)
- Calcul des cartes de coût et d'antécédente (traitement *r.walk.rast* de GRASS)

Entrées	Description
Zone d'étude	Zone d'étude
OCS	Couche d'occupation du sol rastérisée
STEU	Système de traitement des eaux usées (point)
MNT	Modèle Numérique de Terrain (5m)
Table de reclassement des pentes	Table de reclassement des pentes fortes
Table de reclassement OCS	Table de reclassement de l'occupation en friction
Distance buffer STEU	Taille de la zone tampon (« emprise » de la STEU)
Table de reclassement du coût	Table de reclassement du coût en indicateur d'accessibilité



Sorties	Description
Friction	Carte de friction
Coût	Carte de coût
Antécédence	Carte d'antécédence
Accessibilité	Carte d'accessibilité

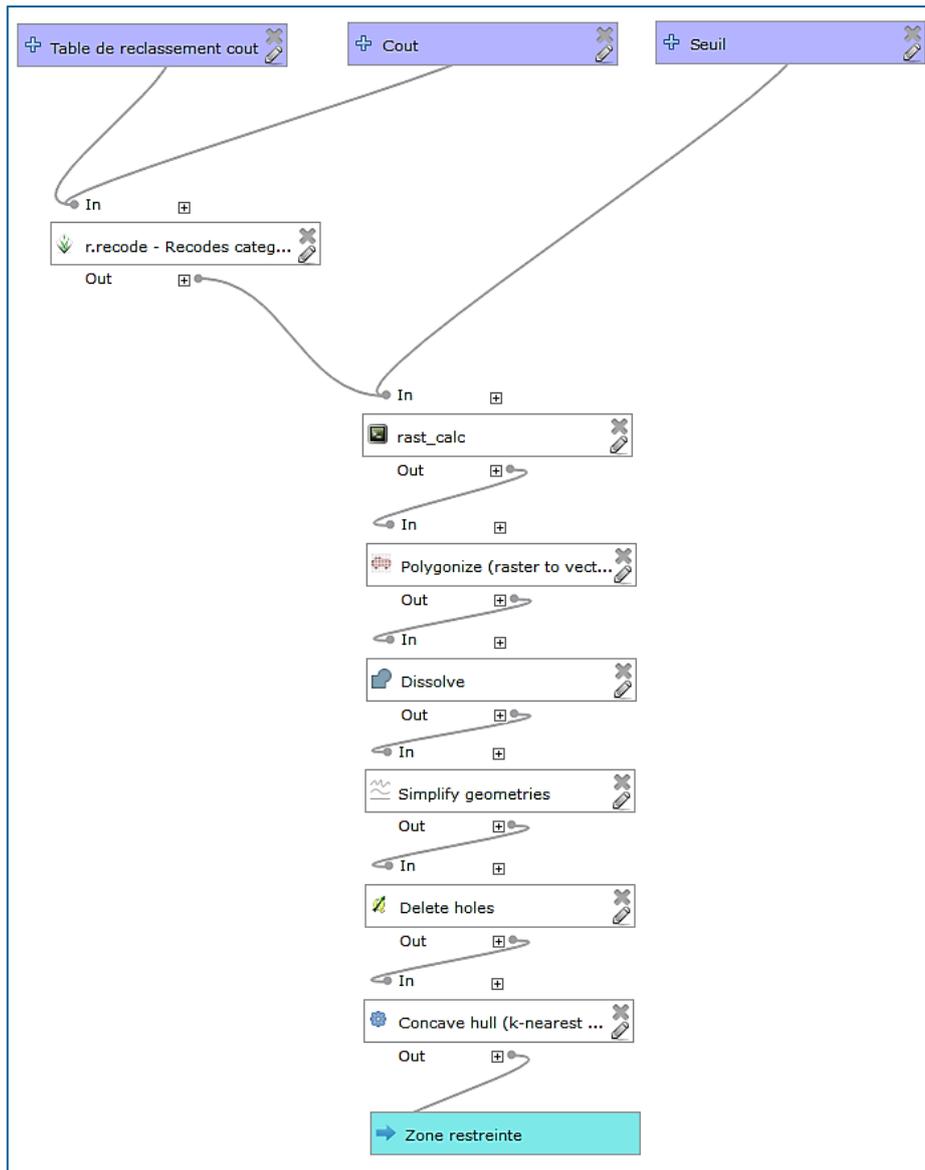
RESTRICTION ZONE D'ETUDE

Cette étape, purement facultative, permet de définir une zone d'étude plus restreinte à partir de l'accessibilité. L'objectif étant de pouvoir éventuellement compléter les données disponibles (parcellaire notamment) en se focalisant sur les zones à priori plus accessibles.

Le processus est le suivant :

- *Reclassement de la carte de coût en indicateur (1, très forte, à 6, très faible)*
- *Extraction des zones d'indice inférieur à un seuil d'accessibilité.*
- *Polygonisation des zones d'accessibilité voulue*
- *Dissolution/simplification du résultat, comblement des trous, enveloppe concave*

Entrées	Description
Coût	Carte de coût
Seuil	Seuil d'accessibilité
Table de reclassement coût	Table de reclassement de la carte de coût en indicateur



Sorties	Description
---------	-------------

Zone restreinte	Zone d'étude restreinte
-----------------	-------------------------

CRITERE

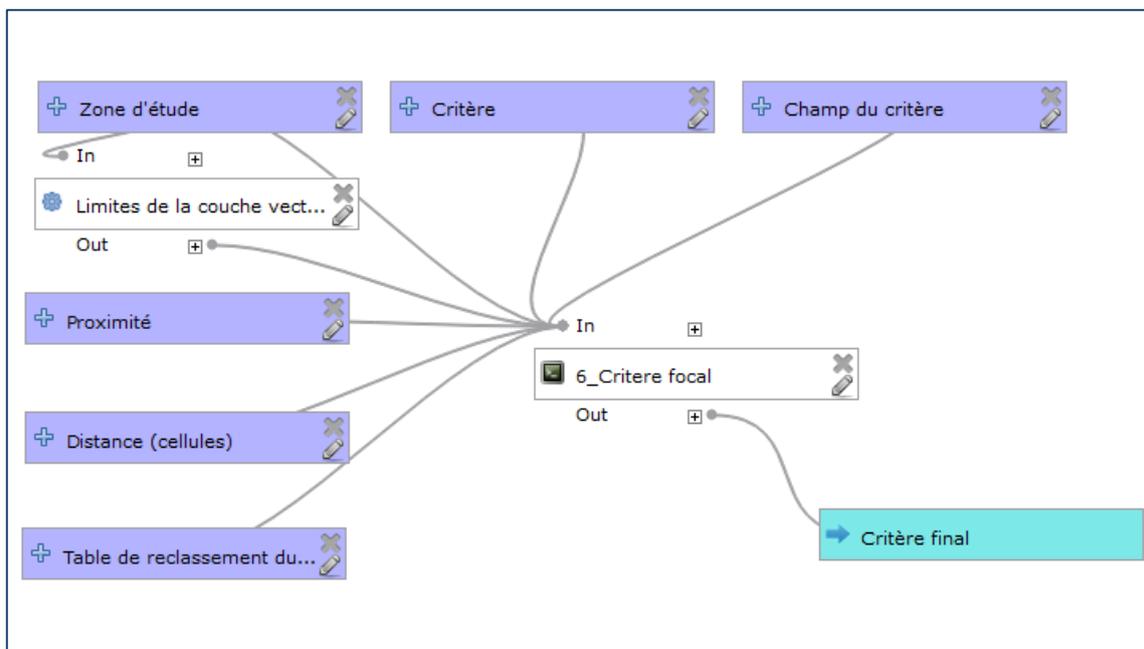
Une fois l'accessibilité calculée et mise en forme d'indicateur, il convient de préparer les données permettant le calcul de l'intérêt. Celui-ci se fait par le biais du croisement de différents critères dont nous allons exposer les modalités ici.

Pour rappel l'intérêt reflétant les caractéristiques liées au site pouvant être recherchées dans un projet de REUT (besoin en eau, usages, gains, inégalités spatiales d'accès à l'eau). Il est donc une somme pondérée des critères le définissant, eux-mêmes ordonnés selon les objectifs recherchés (ex : favoriser les besoins en eau moyens, éviter les zones avec peu d'usage). Il y a donc une double balance : au sein des critères et entre critères.

Si certains critères sont propre au parcellaire, d'autre font appel à des caractéristiques d'environnement (proximité) comme par exemple le nombre d'exploitants autour de chaque parcelle.

Le script **critère** permet pour chaque critère d'opérer un reclassement de 1 à 9 selon les situations plus ou moins préférentielles et l'export du résultat en raster pour le croisement entre critères. Il est également possible de choisir entre critère de proximité ou non. L'option de critère de proximité permet de réaliser un compte des valeurs uniques dans un voisinage de taille défini (option Distance en pixel de raster, par défaut 61 pour 150m : 1 pixel de centre et 30 pixels de 5m de chaque côté).

Entrées	Description
Zone d'étude	Zone d'étude
Critère	Couche vecteur contenant l'information du critère
Champ du critère	Champ de la couche vecteur contenant l'information du critère
Table de reclassement du critère	Table de reclassement des valeurs du critère (ou de leur diversité) vers une note (1 à 9).
Proximité	Booléen (critère de proximité ou non)
Distance (cellules)	Si le critère est de proximité, quel diamètre (en nombre de cellules) est utilisé pour le calcul de diversité ? ($nb_cellule = 2 * rayon(m) / resolution_raster + 1$)



Sortie	Description
Critère final	Critère reclassé de 1 à 9

Ex : Pour le critère « Nombre d'exploitants », on renseigne le parcellaire, le champ voulu est un identifiant d'exploitation, le critère est de type « proximité ». On définit également une table de reclassement qui pour chaque compte (nombre d'exploitant) donne une note de 1 à 9.

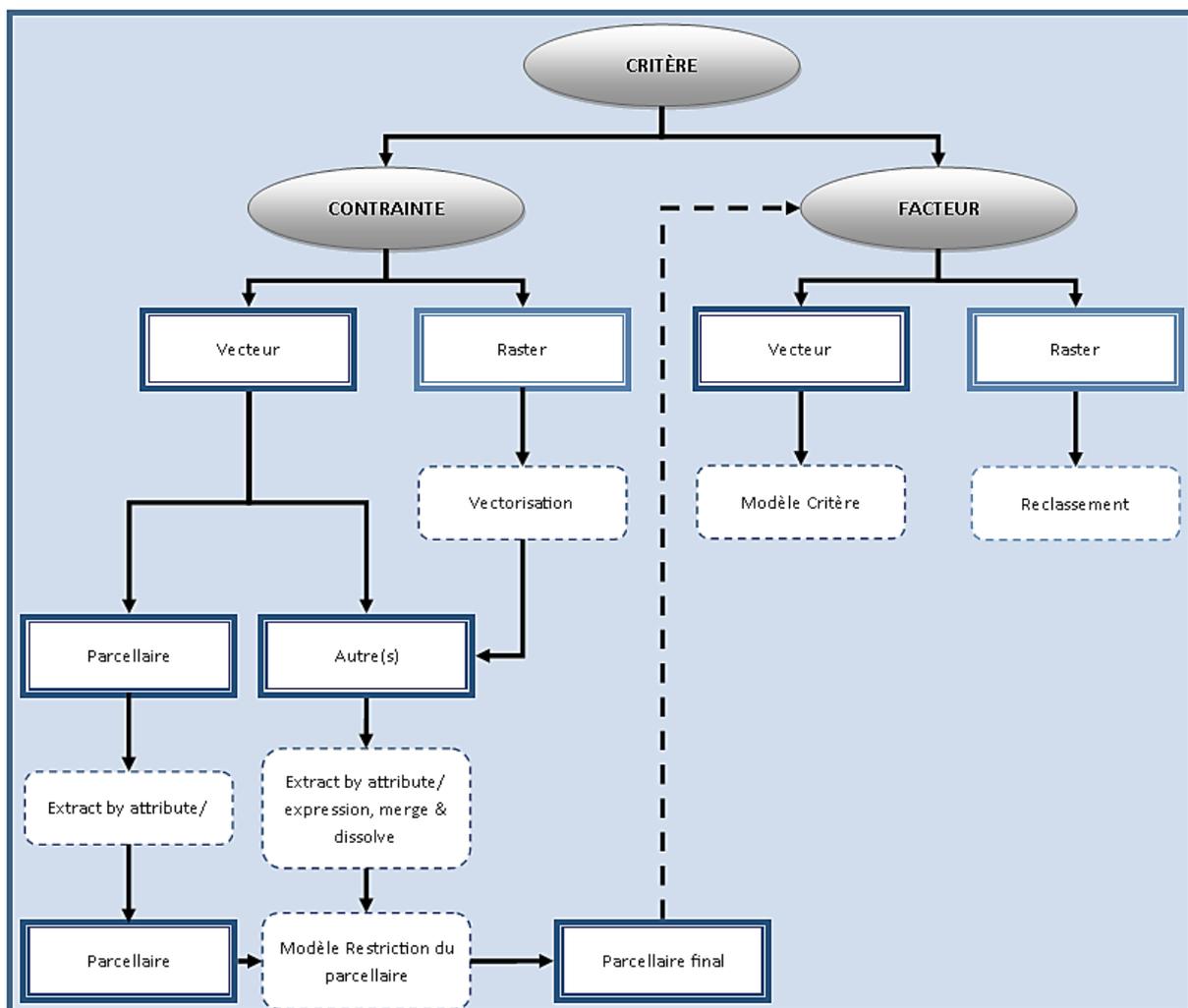
L'algorithme rasterise alors le parcellaire, chaque pixel ayant une valeur par identifiant d'exploitant, puis compte dans un voisinage de taille définit le nombre de valeurs uniques. Le résultat est ensuite reclassé de 1 à 9 suivant les règles de la table de reclassement. C'est cette dernière couche qui est ensuite sortie sous QGIS.

ADAPTABILITE : NOUVEAUX CRITERES

Dans le cadre de ce guide 4 critères sont mentionnés : l'IQS (Indice de Qualité des Sols », le déficit en eau, les usages (agricoles et espaces verts/sportifs) et le nombre d'exploitants. Toutefois le

modèle **Critère** est susceptible de prendre en compte d'autres critères, mais cela sous certaines conditions.

Tout d'abord il faut distinguer deux types de critères : les contraintes et les facteurs. Une contrainte représente un critère binaire (oui/non), il permet l'exclusion ou le maintien d'une solution (au sens de possibilité de site). Un facteur quant à lui influence l'aptitude d'une entité à répondre à un objectif voulu (ex : Une parcelle à être un site intéressant pour la REUT). Ceux-ci ne sont donc pas traités de la même manière. De plus le modèle **Critère** part du principe que les critères en question sont des facteurs et stockés dans une table attributaire d'une couche vecteur. Dans le détail il peut exister plusieurs cas selon que l'on traite une contrainte, un facteur, qu'il soit vectoriel ou raster. Dans le cas d'une contrainte stockée dans une couche vectorielle on peut également distinguer les cas où la couche vecteur est le parcellaire (les sites potentiels) ou d'autres couches vecteurs (des périmètres de protection par exemple). Le schéma ci-dessous présente de manière générale les différentes situations rencontrées et comment les prendre en compte au plus simple :



Les facteurs sous forme vectorielle sont à traiter dans le modèle critère, ceux sous forme raster sont à reclasser (r.recode de GRASS, avec une table de reclassement).

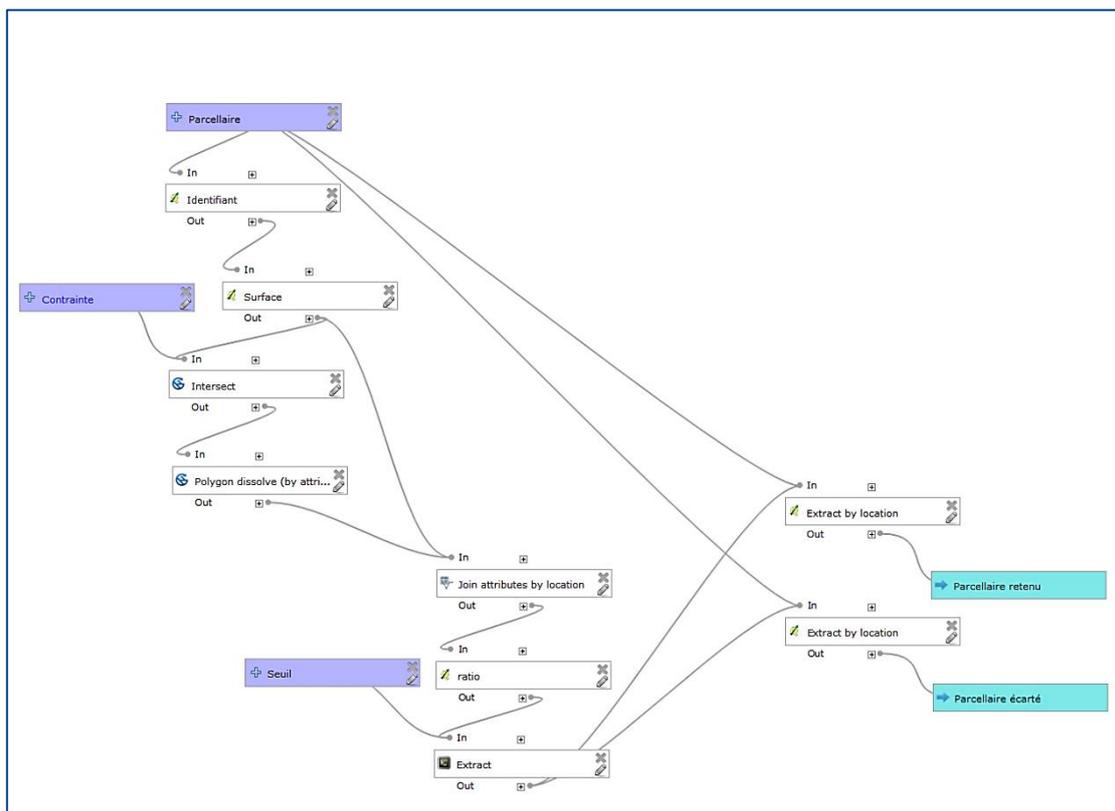
Pour les contraintes raster le plus simple est de vectoriser la couche pour la traiter comme une contrainte vectorielle.

Si une contrainte vectorielle concerne le parcellaire, effectuer une extraction par attribut ou par expression (si plusieurs champ de contrainte) pour ne retenir que les parcelles pour lesquelles **la contrainte (ou combinaison de contraintes) ne s'exprime pas**.

Enfin pour les autres contraintes de type vectoriel, le plus simple est d'extraire par attribut/expression les entités pour lesquelles **la contrainte s'exprime**. S'il existe plusieurs couches de contrainte, les fusionner (merge) et fusionner les entités (dissolve). Le but est d'obtenir une couche unique dont les entités représentent les zones de contraintes. Utiliser ensuite le modèle **Restriction du parcellaire** (voir section Autres modèles). Ce modèle réalise l'intersection des entités du parcellaire avec la couche de contrainte, puis calcule le ratio entre la surface des intersections dans une parcelle (il peut y en avoir plusieurs) et la surface de la parcelle entière. Si ce ratio dépasse un certain seuil (10% par défaut, modifiable) alors la parcelle est écartée.

Attention : Veillez à ce que la couche utilisée pour le parcellaire ait une topologie propre (pas de superposition, de doublons, etc) auquel cas le ratio de surface peut être faussé.

Entrées	Description
Parcellaire	Couche du parcellaire
Contrainte	Zones de contraintes
Seuil	Seuil pour le ratio de surface (entre 0 et 1)



Sorties	Description
Parcellaire retenu	Parcelles retenues
Parcellaire écarté	Parcelles écartées

Le parcellaire retenu peut désormais être utilisé dans le modèle **Critère** si les informations contenues dans sa table peuvent constituer un facteur (diversité d'exploitants par exemple).

CROISEMENT DES CRITERES

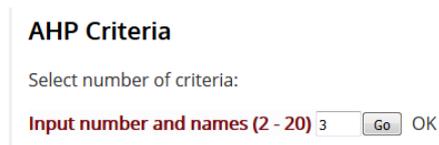
Une fois les différents critères traités il convient de les croiser. Une somme pondérée des différents critères peut être réalisée à cette fin.

Si le nombre de critères est relativement faible (3 à 4), ces pondérations peuvent être déterminées relativement aisément, néanmoins lorsque ce nombre augmente il peut être difficile de donner priorité à tel ou tel critère par rapport à l'ensemble.

On peut faire alors appel à une méthode nommée AHP calculant pour chacun des critères un poids en se basant sur une comparaison par paires de chacun des critères. Exemple : Si l'on dispose de trois critères A, B et C, la détermination des poids de chacun se base sur la comparaison de A à B, A à C et B à C. Il existait sous QGIS des extensions permettant de réaliser ce calcul hélas celles-ci ne sont plus maintenues à jour. On trouve sous R des packages (FuzzyAHP par exemple) permettant de réaliser cette AHP. Sur internet également certains sites offrent cette possibilité : https://bpmsg.com/academic/ahp_calc.php

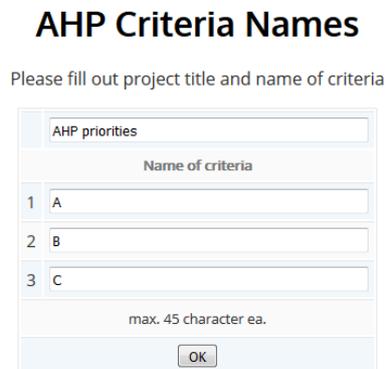
Pour le site du bpmsg :

- Renseigner le nombre de critères et cliquer sur OK :



AHP Criteria
Select number of criteria:
Input number and names (2 - 20) 3

- Renseigner le nom des critères :



AHP Criteria Names
Please fill out project title and name of criteria

AHP priorities	
Name of criteria	
1	A
2	B
3	C
max. 45 character ea.	
<input type="button" value="OK"/>	

- Réaliser les comparaisons par paire des critères (1 pour égale importance, 9 pour extrême prédominance) :

Pairwise Comparison AHP priorities

3 pairwise comparisons. Please do the pairwise comparison of all criteria. When completed, click *Check Consistency* to get the priorities.

Which criterion with respect to AHP priorities is more important, and how much more on a scale 1 to 9?

	A - Importance - or B?	Equal	How much more?								
1	<input checked="" type="radio"/> A	or <input type="radio"/> B	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input checked="" type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
2	<input checked="" type="radio"/> A	or <input type="radio"/> C	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input checked="" type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
3	<input checked="" type="radio"/> B	or <input type="radio"/> C	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9

CR = 0% Please start pairwise comparison

AHP Scale: 1- Equal Importance, 3- Moderate importance, 5- Strong importance, 7- Very strong importance, 9- Extreme importance (2,4,6,8 values in-between).

- Cliquer sur *Check Consistency*, le CR (Consistency Ratio) est calculé et vérifie la cohérence des comparaisons, le commentaire à la droite invite éventuellement à recommencer les comparaisons (si supérieur à 10%).

CR = 8.4% OK

Les tableaux en bas renseignent les poids des critères à utiliser :

Priorities

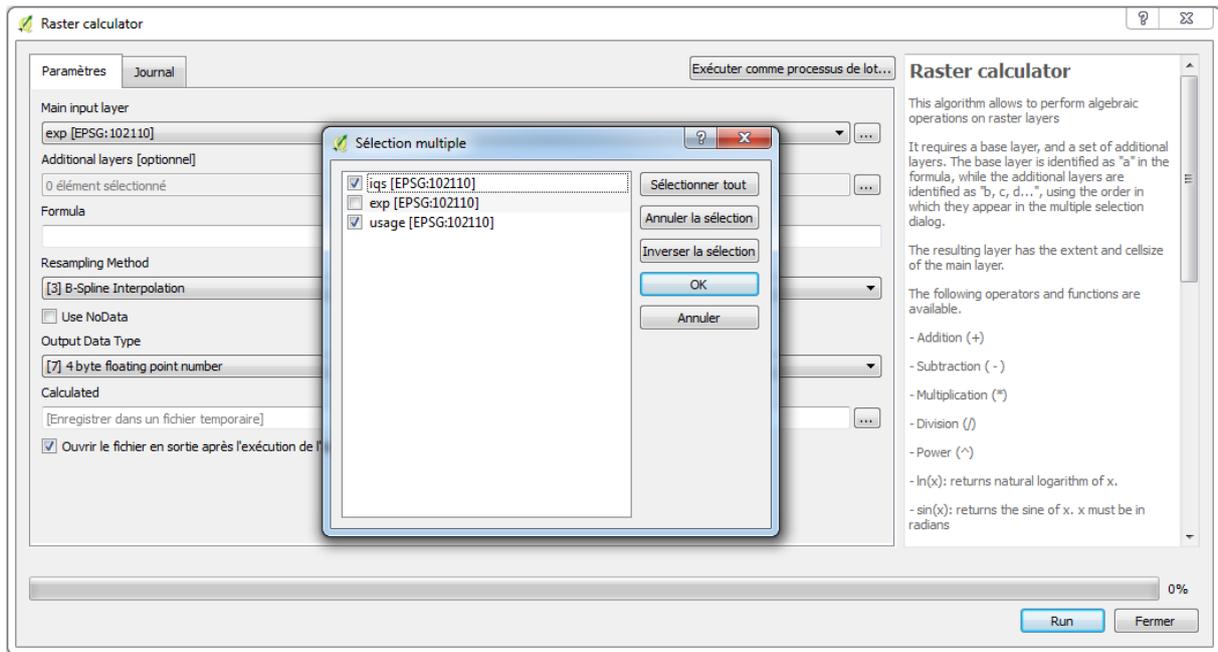
These are the resulting weights for the criteria based on your pairwise comparisons

Category	Priority	Rank
1 A	69.4%	1
2 B	13.2%	3
3 C	17.4%	2

Number of comparisons = 3
Consistency Ratio CR = 8.4%

Le résultat est exportable en fichier texte (.csv).

Lancer alors la calculatrice raster SAGA et renseigner les critères en rasters d'entrée (un raster principal et des rasters additionnels) :



Renseigner alors la formule suivante avec les poids calculés :

```
Formula
int(1+a*0.694+b*0.132+c*0.174)
```

« a » correspond au raster principal, « b » et « c » aux rasters additionnels dans l'ordre de la fenêtre de sélection multiple (b est iqs et c usage dans l'exemple). Adapter le nombre de critères et les poids selon le contexte. Les poids sont des pourcentages, attention la calculatrice prend les points « . » comme séparateurs décimaux et non les virgules ! La fonction « int » correspond à la partie entière, le +1 sert à arrondir à l'entier le plus proche.

Cliquer sur Run, le résultat obtenu est l'indicateur d'intérêt.

CALCUL DE POTENTIALITE

Les indicateurs d'accessibilité et d'intérêt étant désormais calculés, il convient désormais de les combiner pour obtenir l'indicateur de potentialité.

Le modèle **Calcul de potentialité** réalise cette opération au travers des étapes suivante :

- Formatage des deux couches d'indicateurs
- Identification des combinaisons uniques de valeurs entre les deux couches
- Utilisation d'une table de reclassement indiquant pour chaque combinaison la valeur de potentialité correspondante
- Création de la couche de potentialité
- Formatage pour sortie

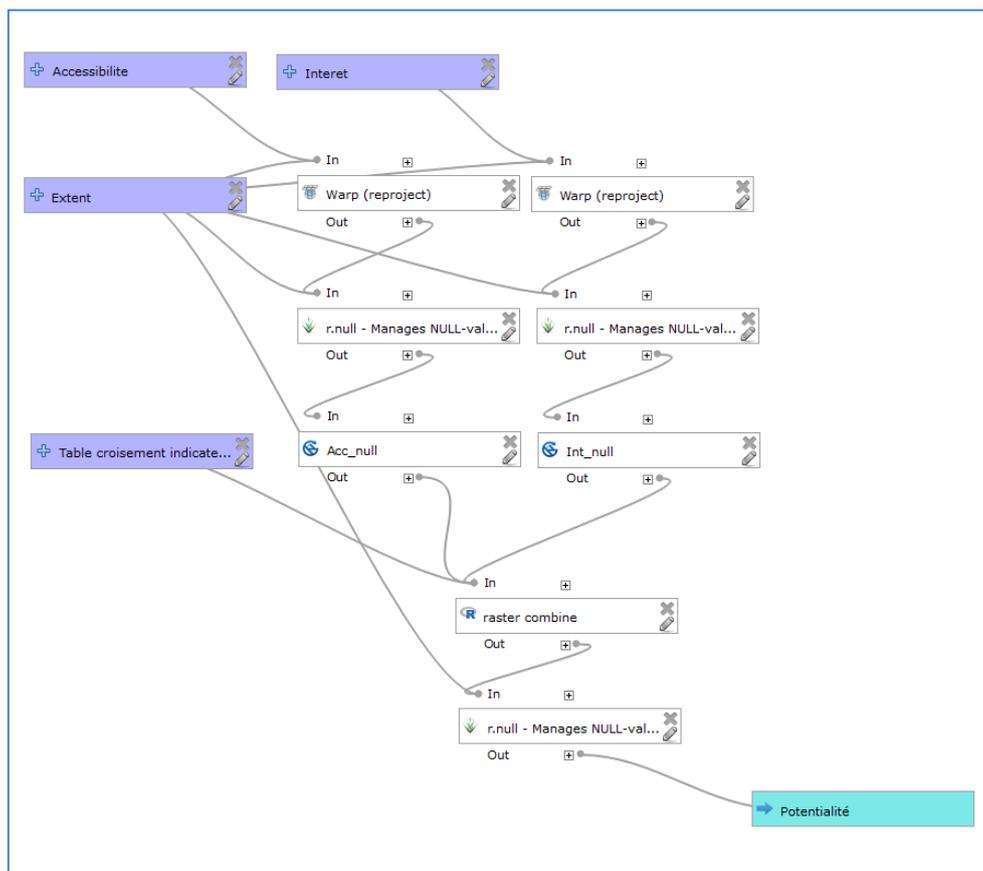
La table de reclassement utilisée est générée à l'aide du tableur Excel *Interet_relatif_r.xlsm*. Il s'agit d'un tableur avec macro (qu'il faut activer) où l'on trouve une feuille « table » et une feuille « Export ». La feuille table comprend un tableau à double entrée renseignant la valeur de potentialité pour chaque combinaison d'accessibilité/intérêt. Remplir ce tableau comme voulu (ne pas modifier les valeurs NoData) puis aller dans la table « Export » pour cliquer sur le bouton

« Exporter vers csv », il suffit alors de renseigner un nom de fichier et la table de reclassement est créée dans le fichier où se trouve le tableur Excel :

		ACCESSIBILITE										
		1 (Très forte)	2	3	4	5	6	7	8	9 (Nul)	NoData	
INTERET	0 (Nul)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9999
	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9999
	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	9999
	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	9999
	4	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0	9999
	5	5	4	3	2	1	0	0	0	0	0	9999
	6	6	5	4	3	2	1	0	0	0	0	9999
	7	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0	9999
	8	8	7	6	5	4	3	2	1	0	0	9999
	9 (Très fort)	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	9999
NoData	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999	

Exporter vers csv

Entrées	Description
Accessibilité	Raster d'accessibilité
Intérêt	Raster d'intérêt
Table de croisement indicateurs	Table de croisement des indicateurs
Extent	Etendue de traitement (laisser par défaut)



Sorties	Description
Potentialité	Raster de potentialité

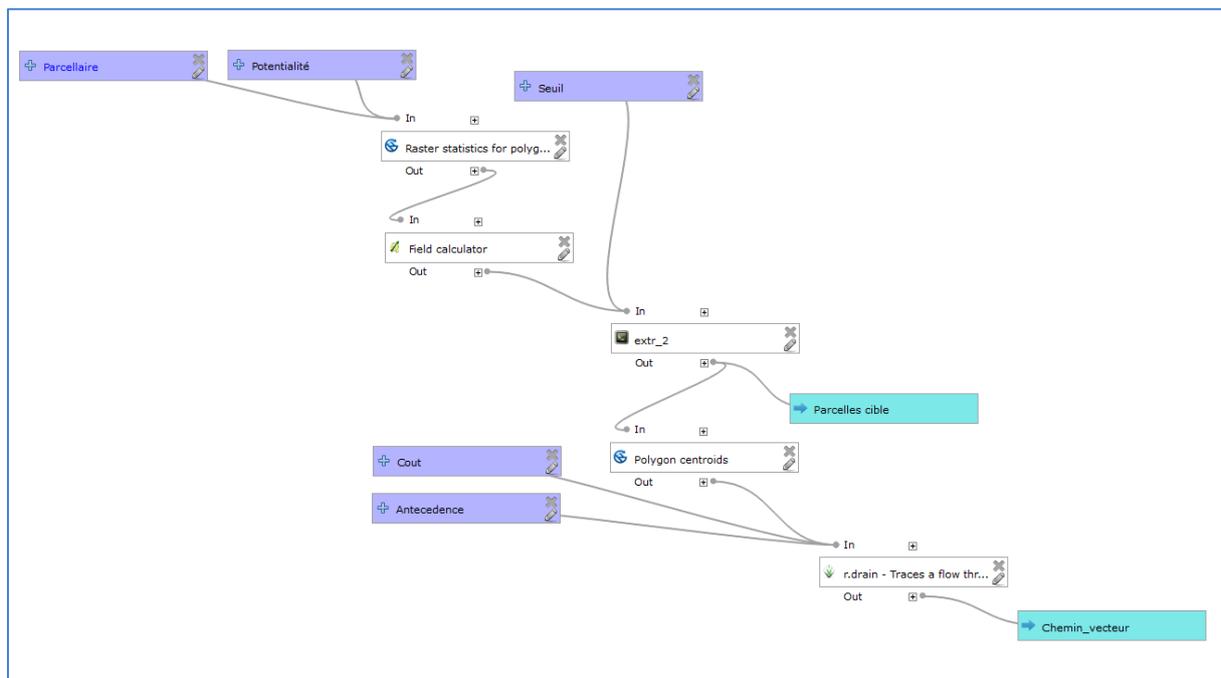
SELECTION PARCELLE

Une fois l'indicateur de potentialité déterminé, il est possible d'opérer une sélection des sites selon une valeur seuil. Pour ce faire utiliser le modèle **Identification parcelle**.

Son fonctionnement est le suivant :

- Calcul de la valeur médiane de potentialité par parcelle.
- Extraction des parcelles suivant une valeur seuil de potentialité
- Calcul de centroïdes à partir desquels sont *tracés des chemins de moindre coût* jusque le STEU de départ.

Entrées	Description
Potentialité	Raster de potentialité
Parcellaire	Description du parcellaire agricole
Seuil	Seuil minimal de potentialité à retenir
Coût	Raster de coût (créé par modèle)
Antécédence	Raster d'antécédence (créé par modèle)



Sorties	Description
Chemin	Chemin de moindre coût entre parcelle et STEU (vecteur)
Parcelles	Parcelles de potentialité supérieure ou égale au seuil fixé

A noter que si la valeur médiane de potentialité calculée par parcelle est systématiquement inférieure au seuil, c'est la valeur maximale qui est retenue.

AUTRES MODELES

COMBINAISON PARCELLE/UCS/METEO

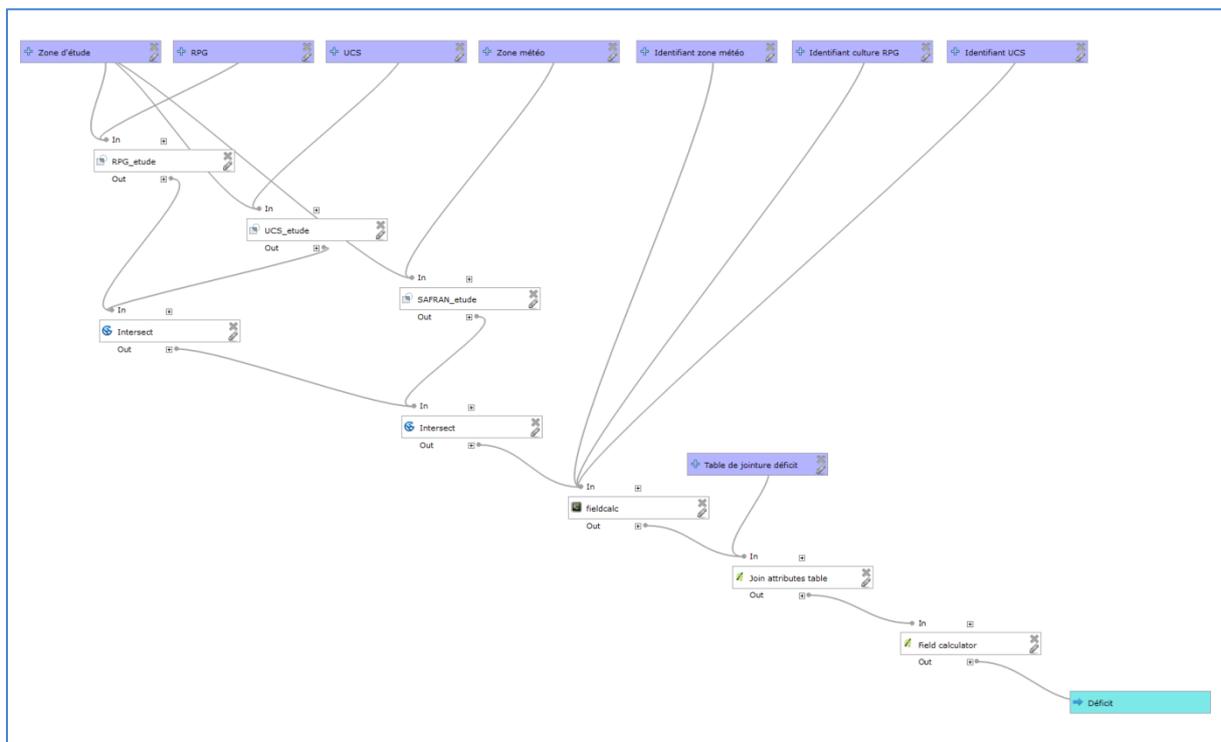
Ce modèle a pour objet la préparation du critère déficit à partir de données parcellaires, pédologiques et climatiques. Il procède de la manière suivante :

- Intersection entre les couches de parcellaire, de type de sol et de zonage météo
- Calcul d'un identifiant à partir des identifiants des couches précédentes (contexte agro/pédo-climatique)

- Jointure entre la couche résultante et une table contenant les informations de déficit pour chaque identifiant calculé.

A noter que si l'utilisateur ne dispose pas de zonage météo (type grille) mais d'une station unique, il est possible de remplacer la couche par la zone d'étude dans le paramétrage du modèle (en choisissant un champ numérique adéquat : id ayant comme valeur 1). L'important est que la valeur du champ se retrouve dans l'identifiant calculé, à la fois dans la couche et dans la table (champ de jointure).

Entrées	Description
Zone d'étude	Zone d'étude
RPG	Description du parcellaire agricole (RPG ou équivalent)
UCS	Délimitation des unités cartographiques de sol (BDSOL/DONESOL)
Zone météo	Délimitation du zonage météo
Table de jointure déficit	Table de jointure entre parcelle et déficit par l'identifiant grille/UCS/culture



Sorties	Description
Déficit	Parcellaire agricole possédant une information de déficit (Critère)

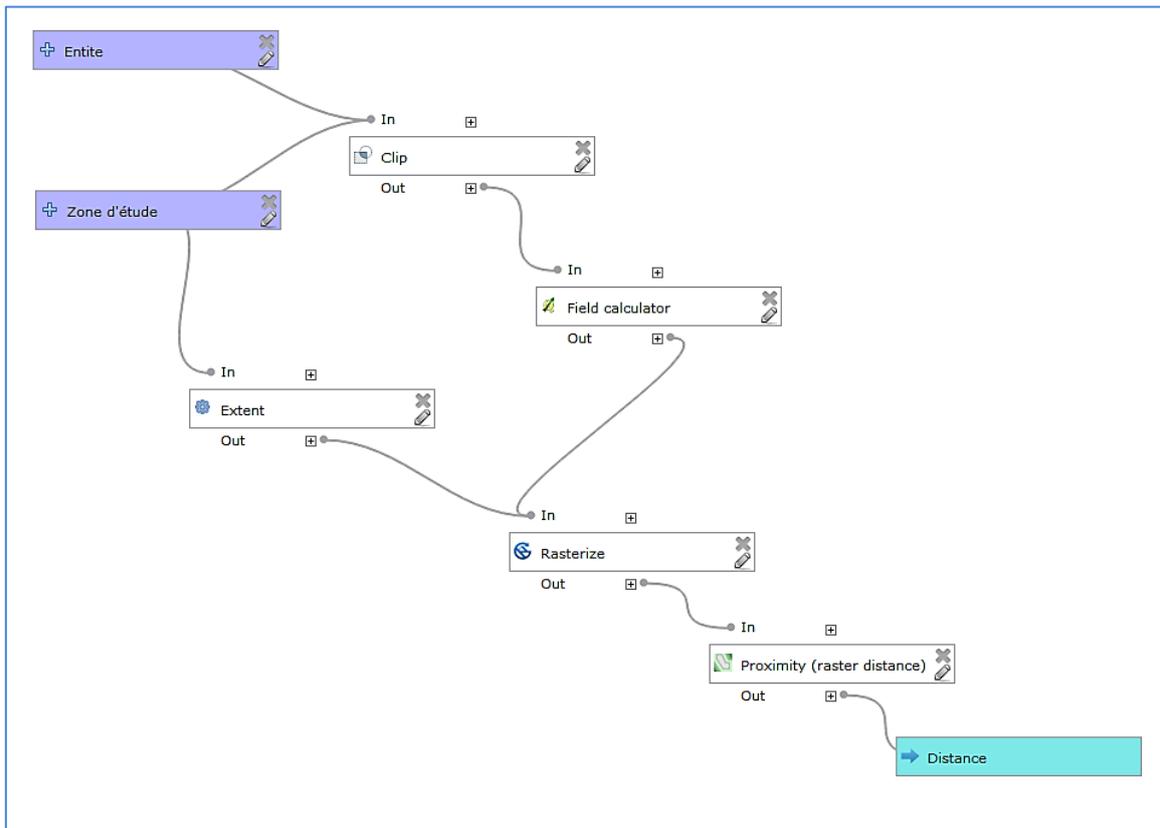
CRITERES : DISTANCE A UNE ENTITE

Parmi les différents facteurs imaginables certains peuvent être liés à la distance (euclidienne) séparant une parcelle d'une entité (réseau d'irrigation, masse d'eau, zone urbaine, etc). Si l'on se rappelle la section Adaptabilité : Nouveaux critères, sont mentionnés des facteurs sous forme raster, or c'est exactement le cas présent ici. Le modèle **Distance à une entité** permet de créer un raster de distance à l'entité la plus proche. Bien que la fonction existe par défaut dans QGIS elle demande à ce que l'entité soit sous forme raster, le modèle présent fait office de facilitation en :

- Découpant la couche d'entités à la zone d'étude
- Rasterise l'information (5m)
- Effectue le calcul de proximité (dans la même étendue que la zone d'étude)

La possibilité d'exécuter le processus en lot permet un gain de temps si les couches d'entités sont multiples.

Entrées	Description
Zone d'étude	Zone d'étude
Entité	Couche d'entités à partir desquelles on souhaite calculer la distance la plus faible en tout point



Entrées	Description
Distance	Raster de distance vers l'entité la plus proche

Il suffit ensuite de reclasser le raster (r.recode) à l'aide d'une table de reclassement pour obtenir un critère utilisable en calculatrice raster.

LIMITES ET CRITIQUES DE L'EXERCICE

Cette méthodologie, bien que pouvant prendre en compte un nombre variable de critères, demeure avant tout relativement théorique. Sa validité reposant sur le choix des critères, leurs classifications et pondérations. Il y a donc un travail en amont et une « calibration » terrain qui peut avoir un impact important sur les résultats offerts.

Le caractère spatial de la méthode rend difficile l'étude de l'impact qualitatif et quantitatif d'un projet de REUT, les données hydrologiques étant partielles (autant sur le plan spatial que temporel).

Egalement les sources de données utilisées sont définies à des échelles assez variables et leurs croisements entraînent une incertitude sur les résultats obtenus. Outre la variabilité spatiale il existe des précautions à prendre sur la validité temporelle des résultats, le parcellaire agricole pouvant fortement varier d'une année à une autre (moins vrai pour la vigne et les vergers).

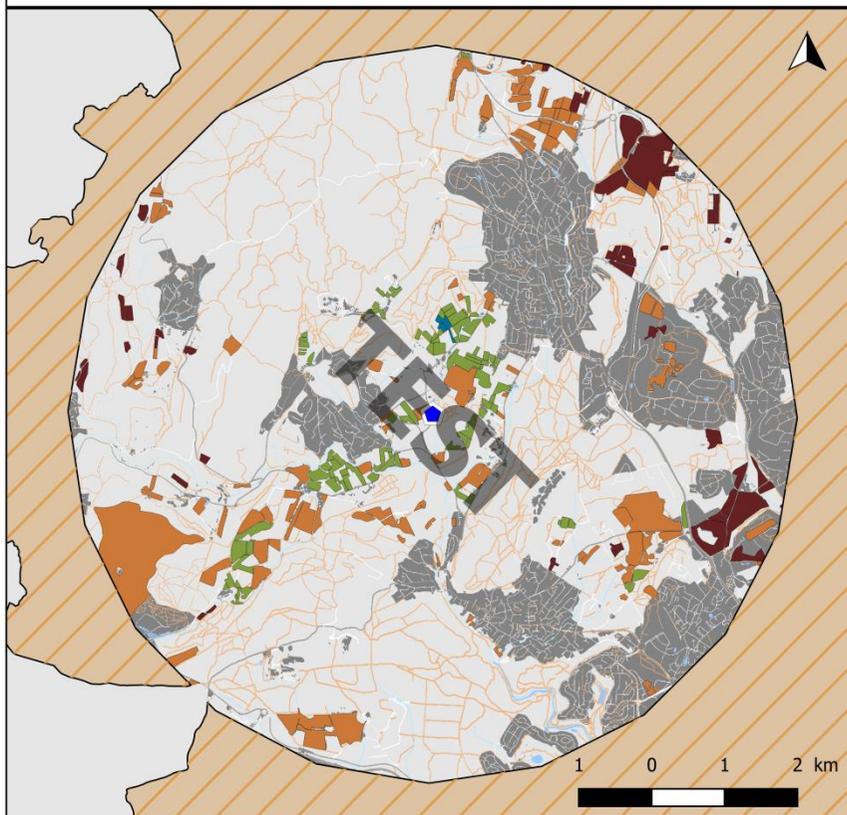
Enfin il faut bien comprendre qu'il s'agit là d'une étude de potentialité et non de faisabilité, l'identification même d'un site d'intérêt n'assure en rien la réussite d'un projet de REUT, interviennent également (mais pas que) des dimensions sociales, économiques et/ou environnementales.

ET ENSUITE ?

Avec l'arrivée de QGIS 3 début 2018 et le remplacement progressif de QGIS 2.18 la question de la pérennité de la méthode est soulevée. En effet QGIS 3 marquera une rupture nette par rapport à la version précédente puisque les langages de programmation intervenant changent (passage de Python 2 à Python 3, PyQt 4 à PyQt 5) ce qui rends les modèles et fichiers projet incompatibles d'une version à l'autre. Egalement les extensions disponibles pour la version 2.18 ne seront utilisables dans la version 3 que si un travail de mise à jour a été effectué.

Un travail de réadaptation des modèles est donc à prévoir. En toute logique cela revient à reconstruire le modèle comme une copie de la version 2.18, mais il est possible que certains traitements aient changés (nom/fournisseur de traitement/paramétrage/etc...). Point positif toutefois le modeleur graphique passe d'un code en Python à un code en C++, ce qui implique une accélération très nette de la vitesse d'exécution. Egalement bien que QGIS 3 sorte début 2018 la version 2.18 est prévue pour rester opérationnelle encore pour un certain temps.

Sites potentiels pour la STEU de Combaillaux Données test



Légende

- STEU
- Territoire CCGPSL/3M
- Potentialité
 - Nulle
 - Intérêt faible
 - Intérêt moyen
 - Intérêt élevé

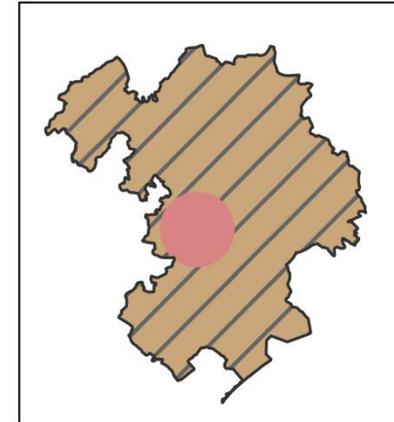
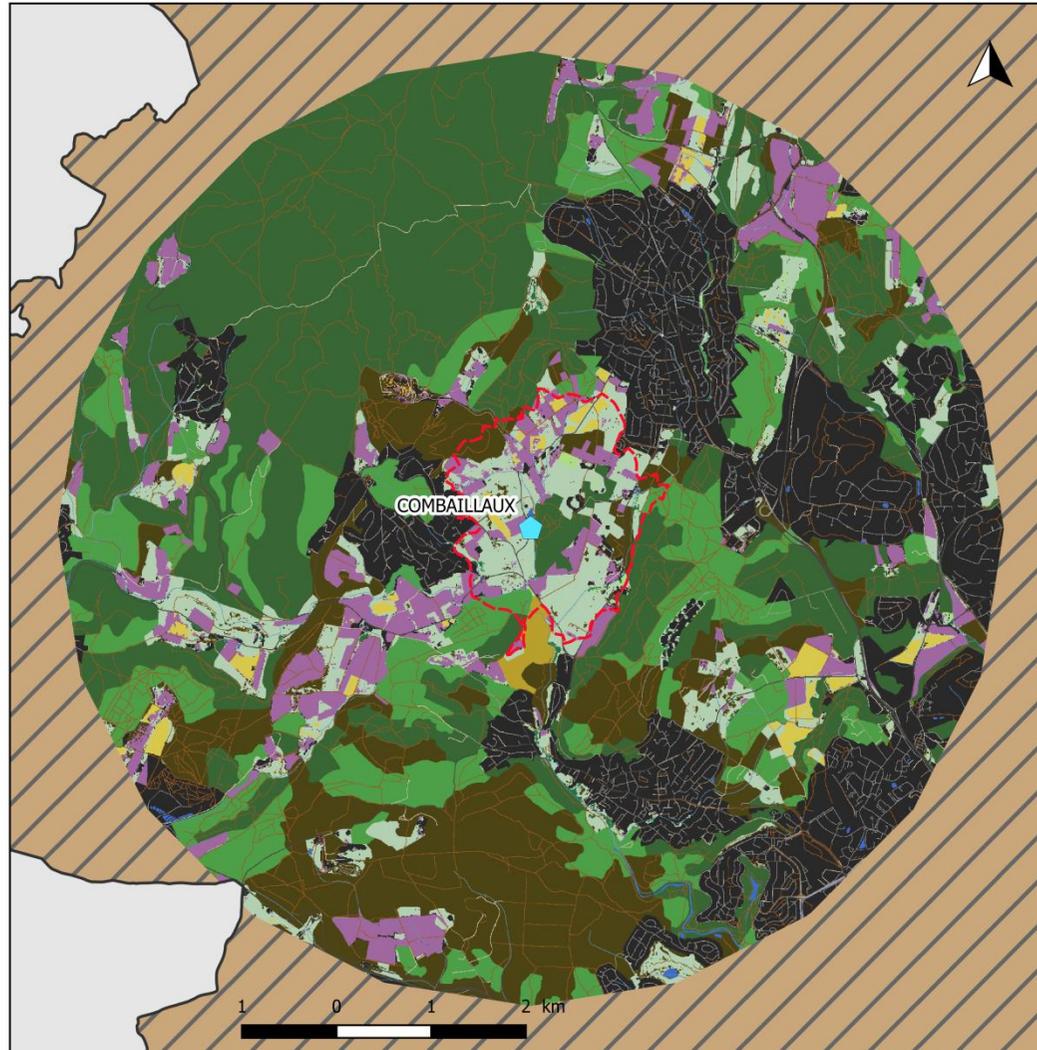
Volume total rejeté :	58400
Volume stockable (80%) :	50656
Volume estival (Mai-Sept)	19680

Potentiel	Total volume (m3)	% volume annuel	%volume stockable	%volume estival
7	7002	12%	14%	36%
6 (Moyen)	2280	16%	18%	47%
5	63064	136%	157%	403%
4	156843	432%	498%	1283%
3 (Faible)	74436	724%	834%	2147%
2	256033	1758%	2027%	5217%
1	153949	3341%	3852%	9915%
0 (Nul)	281504	6901%	7956%	20478%

Attention : Les résultats présentés sur cette carte sont issus de données test à des fins d'illustration et ne peuvent en aucun cas faire l'objet d'une interprétation quelconque.

Auteur : Florent Hubert, IRSTEA Montpellier. Réalisé le : 16/2/2018

Occupation du sol (station de Combaillaux)



Légende :

Cultures	Autres boisements
Vignes	Zone urbaine
Vergers	Affleurements
Chemins et sentiers	Masse d'eau
Route empierrée	Prairies et pelouses
Route petite	Sables
Route grande	Très petit cours
Chemin de fer	Petit cours
Landes	Cours moyen
Forêt ouverte	Neige et glaciers
Peupleraie	Accessibilité
Taillis et futaies	Zone d'accessibilité forte

Auteur : Florent Hubert
 UMR G-EAU, IRSTEA Montpellier
 Réalisé le : 16/2/2018

GLOSSAIRE DES ALGORITHMES

Cette section regroupe une description synthétique des différents traitements employés dans le cadre de la méthode.

DEFINIR UNE PROJECTION

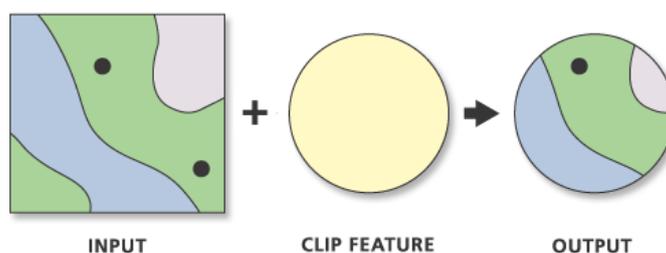
L'outil *Définir la projection courante* permet de spécifier ou remplacer le système de coordonnées d'un jeu de données. Cet outil s'utilise si le système de projection est inconnu ou erroné.

PROJETER

L'outil *Reprojeter une couche* permet de passer d'un système de coordonnées d'un jeu de données à un autre.

DECOUPER (VECTEUR)

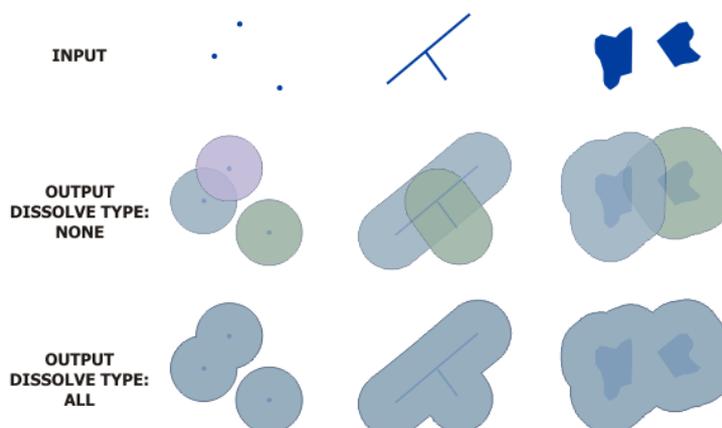
L'outil *Couper* (Clip en anglais) permet l'extraction de polygone d'une couche suivant le contour d'une couche de découpage :



Seule la table attributaire de la couche en entrée est conservée.

ZONE TAMPON

L'outil *Distance tampon fixe* permet de créer une zone tampon d'une distance spécifiée autour d'entités d'une couche vecteur. Il est possible de fusionner par défaut ces zones :



L'outil *Distance tampon variable* permet d'utiliser un champ de la table attributaire comme distance de buffer, permettant de faire varier celle-ci selon le souhait de l'utilisateur.

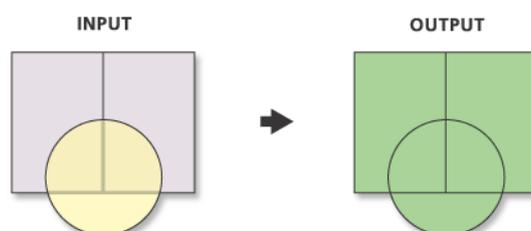
STATISTIQUES DE CHAMP

Le script R *Summary Statistics* pouvant être installé sous QGIS permet de calculer l'occurrence de valeurs uniques (un champ) ou combinaisons de valeurs uniques (plusieurs champs) d'une table attributaire. Il est également possible de calculer pour chacun des cas identifiés une somme des attributs d'un ou plusieurs autres champs (dit champ de récapitulation), par exemple la surface par type de parcelle et par commune avec l'occurrence de chacun des cas ainsi que des statistiques pour chacun des champs (min, max, moyenne, somme, écart-type, premier, dernier, intervalle).

Le moyen le plus simple de parvenir au même résultat sans R est l'utilisation d'un tableau croisé dynamique sous Excel.

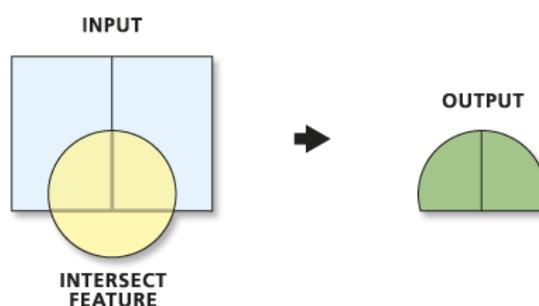
UNION

L'outil *Union* calcule l'union géométrique de couches de polygones en conservant la table attributaire de chacune des couches. L'outil *Merge* permet l'union de plus de deux couches en simultané (i.e. $A \cup B$) :



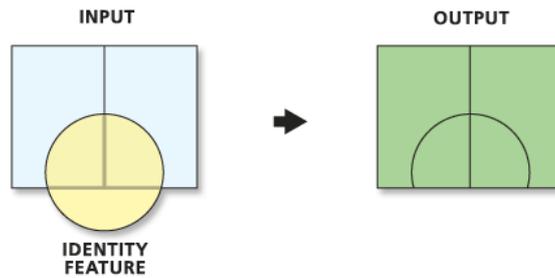
INTERSECTER

L'outil *Intersection* calcule l'intersection de multiples couches vectorielles (i.e. $A \cap B$) :



IDENTITE

L'outil *Polygon Identity* (SAGA) permet de réaliser l'union entre une couche en entrée et le résultat de l'intersection entre cette couche et une couche d'identité (i.e. $A \cup (A \cap B)$) :



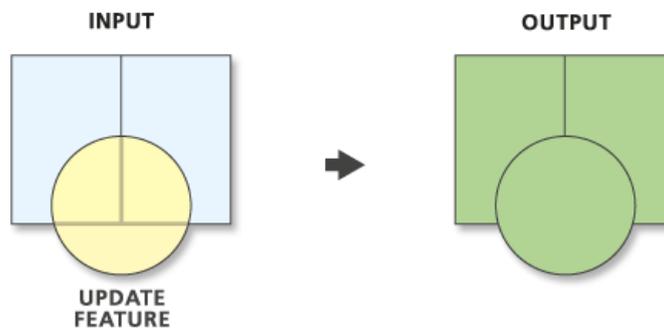
Les entités issues de l'intersection reçoivent les informations attributaires de la couche d'identité.

JOINTURE

L'outil *Jointure* (Join en anglais) permet de joindre à une couche la table attributaire d'une autre couche ou d'une table partageant un champ en commun (champ de jointure). Le champ ne doit pas avoir nécessairement le même nom ni le même nombre d'entrées.

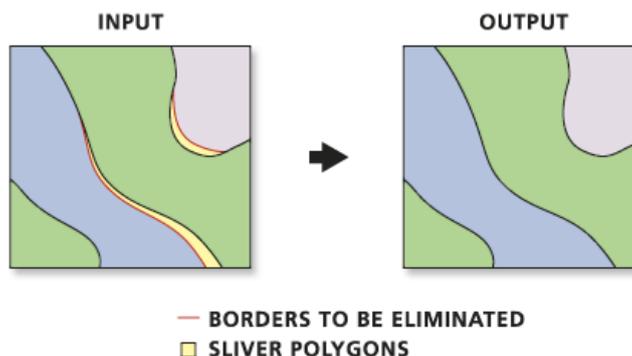
METTRE A JOUR

L'outil *Polygon update* (SAGA) permet la superposition géométrique d'une couche en entrée par une couche de mise à jour. L'ordre des couches importe donc. Si les deux couches possèdent le même champ dans leurs tables attributaires respectives, ces champs seront fusionnés. (i.e. $(A \setminus B) \cup B$) :



ELIMINER

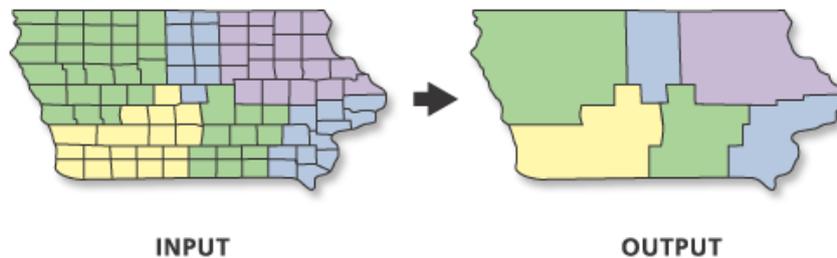
L'outil *Supprimer les débordements* permet de supprimer des entités sélectionnées d'une couche en les fusionnant aux entités adjacentes. L'entité à supprimer est fusionnée à l'entité adjacente de plus grande taille ou de plus grande surface adjacente.



Cet outil permet de supprimer les micro-polygones ou artéfacts issus de croisements successifs.

FUSIONNER

L'outil *Dissolve* permet de fusionner les entités adjacentes d'une même couche. Il est possible de définir des conditions de fusion selon les attributs des entités :



POLYGONE VERS RASTER

L'outil *Rastérisation* permet de convertir une couche de polygones vers une couche raster de taille de cellule spécifiée. Les valeurs du raster sont celles du champ de l'entité vecteur spécifiée.

POLYGONE VERS LIGNE

L'outil *De polygones à lignes ou v.to.lines* (GRASS) permet de créer une couche de lignes correspondant aux contours des polygones d'une couche en entrée.

ENTITES VERS POINT

L'outil *Centroides de polygones* permet de créer une couche de point correspondant aux barycentres des polygones d'une couche en entrée.

RASTER VERS POLYGONES

L'outil *Polygoniser* (GDAL/OGR) permet de créer une couche de polygones à partir d'un raster, chaque polygone étant délimité par un ensemble de cellules de même valeur.

RASTER VERS POLYLIGNES

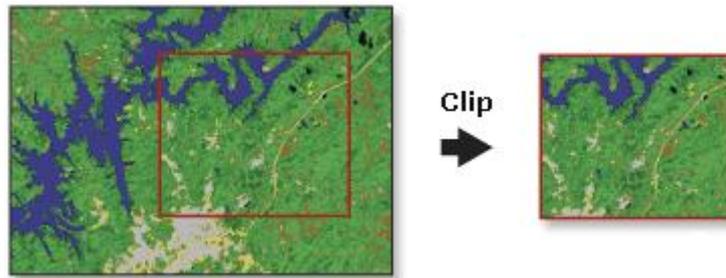
L'outil *v.to.vect* (GRASS) permet de créer une couche de polylignes à partir d'un raster, chaque polyligne étant délimitée par un ensemble de cellules de même valeur.

CREER UN QUADRILLAGE

L'outil *Grille vecteur* permet la création d'un quadrillage régulier sur une étendue définie (manuellement ou à partir d'une autre couche). Le quadrillage peut être composé de lignes ou de polygones. Cet outil est utile pour découper un ensemble en zones régulières ou pour créer des points disposés régulièrement.

DECOUPER (RASTER)

L'outil *Découper un raster selon une couche de masque* (GDAL/ODR) permet l'extraction de données d'un jeu raster selon une étendue spécifiée (manuellement ou par une entité vecteur). Si l'étendue est spécifiée par une entité vecteur il est possible de l'utiliser comme contour pour le raster sortant (tout pixel n'étant pas en intersection avec le vecteur ne sera pas inclus dans la couche en sortie) :



RECLASSIFICATION

L'outil *Reclassify value* (SAGA) ou *r.recode* (GRASS) permet de modifier ou classer les valeurs d'un raster selon une table de classification à rentrer ou à charger.

MOSAÏQUE VERS NOUVEAU RASTER

L'outil *Mosaic raster layer* (SAGA) permet de combiner plusieurs jeux de données raster vers un nouveau selon l'ordre de superposition.

CALCULATRICE RASTER

La *Calculatrice raster* est un outil permettant l'écriture et l'exécution d'expression pour la création et modification de raster. Il existe différentes calculatrice sous QGIS (GRASS, SAGA, GDAL/OGR)

STATISTIQUE FOCALE

L'outil *r.neighbors* (GRASS) permet de calculer pour chaque cellule une statistique de voisinage (min, max, moyenne, diversité, écart-type, etc). La taille et forme (rectangle, cercle) du voisinage sont modifiables.

DISTANCE DE CHEMIN

L'outil *r.walk.rast* crée un raster pour lequel chaque cellule présente la valeur de coût cumulé minimal pour rejoindre la cellule depuis une source. Il dépend donc d'un raster de coût et d'un raster de surface (MNT). L'outil crée aussi un raster d'antécédence indiquant la direction vers la source.

CHEMIN DE COUT

L'outil *r.drain* permet de créer un raster correspondant au chemin de moindre coût entre une source et une destination. Ce chemin est créé à partir des rasters créés par l'outil *r.walk.rast*.

SUPPRIMER UN CHAMP

L'outil *Refactoriser les champs* permet la suppression rapide d'un ou plusieurs champs de la table attributaire d'une couche en entrée.

PROCHE

L'outil *v.distance* (GRASS) identifie pour chaque entité d'une couche vecteur en entrée l'entité la plus proche d'une autre couche vecteur et calcule la distance séparant les deux (élément d'une couche A le plus proche d'un autre d'une couche B).

MULTI-PARTIES VERS UNE PARTIE

L'outil *De morceaux multiples vers morceaux uniques* permet de créer une couche d'entités à partir d'une autre en séparant les entités multi-parties.

PENTE

L'outil *Pente* permet de calculer une pente en degré ou pourcent à partir d'un modèle numérique de terrain (altitude).

METADONNEES

Registre Parcellaire Graphique (RPG)	
<p>En 2000, la réglementation européenne a institué dans tous les Etats Membres, de localiser et d'identifier les parcelles agricoles sur une base graphique réputée plus simple et mieux à même de prendre en compte les enjeux territoriaux et environnementaux de l'agriculture.</p> <p>Les îlots et leur occupation culturale sont déclarés annuellement par les exploitants agricoles pour bénéficier des aides PAC. Un îlot est un ensemble de parcelles culturales :</p> <ul style="list-style-type: none"> -contiguës, entières ou partielles, portant une ou plusieurs cultures, exploitées par le déclarant ; - limité par des éléments facilement repérables et permanents, comme des voies de communications, les cours d'eau ou d'autres exploitations ; - stable d'une année sur l'autre 	
Description	
Format d'objet :	Shapefile (polygones)
Objets :	Ilots de parcelles
Attributs :	Groupe ment de cultures exploité, surface, irrigation selon le niveau de détail (4 niveaux d'information)
Intérêts pour le diagnostic régional	
Origine de l'information géographique	
Source :	Déclaration PAC sur orthophotographies
Mode de production :	Saisie à 1 :5 000 initiale effectuée par l'exploitant sur fonds A3. L'ASP traite ensuite les données afin d'en supprimer les données attributaires et nominatives des îlots. Enfin un identifiant numérique non significatif est généré par îlot afin de faire le lien avec les tables attributaires
Qualité des données graphiques	
Echelle :	Départementale
Précision / Qualité :	1 :5 000
Territoire disponible :	France entière
Système de projection :	Lambert 93
Validité des données	
Date de validité :	2014
Délai de mise à jour :	Annuel
Accès et diffusion	
Producteur :	ASP (Agence de Services et de Paiement s) et Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche.
Modalité de diffusion :	Convention de mise à disposition entre la CA34 et IRSTEA
Modalité d'utilisation :	Information réutilisable conformément aux clauses de la convention signée
Format des fichiers :	.shp

Référentiel Régional Pédologique RRP (BDSOL L-R)

Le programme IGCS (Inventaire, Gestion et Conservation des Sols) intègre des opérations d'inventaire des sols réalisées à différentes échelles sur un même territoire. Le produit élaboré, appelé "Référentiel Régional Pédologique", est une base de données géographique régionale, documentée et mise à jour.

Il est structuré pour permettre une manipulation aisée des informations par des logiciels d'analyses cartographiques (système d'informations géographique), et son intégration dans des domaines d'application variés.

Sa précision correspond au minimum à celle d'une représentation cartographique au 1/250 000. Certains petits secteurs de références, choisis pour la représentativité de leurs sols sont eux cartographiés au 1 : 10 000. Ils servent de sites expérimentaux pour les domaines agricoles et environnementaux

Description

Format d'objet :	Vecteur et base de données
Objets :	Unité Cartographique de Sols (UCS), unités typologiques de sols (UTS), profils, horizons.
Attributs :	En principe doivent respecter les spécifications de la base de données DONESOL établie par l'INRA : Code et libellé d'UCS, nombre code libellé et pourcentage des UTS (Unité Typologique de Sol)/UCS, contraintes/UTS*, régime hydrique/UTS*, régime submersion/UTS*, excès d'eau/UTS*, discontinuité (type, profondeur d'apparition, conséquence), texture (pierrosité, argile, limons fins et totaux, sable, taux MO : note de 1 à 10) /UTS*, pH/UTS*
	<i>*pas forcément renseigné pour toutes les UTS d'une même UCS</i>

Intérêts pour le diagnostic régional

Informations pédologiques géolocalisées les plus complètes à ce jour pour cette échelle

Origine de l'information géographique

Source :	INRA Orléans + Partenaires techniques et financiers régionaux
Mode de production :	Numérisation de cartes levées au 1 : 250 000

Qualité des données graphiques

Echelle :	1 : 250 000
Précision / Qualité :	30 m
Territoire disponible :	38 référentiels régionaux disponibles. RRP du Languedoc-Roussillon utilisé dans le cadre de cette étude
Système de projection :	Lambert II étendu

Accès et diffusion

Producteur :	Unité INFOSOL de l'INRA Orléans, diffusion par SIG LR
Modalité de diffusion :	Adhésion IRSTEA à l'association SIG L-R
Format des fichiers :	Shapefile, BDD Access

SAFRAN

Le Système d'Analyse Fournissant des Renseignements Adaptés à la Nivologie est un système d'analyse conçu pour l'analyse prévisionnelle des risques d'avalanches et les impacts du changement climatique. Sa couverture nationale et la fréquence d'actualisation horaire en font une source de données climatiques de grande valeur pour les études à petite et moyenne échelle.

Description

Format d'objet :	Grilles de 8 x 8 km au pas de temps journalier
Objets :	Points
Attributs :	Données évapotranspiration, température et pluie

Intérêts pour le diagnostic régional

Origine de l'information géographique

Source :	Météo France
Mode de production :	Le modèle Safran s'appuie à la fois sur l'ensemble des observations disponibles du réseau d'observations (précipitation, température...) ainsi que sur les analyses des modèles atmosphériques (Arpège ou CEPMMT) qui servent d'ébauche pour l'analyse.

Qualité des données graphiques

Echelle :	--
Précision / Qualité :	8x8 km
Territoire disponible :	France entière
Système de projection :	Lambert II étendu

Validité des données

Date de validité :	--
Délai de mise à jour :	--

Accès et diffusion

Producteur :	Météo- France (Centre National de Recherches Météorologiques, CNRM)
Modalité de diffusion :	IRSTEA
Modalité d'utilisation :	Extraction via R ou Excel
Format des fichiers :	Binaire ou txt

Données Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse

Afin de répondre aux exigences réglementaires de diffusion des données environnementales, l'agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse met à disposition sur son site internet, des données brutes ou valorisées obtenues par les réseaux de mesures de la qualité de l'eau qu'elle pilote et les études qu'elle mène

Elle propose notamment des données sur l'état des lieux des masses d'eau et les objectifs du SDAGE 2021.

Description

Format d'objet :	Tables
Objets :	Etat des masses d'eau, RNABE, RNAOE
Attributs :	Nom, état chimique, état biologique

Intérêts pour le diagnostic régional

Ces données permettent d'attribuer à chaque exploitation, le nombre de forage quelle possède ainsi que les volumes quelle prélève.

Origine de l'information géographique

Source :	Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse
Mode de production :	

Qualité des données graphiques

Echelle :	--
Précision / Qualité :	--
Territoire disponible :	Bassins versants Rhône-Méditerranée et Corse
Système de projection :	Lambert 93

Validité des données

Date de validité :	--
Délai de mise à jour :	--

Accès et diffusion

Producteur :	Agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse
Modalité de diffusion :	https://www.eaurmc.fr/
Modalité d'utilisation :	La réutilisation des informations publiques suppose que celles-ci ne soient pas altérées, que leur sens ne soit pas dénaturé et que leurs sources et la date de leur dernière mise à jour soient mentionnées.
Format des fichiers :	Excel

BD LISA

La BD LISA constitue le référentiel géographique national qui découpe le territoire national en entités hydrogéologiques (formations géologiques aquifères ou non). Une entité hydrogéologique est une partie de l'espace géographique :

- délimitée à une certaine échelle géographique : le "niveau",
- rattachée à un type de formation géologique : le "thème",
- définie par ses potentialités aquifères : la "nature",
- caractérisée par un type de porosité (qui permet de distinguer les principaux modes de circulation de l'eau) : le "milieu",
- caractérisée par la présence ou non d'une nappe, qui peut être libre et/ou captive : l'"état".

Description

Format d'objet :	Shapefile (polygones)
Objets :	Entités hydrogéologiques
Attributs :	Dénomination, niveau, état, milieu, ordre, nature, thème,

Intérêts pour le diagnostic régional

Localisation des formations karstiques

Origine de l'information géographique

Source :	Sandre (diffusion)
Mode de production :	Forages, modélisations, études

Qualité des données graphiques

Echelle :	Du 1 :1 000 000ème au 1 :50 000
Précision / Qualité :	--
Territoire disponible :	France
Système de projection :	Lambert 93

Validité des données

Date de validité :	--
Délai de mise à jour :	--

Accès et diffusion

Producteur :	BRGM
Modalité de diffusion :	Open Data
Modalité d'utilisation :	Open Data
Format des fichiers :	shp

BD TOPO®

La BD TOPO® contient une description des éléments du paysage sous forme de vecteurs de précision métrique, classés selon une thématique adaptée.
Elle couvre de manière cohérente l'ensemble des entités géographiques et administratives du territoire national. Elle permet la visualisation, le positionnement, la simulation au service de l'analyse et de la gestion opérationnelle du territoire.

Description

Format d'objet :	Vectorel (points, lignes, polygones)
Objets :	Bâtiments, limites administratives, végétation, toponymes, orographie, points d'intérêts
Attributs :	Nature, hauteur, altitude, nom, etc.

Intérêts pour le diagnostic régional

Ces données sont utiles pour la construction d'une occupation du sol et l'identification de structures clés

Origine de l'information géographique

Source :	Institut Géographique National (IGN-F)
Mode de production :	Photogrammétrie, GPS, orthophotographie, autres sources

Qualité des données graphiques

Echelle :	1 : 5000 à 1 : 50 000
Précision / Qualité :	Métrique
Territoire disponible :	France entière
Système de projection :	Lambert 93

Validité des données

Date de validité :	2016
Délai de mise à jour :	2 ans

Accès et diffusion

Producteur :	IGN
Modalité de diffusion :	Convention IRSTEA
Modalité d'utilisation :	Base de données soumise aux conditions générales d'utilisation des fichiers IGN
Format des fichiers :	shp

BD FORET V1[®]

La BD Forêt[®] est une base de données vecteur de référence pour l'espace forestier et les milieux semi-naturels. Elaborée par photo-interprétation d'images en infrarouge couleurs de la BD ORTHO[®], la BD Forêt[®] est réalisée par emprises départementales sur le territoire métropolitain.

Elle attribue à chaque plage cartographiée de plus de 5000m² un type de formation végétale. Ses principales caractéristiques sont les suivantes :

- une nomenclature nationale de 32 postes qui repose sur une décomposition hiérarchique des critères, distinguant par exemple les peuplements purs des principales essences forestières de la forêt françaises
- un type de formation végétale attribué à chaque plage cartographiée supérieure ou égale à 50 ares (5 000 m²)
- une couche géométriquement compatible avec le RGE[®] et donc en parfaite cohérence avec la couche végétation de la BDTOPO[®]

Description

Format d'objet :	Vectorel (polygones)
Objets :	Contours forestiers et des espaces semi-naturels
Attributs :	Type de végétation (nomenclature en 32 postes)

Intérêts pour le diagnostic régional

Ces données sont utiles pour la construction d'une occupation du sol.

Origine de l'information géographique

Source :	Institut Géographique National (IGN-F)
Mode de production :	Photo-interprétation

Qualité des données graphiques

Echelle :	---
Précision / Qualité :	10m
Territoire disponible :	France entière (2014)
Système de projection :	Lambert 93

Validité des données

Date de validité :	---
Délai de mise à jour :	---

Accès et diffusion

Producteur :	IGN
Modalité de diffusion :	Convention IRSTEA
Modalité d'utilisation :	Base de données soumise aux conditions générales d'utilisation des fichiers IGN
Format des fichiers :	shp

RGE ALTI® 5M	
Le RGE ALTI® décrit la forme et l'altitude normale de la surface du sol à grande échelle.	
Description	
Format d'objet :	Raster
Objets :	Modèle Numérique de Terrain
Attributs :	Altitude, précision
Intérêts pour le diagnostic régional	
Fournit la donnée d'altitude permettant les calculs de pentes.	
Origine de l'information géographique	
Source :	Institut Géographique National (IGN-F)
Mode de production :	Données LIDAR, images aériennes
Qualité des données graphiques	
Echelle :	1 : 3 000 et le 1 : 20 000
Précision / Qualité :	5m
Territoire disponible :	France entière (2016)
Système de projection :	Lambert 93
Validité des données	
Date de validité :	---
Délai de mise à jour :	---
Accès et diffusion	
Producteur :	IGN
Modalité de diffusion :	Convention IRSTEA
Modalité d'utilisation :	Base de données soumise aux conditions générales d'utilisation des fichiers IGN
Format des fichiers :	shp

BD CARTHAGE®	
La BD CARTHAGE® est la base de données complète du réseau hydrographique français.	
Description	
Format d'objet :	Vecteur (ligne, polygone)
Objets :	Entités hydrographiques, découpage administratif en quatre niveaux du territoire
Attributs :	Nom, code, attributs différents selon l'objet
Intérêts pour le diagnostic régional	
Fournit la donnée d'altitude permettant les calculs de pentes.	
Origine de l'information géographique	
Source :	SANDRE
Mode de production :	Elle est produite par les Agences de l'eau à partir de la base de données cartographiques BD CARTO® de l'IGN qui décrit sous forme numérique l'ensemble des informations présentes sur le territoire national.
Qualité des données graphiques	
Echelle :	1 : 5 000 et le 1 : 50 000
Précision / Qualité :	Métrique à décimétrique
Territoire disponible :	France entière
Système de projection :	Lambert 93
Validité des données	
Date de validité :	2016
Délai de mise à jour :	Annuel
Accès et diffusion	
Producteur :	IGN
Modalité de diffusion :	Licence ouverte Etalab
Modalité d'utilisation :	Licence ouverte Etalab
Format des fichiers :	shp

OSO CESBIO	
La BD CARTHAGE® est la base de données complète du réseau hydrographique français.	
Description	
Format d'objet :	Raster
Objets :	Occupation du sol, statistiques de confiance et validité
Attributs :	-
Intérêts pour le diagnostic régional	
Fournit les données de bases pour l'obtention d'un raster d'occupation du sol satisfaisant	
Origine de l'information géographique	
Source :	CESBIO
Mode de production :	Produit issu d'algorithmes de télédétection, développé par le CESBIO depuis 2013 à partir de données Sentinel-2.
Qualité des données graphiques	
Echelle :	1 : 5000
Précision / Qualité :	20m
Territoire disponible :	France entière
Système de projection :	Lambert 93
Validité des données	
Date de validité :	2016
Délai de mise à jour :	Annuel
Accès et diffusion	
Producteur :	CESBIO
Modalité de diffusion :	Open Data Commons Attribution Licence , visualisation et téléchargement en ligne.
Modalité d'utilisation :	Open Data Commons Attribution Licence
Format des fichiers :	GeoTiff<



Étude réalisée avec le soutien financier
De l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse



Inrae – UMR G-Eau
361 rue Jean-François Breton
BP 5095
34196 Montpellier cedex 5

