

Estimation prélèvements / ressource dans le cadre de la DCE : Compléments méthodologiques pour les eaux souterraines

Rapport final

BRGM/RP-67212-FR
Septembre 2017

Étude réalisée dans le cadre des opérations d'appui aux politiques publiques de la convention AFB-BRGM 2015-2017

Arnaud L.

Vérificateur :

Nom : L. Gourcy
Fonction : Responsable unité EVE
Date : 25/9/2017

Signature :



Approbateur :

Nom : P. Audigane
Fonction : Responsable unité GDR
Date : 11/10/2017

Signature :



Le système de management de la qualité et de l'environnement est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Mots-clés : eaux souterraines, base flow index, IDPR, recharge, équilibre prélèvements / ressource, DCE.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Arnaud L. (2017) – Estimation prélèvements / ressource dans le cadre de la DCE : compléments méthodologiques pour les eaux souterraines. Rapport final. BRGM/RP-67212-FR, 31 p., 22 ill.

© BRGM, 2017, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

En 2017, le BRGM a conduit une étude visant à apporter des éléments de réponse pour réaliser l'analyse pression-impact de prélèvement et le test balance (prélèvement/ressource) de l'évaluation du bon état quantitatif des masses d'eau souterraine dans le but d'appuyer les bassins dans la mise en œuvre du prochain état des lieux. Ce travail s'inscrit dans le cadre des différentes actions à mener pour permettre des évaluations des pressions et de l'état quantitatif pertinentes et plus homogènes à l'ensemble du territoire.

La méthodologie proposée permet un calcul spatialisé et automatisable du ratio « Prélèvements / Recharge » à l'échelle nationale (hors DROM) pour les aquifères à nappe libre et non karstiques.

L'évaluation de l'infiltration spatialisée repose sur l'utilisation du Base Flow Index (BFI), de l'IDPR et des pluies efficaces issues de la chaîne de modélisation hydro-météorologique SAFRAN-ISBA-MODCOU (SIM2). Au regard des limites de la méthodologie développée, les résultats ne doivent pas être assimilés à une carte nationale de la recharge. Aussi, pour éviter toute confusion, la recharge calculée dans le cadre de la présente étude est dénommée « Infiltration EdL » (EdL pour État des Lieux).

A partir de l'analyse des ratios Prélèvements / Infiltration EdL, de nouvelles valeurs guides indicatrices de pressions significatives potentielles sont mises en évidence selon la nature lithologique des masses d'eau souterraines. Celles-ci devront cependant être définies et adaptées bassin par bassin, notamment après considération d'une évaluation plus robuste des prélèvements. En effet, il a été montré que la BNPE ne permettait pas en l'état actuel de rattacher de façon précise sur l'ensemble du territoire les volumes bancarisés aux masses d'eau souterraine.

L'objectif de la méthodologie ici proposée n'est pas de se substituer à l'expertise régionale mais d'aider, en amont, les Bassins à pré-cibler les masses d'eau souterraine potentiellement à pression significative. En revanche, la grille des volumes infiltrés, élaborée par le BRGM, pourra aisément être mise à disposition des Bassins.

Sommaire

1. Introduction	9
2. Méthode d'estimation de l'infiltration	11
2.1. DEFINITION ET LIMITES DU BFI.....	11
2.2. RELATION BFI VS IDPR	12
2.3. PARTITION INFILTRATION / RUISSELLEMENT	15
2.3.1. En domaine sédimentaire	15
2.3.2. En domaine de socle	15
3. Déroulement de l'estimation prélèvement/ressource	17
3.1. ÉVALUATION DE L'«INFILTRATION EDL».....	17
3.1.1. IDPR et pourcentage d'infiltration.....	17
3.1.2. Précipitations efficaces	19
3.1.3. « Infiltration EdL »	19
3.2. ÉVALUATION DES PRELEVEMENTS	20
3.3. CALCUL DU RATIO PRELEVEMENT / « INFILTRATION EDL ».....	23
4. Résultats et valeurs guides	25
4.1. ANALYSE DE SENSIBILITE	25
4.2. MASSES D'EAU DE TYPE SEDIMENTAIRE.....	26
4.3. MASSES D'EAU DE TYPE SOCLE	26
4.4. MASSES D'EAU DE TYPE ALLUVIAL.....	27
4.5. AUTRES TYPES DE MASSES D'EAU	28
5. Conclusions.....	29

Liste des illustrations

Illustration 1 – Carte de localisation des bassins versants étudiés.	12
Illustration 2 – BFI et IDPR moyens par bassin versant étudié.	13
Illustration 3 – Relations IDPR V1 vs BFI-W.	14
Illustration 4 – Relation IDPR V2 vs BFI en domaine de socle.	14
Illustration 5 – Proposition de valeurs de coefficients d'infiltration en fonction de l'IDPR V1 pour le domaine sédimentaire.	15
Illustration 6 – Distribution des valeurs du BFI en domaine de socle.	15
Illustration 7 – Cartographie de l'IDPR V1 moyen pour les masses d'eau souterraines de niv. 118	
Illustration 8 – Cartographie du pourcentage d'infiltration pour les masses d'eau souterraines de niv. 1	18
Illustration 9 – Cartographie des précipitations efficaces annuelles moyennes pour les masses d'eau souterraine de niveau 1 (source : SIM 2, Météo France).	19
Illustration 10 – Cartographie de la « Recharge EdL » moyenne pour les masses d'eau souterraine de niveau 1.	20
Illustration 11 – Cartographie des prélèvements BNPE de l'année 2013 pour les masses d'eau souterraine.	21
Illustration 12 – Cartographie des prélèvements 2010 (en Mm ³ /an) issus de la base de données Agence de l'Eau Adour Garonne pour les masses d'eau souterraine de niveau 1.	22
Illustration 13 – Cartographie des prélèvements 2013 (en Mm ³ /an) issus de la base de données Agence de l'Eau Artois Picardie pour les masses d'eau souterraine de niveau 1.	22
Illustration 14 – Cartographie du ratio Prélèvement BNPE / « Recharge EdL » pour les masses d'eau souterraine de Niveau 1 (hors alluvions).	23
Illustration 15 – Cartographie du ratio Prélèvement AEAG 2010 / « Recharge EdL » pour les masses d'eau souterraine de Niveau 1.	24
Illustration 16 – Cartographie du ratio Prélèvement AEAP 2013 / « Recharge EdL » pour les masses d'eau souterraine de niveau 1.	24
Illustration 17 – Cartographie du ratio Prélèvement BNPE / « Infiltration EdL » avec a) une infiltration réduite de 25% et b) une infiltration augmentée de 25%.	25
Illustration 18 – Histogramme des ratios calculés en domaine sédimentaire.	26
Illustration 19 – Histogramme des ratios calculés en domaine de socle.	27
Illustration 20 – Histogramme des ratios calculés en domaine alluvial.	27
Illustration 21 – Histogramme des ratios calculés pour les masses d'eau de type EV, IL et IP.	28

1. Introduction

Dans le but de répondre à la feuille de route établie par la DEB/MTES et complétée par les Bassins indiquant les différentes actions à mener pour permettre des évaluations des pressions et de l'état quantitatif pertinentes et plus homogènes à l'ensemble du territoire, plusieurs actions et études complémentaires ont été identifiées suite à l'état des lieux 2013 :

- 1) Renforcer l'appui apporté par le BRGM à la DEB dans le cadre de la fiche ATPE (sous-action n°2) visant à compléter le guide « *tendances* » par le traitement du volet quantitatif ;
- 2) Proposer un nouvel indicateur de pression proposé par le BRGM pour le test « *balance* » visant à moduler le ratio Prélèvements/Recharge ;
- 3) Estimer la partition infiltration/ruissellement à partir de l'IDPR ;
- 4) Contribuer à la finalisation du test « *eaux de surface* » ;
- 5) Contribuer à la finalisation des tests « intrusion saline ou autre » et « écosystèmes terrestres associés » ;
- 6) Spécifier certains éléments nécessaires à l'estimation des *Pressions/Impacts*.

Le présent rapport rend compte des travaux réalisés par le BRGM concernant les points 2, 3 et 6.

En préambule, il est rappelé que l'objectif du test balance est d'assurer un équilibre sur le long terme entre les volumes s'écoulant au profit des autres milieux ou d'autres nappes, les volumes captés et la recharge de chaque nappe.

Sa mise en œuvre nécessite, à l'échelle de la masse d'eau, d'évaluer la recharge annuelle moyenne (infiltration + autres apports par les masses d'eau connexes – ESU et/ou ESO) et les prélèvements annuels moyens pour le calcul du ratio prélèvements / recharge. (Cf. § 3.3 de l'annexe IV). Si ce ratio est inférieur à 1, la masse d'eau est en bon état pour ce test (le volume annuel prélevé est inférieur à la recharge estimée). Si ce ratio est supérieur à 1, la masse d'eau est en mauvais état pour ce test (le volume annuel prélevé est supérieur à la recharge estimée).

Suite à l'état des lieux 2013, il s'est avéré nécessaire d'améliorer 1) la méthode d'estimation de la recharge et 2) le seuil de pression significative. En effet, en pratique, le ratio s'avère rarement supérieur à 20 % (Seguin, 2016).

La méthodologie développée par le BRGM, et détaillée par la suite, vise à permettre un calcul spatialisé et automatisable du ratio « Prélèvements / Infiltration » à l'échelle nationale (hors DROM). En outre, une analyse différenciée des résultats selon la nature lithologique des masses d'eau souterraines permet d'appréhender de nouvelles valeurs guides indicatrices de pressions significatives potentielles. Ces dernières devront cependant être définies et adaptées bassin par bassin. Cette information est utilisée à la fois pour l'estimation des pressions de prélèvements et à la fois pour l'évaluation du bon état quantitatif des eaux souterraines.

Ces travaux résultent de différents échanges techniques entre la DEB, l'AFB, les Bassins (Agences de l'eau et DREAL) et le BRGM, en particulier lors des rencontres suivantes :

- Atelier Quantité ESO du 04/05/2017
- Groupe de Travail Quantité ESO du 01/06/2017

2. Méthode d'estimation de l'infiltration

Tout d'abord, il est important de souligner que **la méthode proposée se limite à l'évaluation de la recharge d'une nappe libre par les précipitations.**

Dans le but de tendre vers le calcul d'une infiltration spatialisée à l'échelle nationale, il est apparu intéressant de poursuivre les travaux initiés par Seguin, 2016 (Rapport BRGM/RP-65635-FR), puis repris par Caballero et al., 2016 (Rapport BRGM/RP-65807-FR). En effet, la relation approximativement linéaire entre l'IDPR et le BFI (Base Flow Index), alors mise en évidence, méritait d'être consolidée par de nouveaux résultats.

Cette dernière ne s'était d'ores et déjà pas révélée probante pour les aquifères karstiques du bassin RMC (Rhône Méditerranée Corse). Dans l'attente de travaux à venir sur les bassins RMC et Adour Garonne, il a été décidé de consolider la relation linéaire pour les aquifères sédimentaires du bassin de Paris et pour les aquifères de socle (Massif Armoricaïn pour l'essentiel).

Si la relation est validée, cette approche autorise une spatialisation de l'infiltration à partir des grilles de Pluies efficaces (Météo France) et de l'IDPR (BRGM).

2.1. DEFINITION ET LIMITES DU BFI

Le concept de BFI a été introduit au début des années 1980 en Angleterre (Centre for Ecology & Hydrology, CEH, Wallingford).

L'index varie de 0,15 pour des bassins très peu perméables avec des cours d'eau réagissant très rapidement à plus de 0,95 pour des bassins à forte capacité d'infiltration et des régimes d'écoulement relativement réguliers.

Le BFI est le rapport entre le débit de base d'un cours d'eau Q_b et le débit total moyen Q , calculé sur une assez longue période. Si, sur cette période, la variation de stock est négligeable, il reste, du bilan global des flux (en supposant un bassin souterrain \approx coïncidence avec un bassin versant) : Infiltration = $Q_b + Q_{pompages}$.

Et si les prélèvements sont peu importants, une estimation de la recharge est alors fournie par l'écoulement de base.

Enfin, cette approche implique que la pluie efficace moyenne sur la période considérée soit en totalité à l'origine du débit moyen Q du cours d'eau sur cette période, ce qui suppose un bassin "fermé" et un cours d'eau en régime naturel.

Il est important de garder à l'esprit les hypothèses et approximations afférentes à l'utilisation du BFI et, par conséquent, l'incertitude sur les valeurs de recharge qui en seront déduites.

Les résultats ne devront pas être assimilés à une carte nationale de la recharge. Aussi, pour éviter toute confusion, la recharge calculée dans le cadre de la présente étude sera dénommée « Infiltration EdL » dans la suite de la note (EdL pour État des Lieux).

2.2. RELATION BFI VS IDPR

Trois méthodes de calcul du BFI ont été étudiées par Seguin (2016) : BFI-PART (USGS), BFI-RORA (USGS) et BFI-W (CEH de Walingford). L'inter-comparaison a montré une bonne convergence des résultats.

Il a été décidé d'utiliser la méthode du BFI-W, totalement automatisée, et simple d'utilisation. Pour plus de détails concernant la méthode de calcul, on se reportera au rapport BRGM/RP-65635-FR (§ 6.2.2).

En complément de la compilation des travaux existants, 40 bassins versants ont été étudiés dans le cadre de cette action 2017. Cela porte le nombre total de bassins versants à 66 (hors karst). D'un point de vue lithologique, ils se répartissent de la façon suivante : 2 en domaine alluvial, 18 en domaine de socle, 42 en domaine sédimentaire (hors karst RMC), 4 en domaine mixte (socle + sédimentaire). La localisation des bassins versants étudiés est reportée sur l'illustration 1.

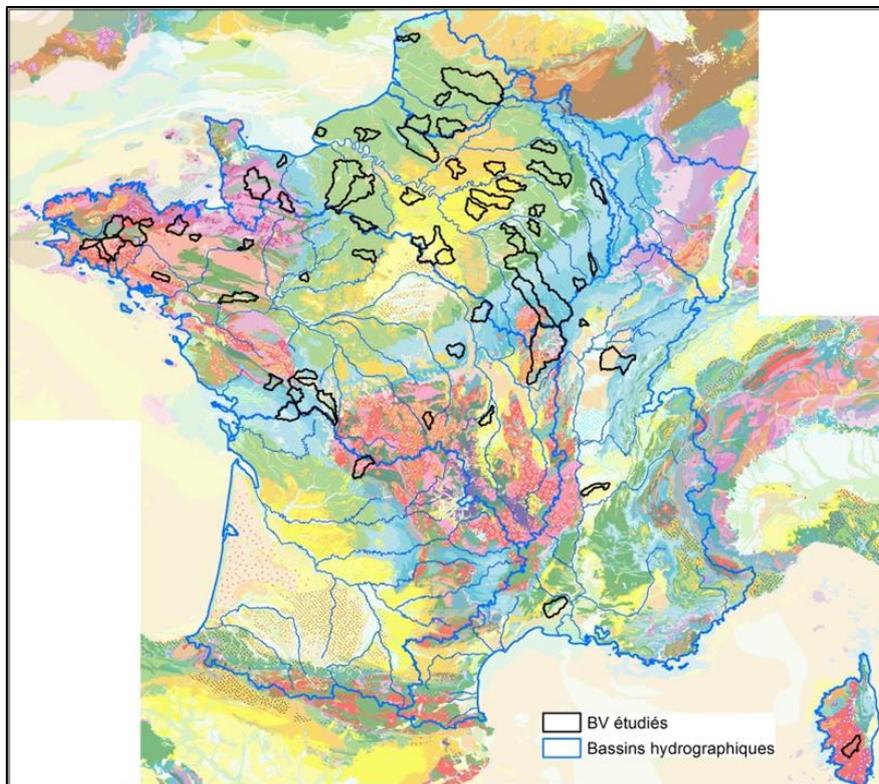


Illustration 1 – Carte de localisation des bassins versants étudiés

Les chroniques de débits utilisées pour le calcul sont issues de la banque HYDRO : <http://www.hydro.eaufrance.fr/>.

Les calculs ont été réalisés par l'intermédiaire du logiciel ESPERE (ESTimation de la Pluie Efficace et de la Recharge selon différentes méthodes), développé par le BRGM sous MS Excel. L'outil est en libre accès : <http://www.brgm.fr/production-scientifique/logiciels-scientifiques/espere-estimation-pluie-efficace-recharge-selon>.

Pour chacun des 66 bassins versants traités, l'illustration 2 présente les valeurs du BFI (exprimées en %) et de l'IDPR moyen. Ce dernier a été calculé, par l'intermédiaire d'ArcGis, selon une agrégation spatiale à l'échelle du bassin versant jaugé.

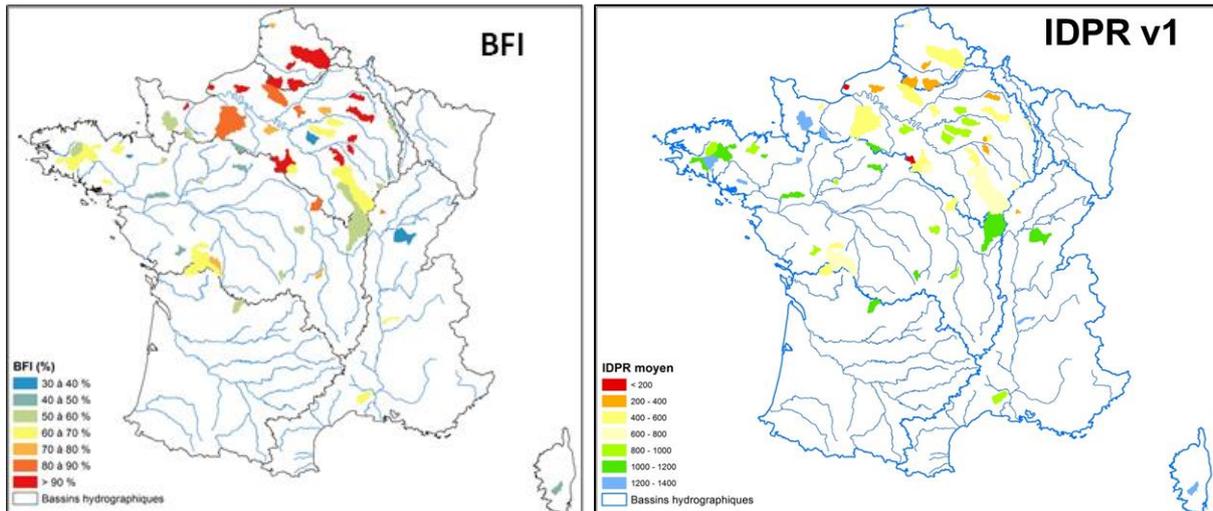


Illustration 2 – BFI et IDPR moyens par bassin versant étudié

Deux versions de l'IDPR ont été testées : l'IDPR 2007, dite V1 dans la suite de la note, et l'IDPR 2017 (V2), en cours de finalisation. Comme discuté ci-après, le déroulement de la méthodologie s'est finalement appuyé sur la première version de l'IDPR.

Les graphiques de l'illustration 3 permettent de visualiser les relations obtenues entre IDPR V1 et BFI : 1) toute lithologie confondue, 2) en domaine sédimentaire et 3) en domaine de socle.

Pour les bassins versants en domaine sédimentaire (hors karst RMC), la relation linéaire entre IDPR et BFI reste satisfaisante. Les bassins versants s'écartant de l'équation de régression seraient à étudier plus en détails.

En revanche, la relation n'est pas probante en domaine de socle, et ce quel que soit la version de l'IDPR utilisée (Cf. Illustration 4).

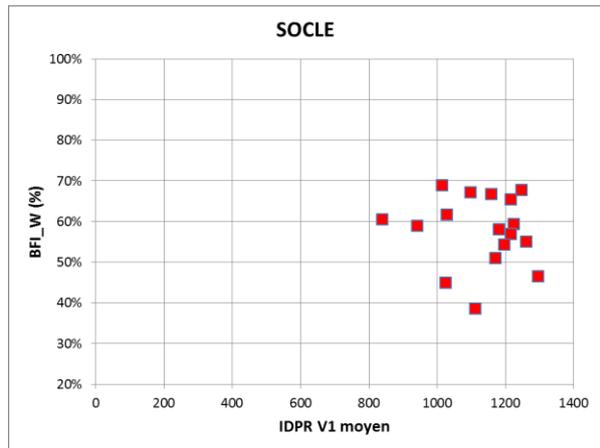
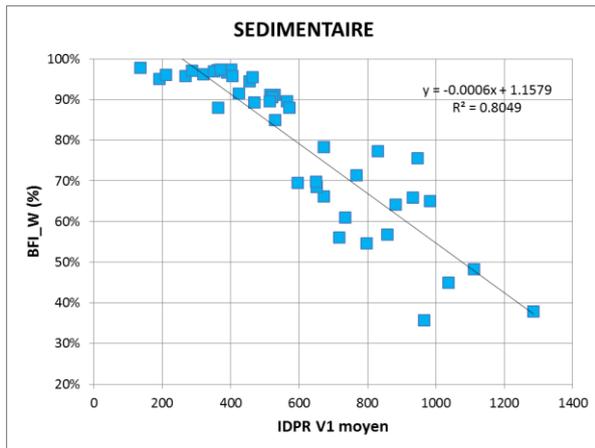
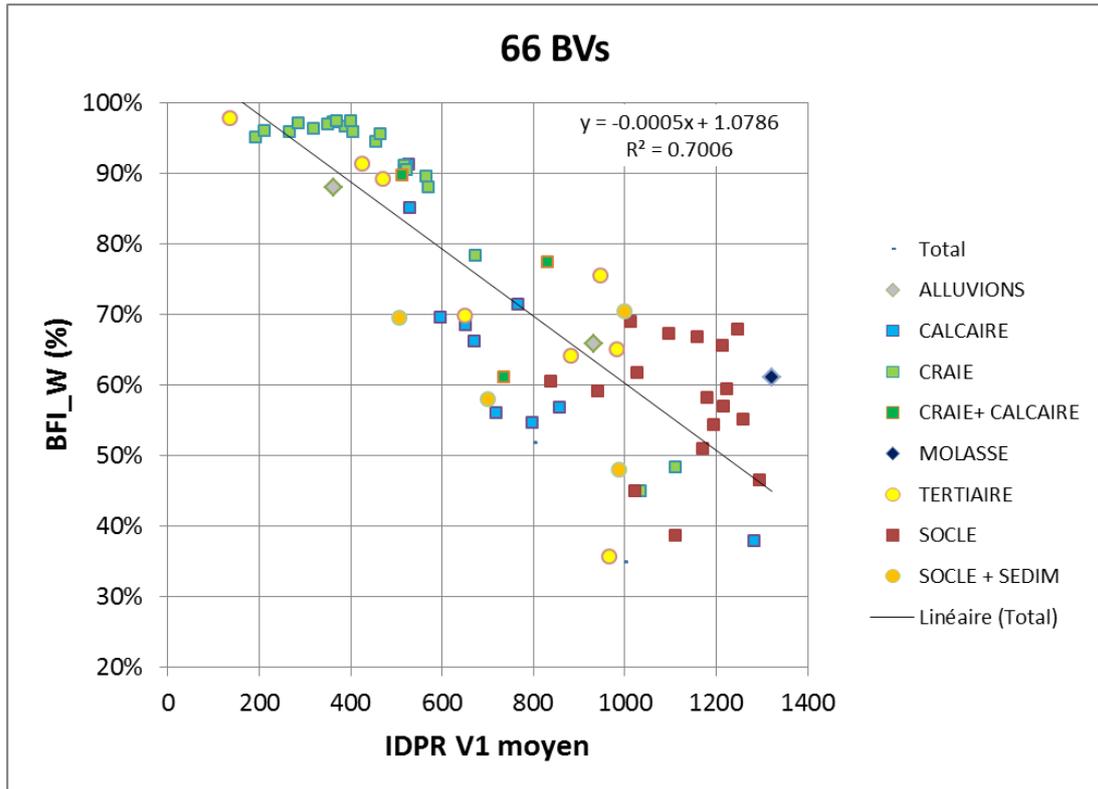


Illustration 3 – Relations IDPR V1 vs BFI-W

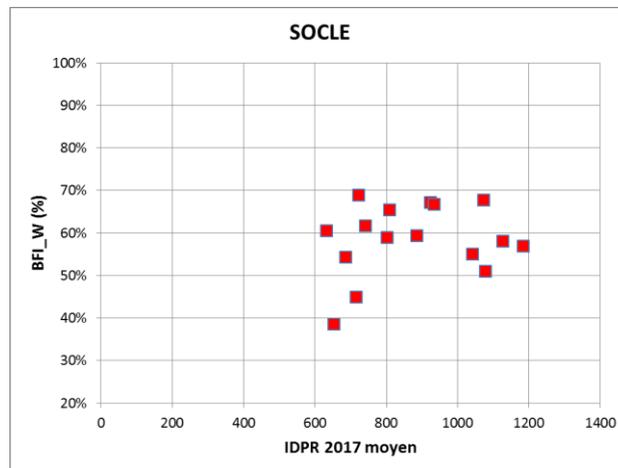


Illustration 4 – Relation IDPR V2 vs BFI en domaine de socle

2.3. PARTITION INFILTRATION / RUISSELLEMENT

2.3.1. En domaine sédimentaire

À partir de l'équation de régression de l'illustration 3, un tableau de correspondance entre classe d'IDPR et BFI (ici exprimé comme le pourcentage infiltré des précipitations efficaces, cf. Illustration 5) est proposé. Cette classification s'applique aux aquifères sédimentaires à nappe libre, et non karstiques. Il faut cependant noter que la relation linéaire a été vérifiée pour la craie karstifiée du bassin Seine Normandie.

IDPR (2007)	« Infiltration DCE » (%)
< 400	95 %
400 – 500	90 %
500 – 600	85 %
600 – 700	80 %
700 – 800	70 %
800 – 900	65 %
900 - 1000	60 %
1000 – 1100	55 %
1100 – 1200	50 %
1200 – 1300	40 %
1300 – 1400	35 %
1400 - 1500	30 %
1500 – 1600	25 %
1600 – 1700	20 %
1700 – 1800	10 %
> 1800	5 %

Illustration 5 – Proposition de valeurs de coefficients d'infiltration en fonction de l'IDPR V1 pour le domaine sédimentaire

2.3.2. En domaine de socle

En l'absence de relation entre IDPR et BFI, et compte tenu de la faible variabilité du BFI en domaine de socle (cf. Illustration 6), il est proposé d'utiliser un pourcentage d'infiltration uniforme. En première approche, la valeur de 55 % a été retenue.

Pour plus de précision, l'échantillon de bassins versants pourrait être complété. Une approche régionale pourrait également s'avérer pertinente : choix d'un pourcentage d'infiltration par bassin ?

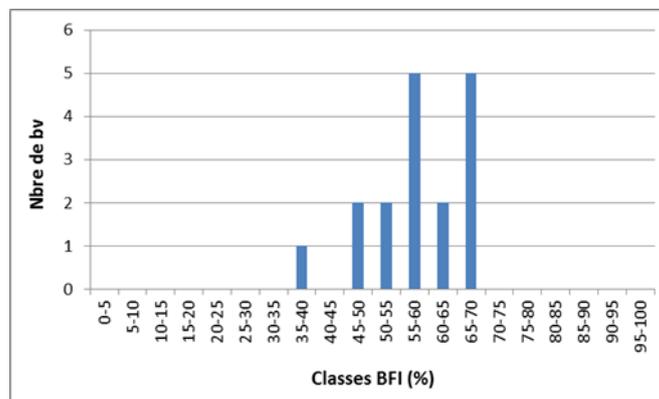


Illustration 6 – Distribution des valeurs du BFI en domaine de socle

3. Déroulement de l'estimation prélèvement/ressource

L'ensemble des traitements cartographiques a été réalisé à l'aide du logiciel ArcGis.

Dans un premier temps, les masses d'eau souterraine de Niveau 1 ont été sélectionnées, soient 574 masses d'eau. À ce stade, les masses d'eau karstiques n'ont pas été écartées afin de conserver les aquifères crayeux, identifiés à juste titre comme karstique dans le référentiel des masses d'eau, et pour lesquels la correspondance IDPR / BFI reste valable.

3.1. ÉVALUATION DE L'«INFILTRATION EDL»

3.1.1. IDPR et pourcentage d'infiltration

L'IDPR V1 moyen est calculé à l'échelle de chaque masse d'eau de Niveau 1 (agrégation spatiale, cf. Illustration 7).

Chacune de ces masses d'eau est ensuite affectée d'un pourcentage d'infiltration (fonction de l'IDPR moyen pour les masses d'eau sédimentaires, 55 % en domaine de socle).

Pour les masses d'eau de type EV (Édifice Volcanique), IL (Imperméable Localement aquifère) et IP (Intensément Plissée), le tableau de correspondance élaboré pour le domaine sédimentaire a été retenu, car les pourcentages d'infiltration ainsi calculés s'avèrent plus sécuritaires étant données les valeurs élevées de l'IDPR (pourcentage d'infiltration plus faible que celui retenu en domaine de socle).

Les masses d'eau de type EV, IL et IP mériteraient d'être étudiées plus en détails afin de consolider ce choix.

Les Illustration 7 et Illustration 8 présentent une cartographie nationale (hors DROM) respectivement de l'IDPR moyen et du pourcentage d'infiltration (agrégés à l'échelle des masses d'eau de Niveau 1).

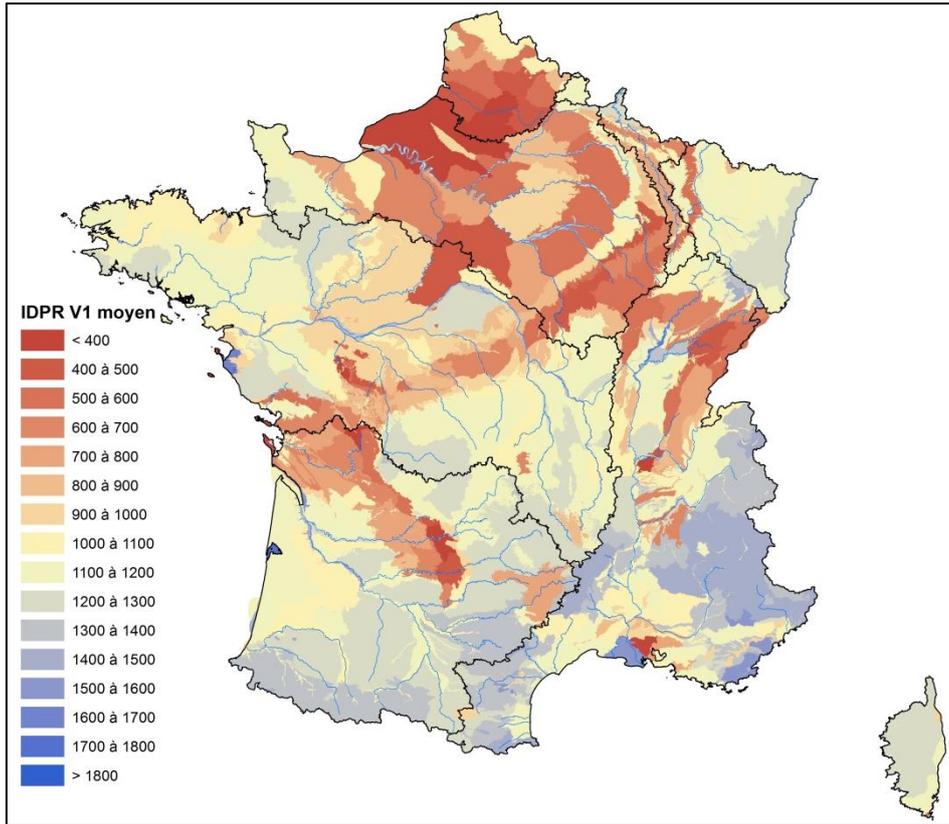


Illustration 7 – Cartographie de l'IDPR V1 moyen pour les masses d'eau souterraines de niv. 1

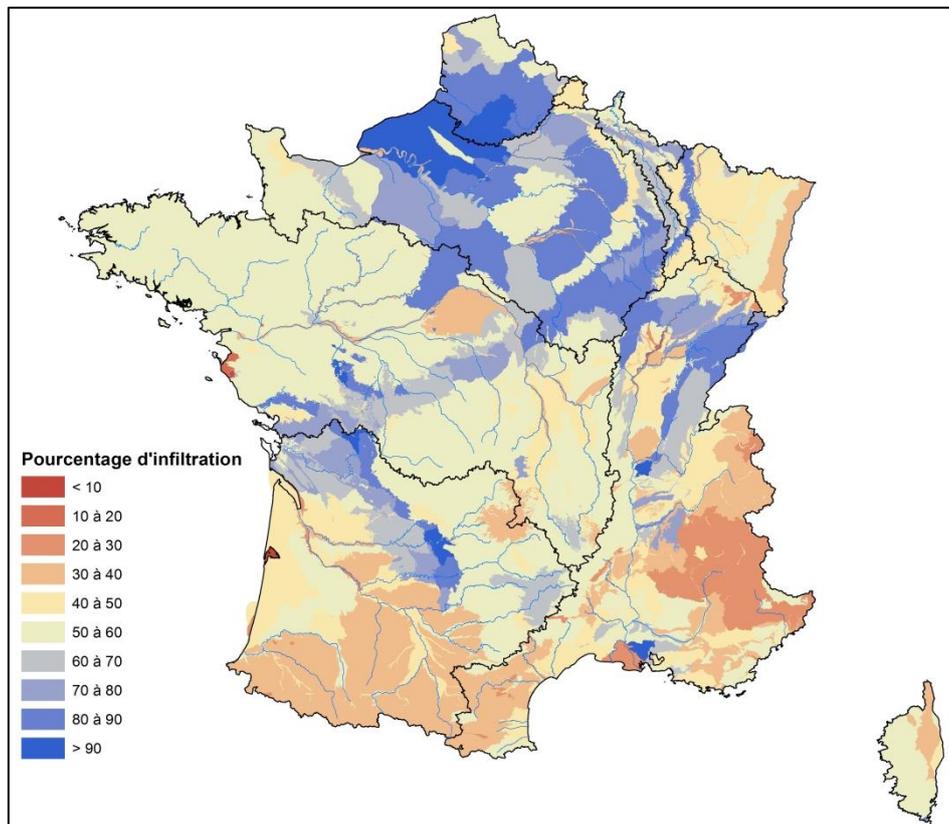


Illustration 8 – Cartographie du pourcentage d'infiltration pour les masses d'eau souterraines de niv. 1

3.1.2. Précipitations efficaces

Les pluies efficaces utilisées sont issues de la chaîne de modélisation hydro-météorologique SAFRAN-ISBA-MODCOU (SIM 2) développée par Météo-France en partenariat avec l'UMR-Sisyphé et l'Ecole des Mines de Paris (grille de 8km x 8km).

Les précipitations efficaces annuelles moyennes ont été calculées sur la période 1981-2015.

Une nouvelle fois, les précipitations efficaces ont été agrégées à l'échelle des masses d'eau souterraine de niveau 1.

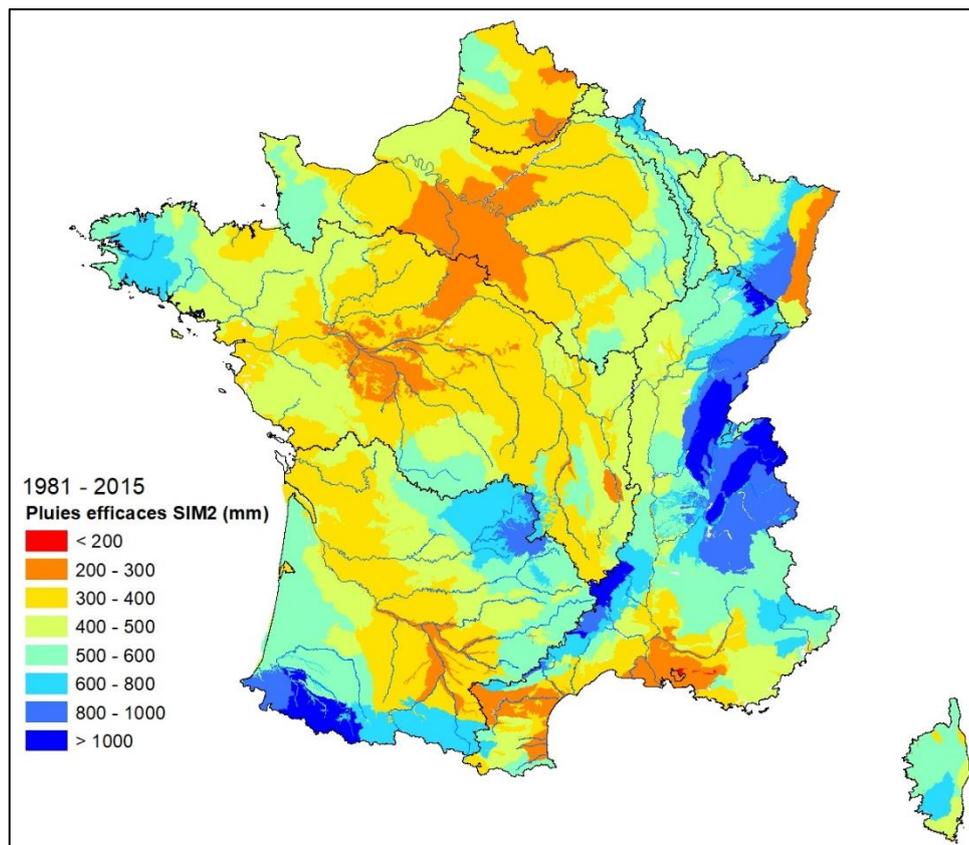


Illustration 9 – Cartographie des précipitations efficaces annuelles moyennes pour les masses d'eau souterraine de niveau 1 (source : SIM 2, Météo France)

3.1.3. « Infiltration EdL »

La recharge météorique (en mm) a été calculée en faisant le produit des précipitations efficaces annuelles moyennes et du pourcentage d'infiltration, à l'échelle de chaque masse d'eau de niveau 1 (Illustration 10).

Les résultats ont ensuite été convertis en volume infiltré (m³) en ne considérant que la superficie affleurante de la masse d'eau (option sécuritaire).

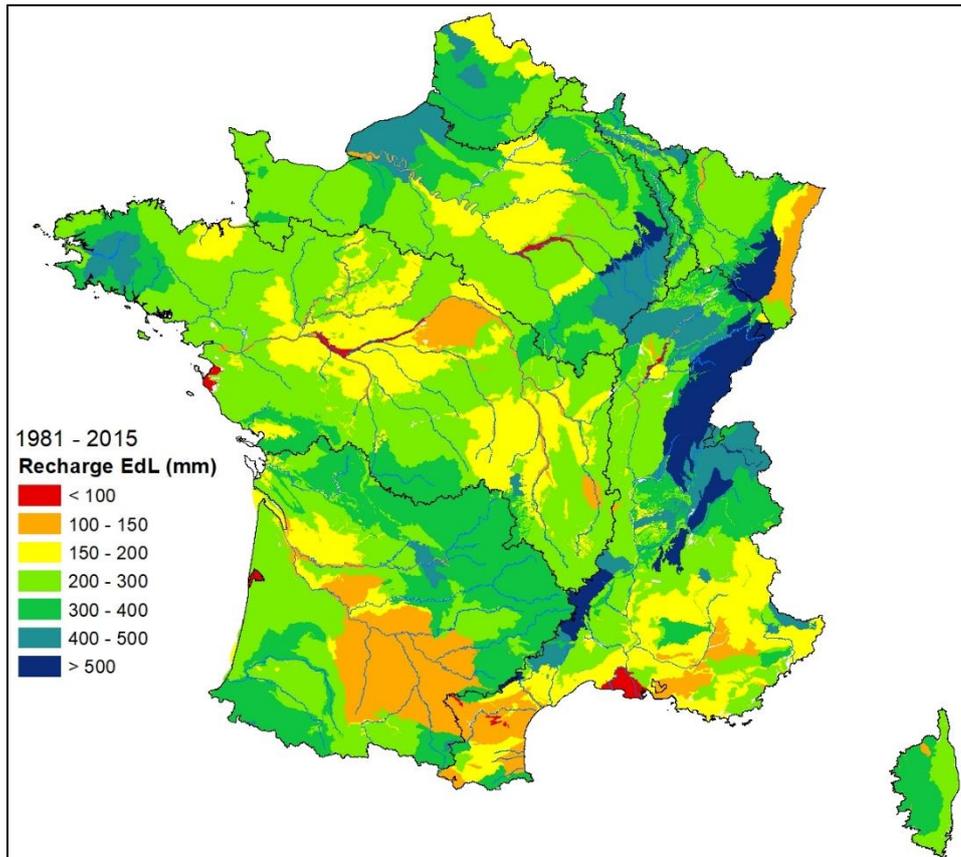


Illustration 10 – Cartographie de la « Recharge EdL » moyenne pour les masses d'eau souterraine de niveau 1

3.2. ÉVALUATION DES PRELEVEMENTS

En première approche, un travail de rattachement des volumes de prélèvement issus de la BNPE aux masses d'eau souterraine réalisé par le BRGM a été exploité. Ce rattachement, incomplet du fait d'une description non univoque des points de prélèvements, n'intègre, par ailleurs, que les prélèvements AEP. Ont été retenus uniquement les prélèvements de l'année 2013 (Illustration 11).

Il faut noter que 17 masses d'eau sont associés à des prélèvements nuls.

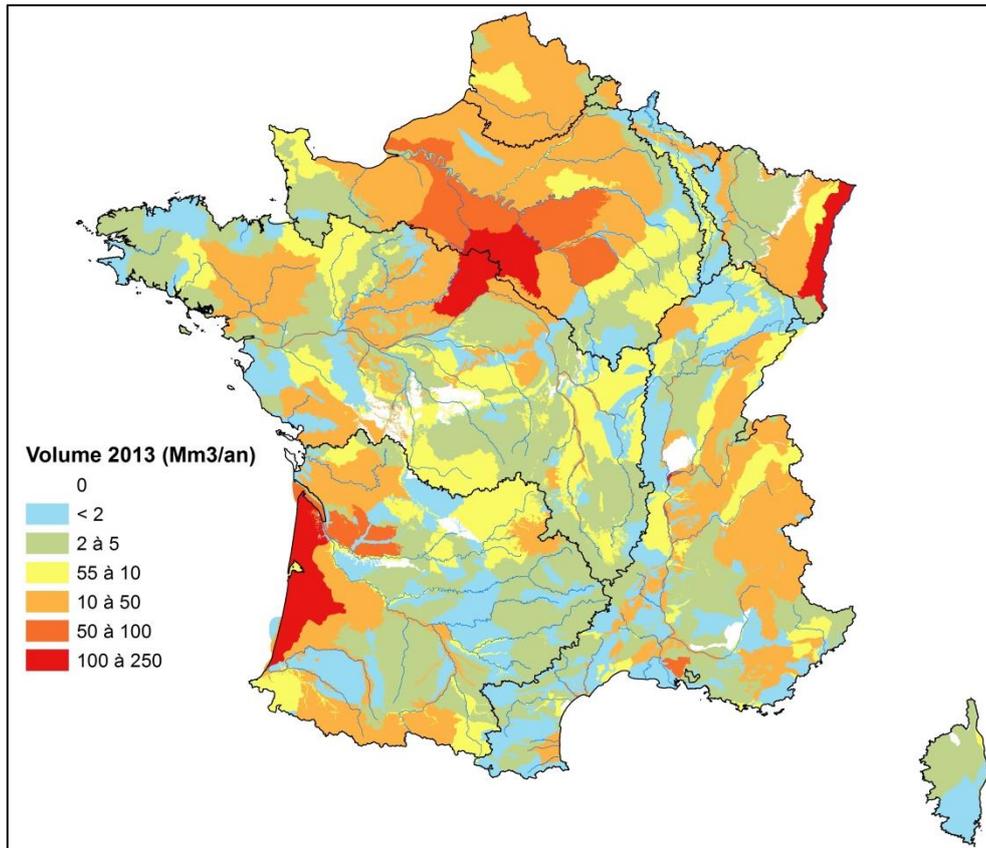


Illustration 11 – Cartographie des prélèvements BNPE de l'année 2013 pour les masses d'eau souterraine

Dans un second temps, au regard du biais alors introduit dans l'évaluation des prélèvements, des données plus précises ont été fournies :

- pour le bassin Adour Garonne, les volumes annuels des années 2003 et 2010 (tous usages confondus) utilisés dans le cadre du dernier rapportage ont été récupérés auprès de la Direction Territoriale Midi-Pyrénées du BRGM (Cf. Illustration 12) ;
- pour le bassin Artois-Picardie, les volumes annuels de l'année 2013 (tous usages confondus) ont été transmis par la DREAL de bassin (Cf. Illustration 13).

Des différences significatives sont effectivement constatées. L'exercice ici présenté devra, par conséquent, être repris sur la base d'une évaluation des prélèvements plus précise.

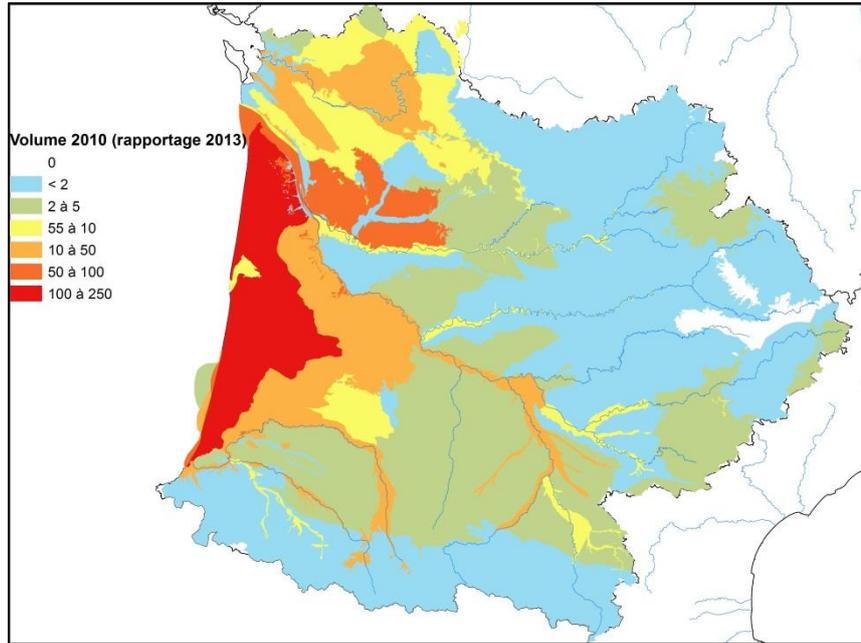


Illustration 12 – Cartographie des prélèvements 2010 (en Mm³/an) issus de la base de données Agence de l'Eau Adour Garonne pour les masses d'eau souterraine de niveau 1

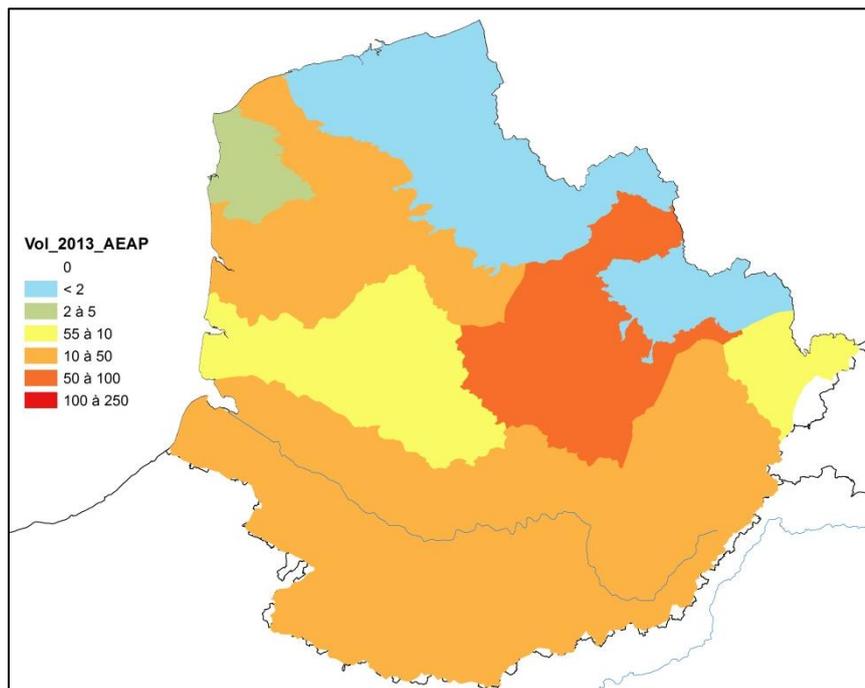


Illustration 13 – Cartographie des prélèvements 2013 (en Mm³/an) issus de la base de données Agence de l'Eau Artois Picardie pour les masses d'eau souterraine de niveau 1

3.3. CALCUL DU RATIO PRELEVEMENT / « INFILTRATION EDL »

En fonction des valeurs de prélèvements considérées, trois résultats sont présentés ci-après :

- ratios calculés à partir des prélèvements AEP de l'année 2013 issus de la BNPE (Illustration 14) ;
- ratios calculés à partir des prélèvements AEAG de l'année 2010 tous usages confondus (Illustration 15) ;
- ratios calculés à partir des prélèvements AEAP de l'année 2013 tous usages confondus (Illustration 16).

Les masses d'eau de type alluvial ne sont volontairement pas présentées (Cf. § 4.4). En revanche, à titre indicatif, les masses d'eau karstiques sont reportées afin de ne pas exclure celles pour lesquelles la relation linéaire BFI vs IDPR est vérifiée (ex. craie et calcaires du Dogger en Seine Normandie).

Les résultats sont discutés au chapitre suivant.

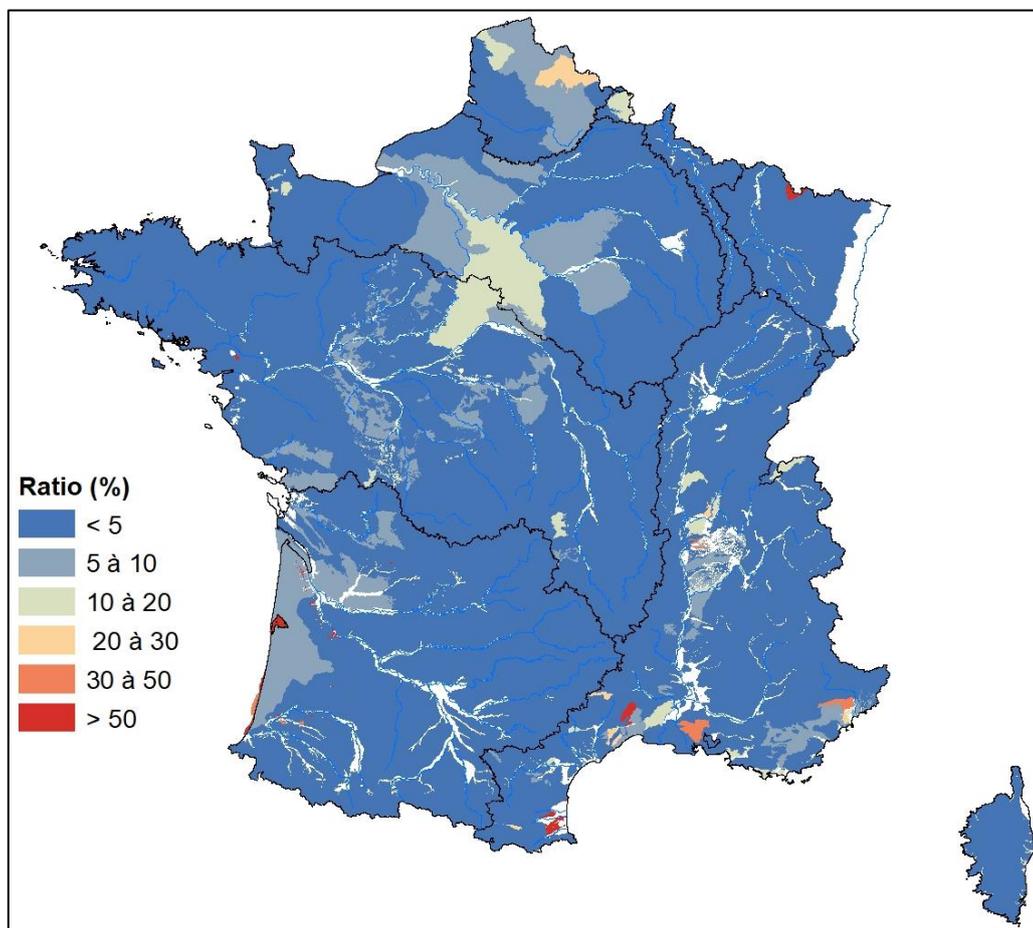


Illustration 14 – Cartographie du ratio Prélèvement BNPE / « Recharge Edl » pour les masses d'eau souterraine de Niveau 1 (hors alluvions)

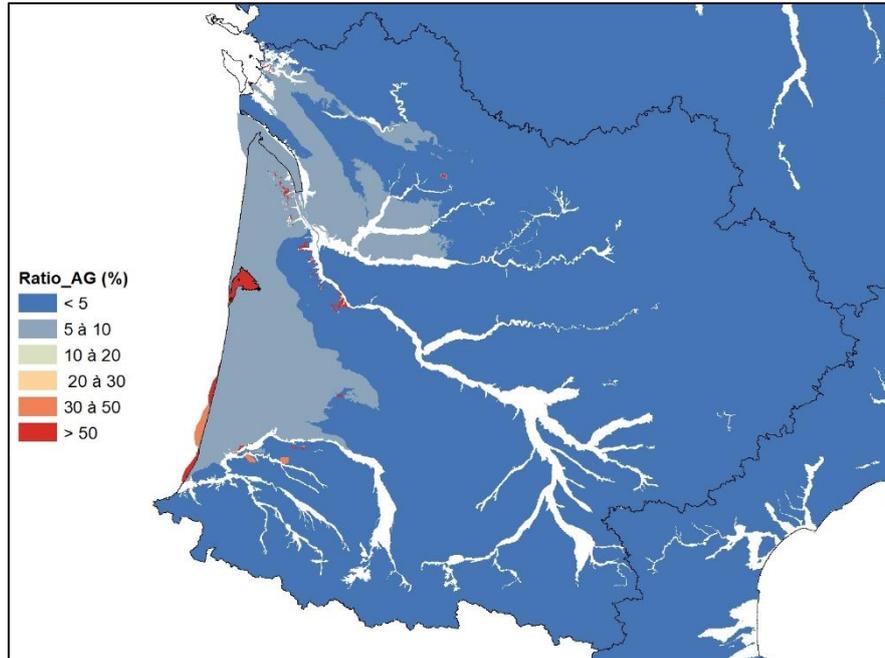


Illustration 15 – Cartographie du ratio Prélèvement AEAG 2010 / « Recharge Edl » pour les masses d'eau souterraine de Niveau 1

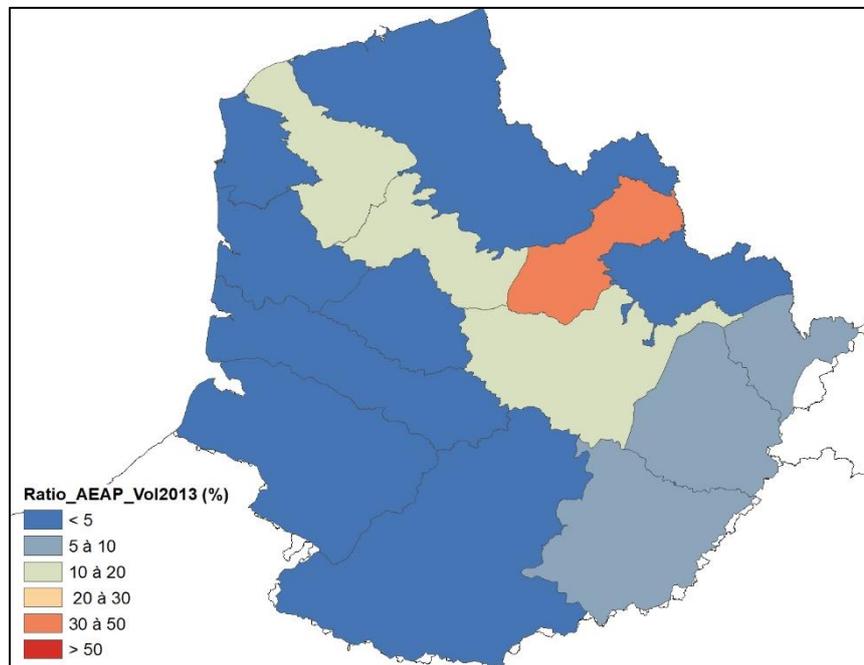


Illustration 16 – Cartographie du ratio Prélèvement AEAP 2013 / « Recharge Edl » pour les masses d'eau souterraine de niveau 1

4. Résultats et valeurs guides

Dans le cadre de la présente étude méthodologique, les analyses présentées ci-après portent sur des ratios Prélèvements / « Infiltration EdL » calculés à partir des prélèvements issus de la BNPE, dans le but de couvrir la totalité du territoire métropolitain.

Comme discuté précédemment, l'exercice devra être repris à partir d'une estimation plus fiable des prélèvements.

4.1. ANALYSE DE SENSIBILITE

Préalablement à l'analyse des résultats, il est proposé d'étudier la sensibilité du ratio calculé à la variabilité de l'«Infiltration EdL».

Pour ce faire, une erreur de +/- 25 % sur ce paramètre a été considérée. Deux nouvelles cartographies du ratio Prélèvements / « Infiltration EdL » ont, par conséquent, été générées : une première avec des valeurs d'infiltration réduites de 25 % sur tout le territoire et une seconde avec des valeurs augmentées de 25 % (Illustration 17).

Il est intéressant de souligner que le ratio est peu sensible à la variabilité de l'infiltration pour les masses d'eau de type socle, édifice volcanique, imperméable localement et intensément plissé. Au regard de ce résultat, les approximations faites précédemment, en particulier en domaine de socle (i.e. % d'infiltration uniforme de 55 %), apparaissent acceptables pour dérouler l'exercice du test balance et de l'estimation des pressions de prélèvements.

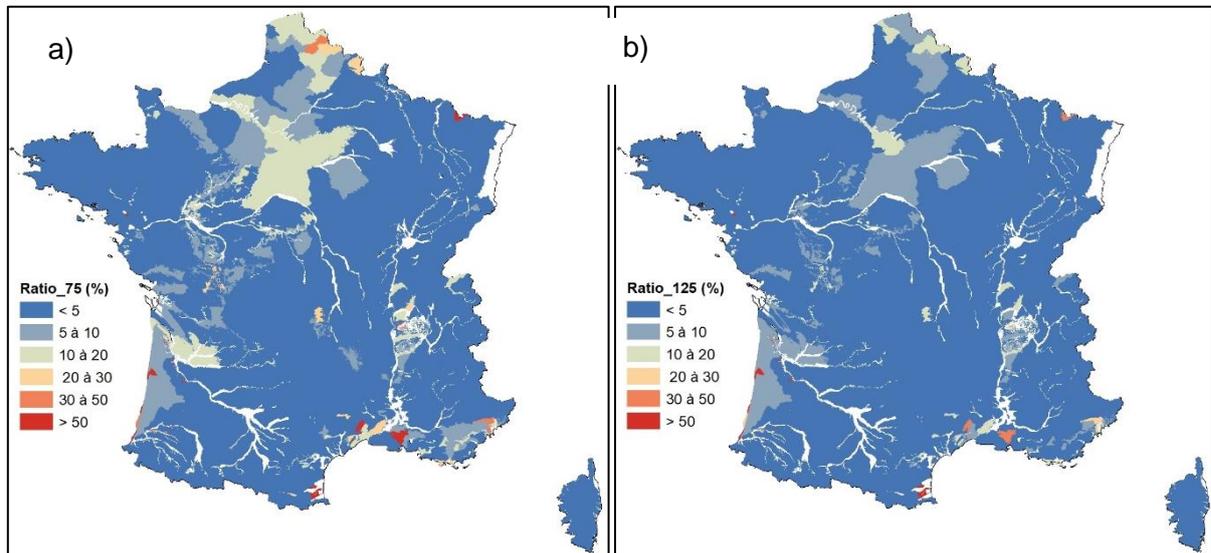


Illustration 17 – Cartographie du ratio Prélèvement BNPE / « Infiltration EdL » avec a) une infiltration réduite de 25% et b) une infiltration augmentée de 25%

4.2. MASSES D'EAU DE TYPE SEDIMENTAIRE

L'échantillon initial est constitué de 263 masses d'eau de niveau 1 (type DS - Divers Sédimentaire). Pour plus de rigueur, ont été retirées les masses d'eau associées à des nappes alluviales ou à des aquifères captifs. Par ailleurs, les calculs des précipitations efficaces n'ont pas été possibles pour 19 masses d'eau (masses d'eau de très faibles superficies = artefacts ?).

Au final, l'échantillon est composé de 227 masses d'eau souterraine. L'illustration 18 présente l'histogramme de répartition des ratios calculés.

Ils varient entre 0 et 73 % pour des valeurs médiane et moyenne respectivement de 2 % et 5 %. **Le quatre-vingt-quinzième centile est de 21 %** (valeur telle que 5 % des valeurs y sont supérieures).

Seules 4 masses d'eau présentent un ratio supérieur à 50 %. Parmi celles-ci, deux avaient été identifiées en pression significative lors de l'état des lieux 2016 (FRDG113 et FRDG243 dans le bassin RMC).

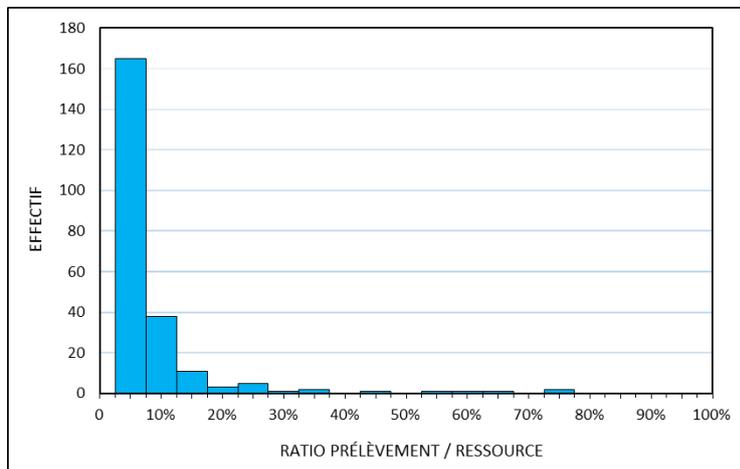


Illustration 18 – Histogramme des ratios calculés en domaine sédimentaire

Il est rappelé que l'identification des ratios élevés doit permettre de cibler les masses d'eau potentiellement en tension quantitative. Ce premier traitement automatique devra inévitablement être suivi d'une expertise régionale.

4.3. MASSES D'EAU DE TYPE SOCLE

En domaine de socle, des ratios ont été calculés pour 84 masses d'eau de Niveau 1 (Cf. histogramme de répartition, Illustration 19).

Tous les ratios calculés sont inférieurs à 5 % et **seules deux masses d'eau présentent un ratio supérieur à 3 %**. Parmi ces dernières, une seule avait été identifiée en pression significative lors du dernier état des lieux (FRGG029 en Loire Bretagne).

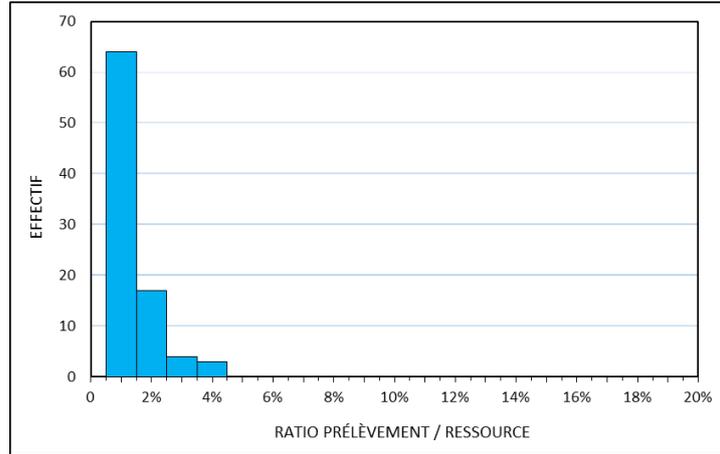


Illustration 19 – Histogramme des ratios calculés en domaine de socle

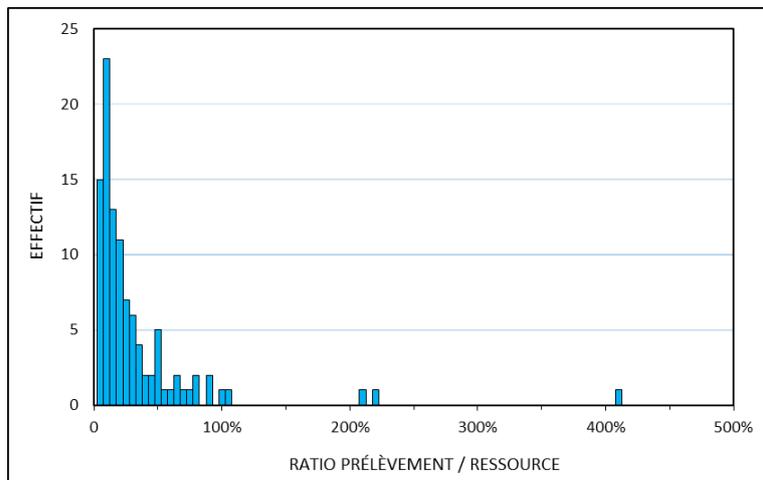
4.4. MASSES D’EAU DE TYPE ALLUVIAL

Pour 25 masses d’eau de type alluvial, le calcul des pluies efficaces n’a pas été possible de façon automatique (très faibles superficies, artefact ?). Au final, l’échantillon étudié est constitué de 104 masses d’eau (dont 10 initialement classées en sédimentaire, Cf. § 4.2).

Les ratios médian et moyen sont respectivement de 16 % et 40 %. Cinq masses d’eau présentent des ratios supérieurs à 100 % (Illustration 20).

Ces ratios plus élevés ne sont pas toujours expliqués par une forte pression sur les masses d’eau. En effet, ne considérer que la recharge météorique dans le cas des nappes alluviales est trop restrictif compte tenu d’une réalimentation qui peut se faire majoritairement par les cours d’eau et les aquifères bordiers.

Le test balance tel que déroulé jusqu’alors (recharge météorique) n’est pas pertinent pour les masses d’eau alluviales. Cela n’aurait donc **pas de sens de proposer une valeur guide, en particulier pour les nappes alluviales des grandes vallées fluviales** : exemple du système Saône / Rhône où plusieurs masses d’eau ressortent avec des ratios très élevés : 6 masses d’eau avec un ratio supérieur à 66 %.



4.5. AUTRES TYPES DE MASSES D'EAU

Pour les autres types de masses d'eau, moins représentées, **les ratios calculés sont rarement supérieurs à 5 % : trois masses d'eau de type EV, deux de type IL et une de type IP.**

À titre indicatif, lors du dernier état des lieux, seules une masse d'eau de type IL et une de type IP avaient été rapportées en pressions significative (aucune de type EV).

En complément de l'analyse de sensibilité précédemment discutée, ces résultats permettent de relativiser les approximations faites sur l'évaluation de l'infiltration.

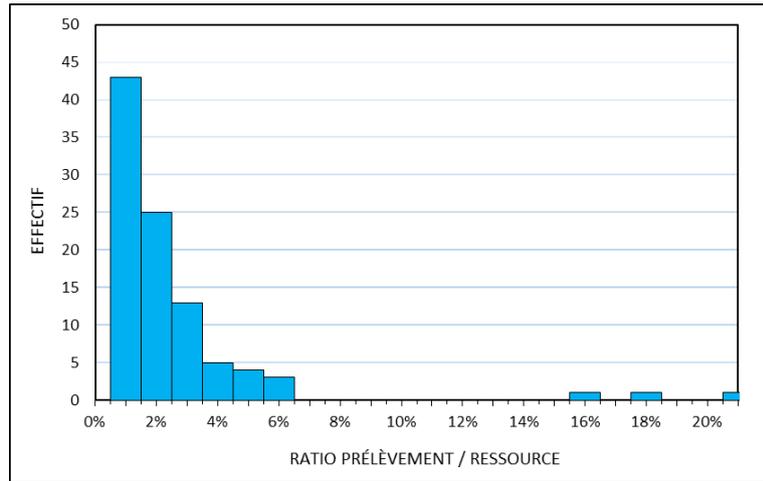


Illustration 21 – Histogramme des ratios calculés pour les masses d'eau de type EV, IL et IP

5. Conclusions

Les principales limites méthodologiques identifiées sont listées ci-après :

- ✓ Comme discuté au § 2.1, l'assimilation du BFI à l'infiltration météorique présente certaines limites d'application. Cela reste cependant vrai pour toutes les méthodes d'évaluation de la recharge ;
- ✓ L'échantillon des bassins versants étudiés pour établir la relation linéaire entre IDPR et BFI est à enrichir, en particulier dans les bassins Adour Garonne et RMC. Il faut noter que des travaux du BRGM sur la recharge, en cours dans ces deux bassins, devraient y contribuer ;
- ✓ La relation entre IDPR et BFI, et donc la méthodologie proposée pour la réalisation du test balance et estimation des pressions prélèvement, ne s'applique pas aux aquifères karstiques (hors craie de Normandie) ;
- ✓ Même si la relation n'est pas non plus probante pour les aquifères de socle, l'application d'un pourcentage d'infiltration uniforme apparaît acceptable compte tenu de la faible sensibilité du ratio « Prélèvements / Recharge » à la variabilité de l'infiltration. Le même constat peut être fait pour les masses d'eau souterraines de type EV, IL et IP ;
- ✓ En l'état actuel, la BNPE ne semble pas pouvoir être utilisée pour une estimation des prélèvements ciblés sur les masses d'eau souterraine concernées ;
- ✓ Une estimation qui ne considère que la recharge par les précipitations n'est pas pertinente pour les nappes alluviales (alimentation par les cours d'eau, les aquifères de versant, etc.). D'autres alternatives sont à étudier, on peut par exemple citer l'utilisation dans le bassin Rhin Meuse d'un indicateur complémentaire en relation avec le QMNA5 des cours d'eau (état des lieux 2016) ;
- ✓ Dans les cas où les prélèvements sont concentrés d'un point de vue géographique, la pression peut être « diluée » à l'échelle de la masse d'eau. Cela peut alors se traduire par un faible ratio « Prélèvements / Infiltration » malgré une exploitation localement très intense (exemple de la masse d'eau des calcaires bajo-bathonien de la plaine de Caen et du Bessin, classée en ZRE, avec un ratio calculé de 6%).

En conclusion, la méthodologie proposée présente l'avantage de spatialiser l'« Infiltration EdL » et de permettre une automatisation des calculs prélèvement/ressource à partir de logiciels de S.I.G.

Cependant, compte tenu des biais constatés sur le rattachement des prélèvements de la BNPE aux masses d'eau, l'exercice devra être repris dans chaque bassin avec une estimation plus fiable des prélèvements. En fonction des résultats obtenus, des valeurs seuils pourront être proposées. Pour ce faire, il suffit de mettre à disposition des bassins, la grille des volumes infiltrés (construite à partir des grilles des précipitations efficaces et de l'IDPR).

En tout état de cause, l'objectif de la méthodologie décrite n'est pas de se substituer à l'expertise régionale mais d'aider, en amont, les Bassins à pré-cibler les masses d'eau souterraine potentiellement à pression significative.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

**Centre scientifique et technique
Direction Eau, Environnement et Ecotechnologies**

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34

www.brgm.fr