



Comparaison des résultats de l'outil STRATEAU aux données de prélèvements pour redevances des Agences de l'Eau

SARL au capital de 210 400 €
99 rue de Stalingrad
93100 Montreuil-sous-Bois
Tel / fax 01 42 87 23 27
SIRET 480 478 502 00036

Sommaire

1	Introduction.....	6
1.1	Genèse de l’outil.....	6
1.2	A quoi sert l’outil ?.....	6
1.3	Pourquoi faire une comparaison avec les données redevances ?.....	6
2	Utilités de STRATEAU : à quoi peut servir l’outil ?.....	7
2.1	Réalisation d’un état des lieux : mieux connaître pour mieux gérer.....	7
2.2	Quantification des impacts des évolutions futures : Projection.....	8
2.3	Elaboration de scénarios alternatifs : Prospective.....	8
2.4	Une base pour la concertation.....	9
3	Méthode de comparaison.....	10
3.1	Mode de fonctionnement de l’outil Strateau.....	10
3.1.1	La demande : une modélisation basée sur l’identification des besoins.....	10
3.1.2	La ressource : une modélisation de la répartition de l’offre dans le temps.....	13
3.1.3	Le lien entre la demande et la ressource : les règles d’affectation.....	15
3.1.4	Point de vocabulaire sur les notions développées dans l’outil STRATEAU : ...	16
3.2	Les redevances « prélèvements ».....	20
3.2.1	Qui doit payer cette redevance ?.....	20
3.2.2	Comment se calcule-t-elle ?.....	20
3.2.3	Les limites de ces données.....	22
3.3	La méthodologie utilisée pour l’analyse critique des résultats.....	22
3.3.1	Problématique.....	22
3.3.2	Les différentes étapes de la comparaison.....	24
4	Validation des résultats produits par l’outil de modélisation.....	28
4.1	Principaux résultats.....	29
4.2	Les prélèvements en eau pour l’alimentation en eau potable.....	31
4.2.1	La reconstitution des prélèvements en eau pour le secteur de l’eau potable.....	31
4.2.2	Comparaison avec les données de prélèvements de l’Agence de l’Eau.....	33
4.3	Les prélèvements en eau pour le secteur agricole.....	38
4.3.1	La reconstitution des prélèvements en eau pour le secteur agricole.....	38
4.3.2	Comparaison avec les données de prélèvement des Agences de l’Eau.....	46
4.3.3	Conclusion de la comparaison pour ce secteur et avantages du modèle.....	52
4.4	Les prélèvements en eau pour le secteur de l’énergie.....	54
4.4.1	La reconstitution des prélèvements en eau du secteur de l’énergie.....	54
4.4.2	Comparaison avec les données de prélèvements de l’Agence de l’eau.....	55
4.4.3	Conclusion de la comparaison pour ce secteur et avantages du modèle.....	57

4.5	Les prélèvements en eau pour le secteur industriel	59
4.5.1	La reconstitution des prélèvements en eau pour le secteur industriel	59
4.5.2	Comparaison avec les données de prélèvement des Agences de l'eau	59
4.5.3	Conclusion de la comparaison pour ce secteur et avantages du modèle	64
4.6	Conclusions de la comparaison	65
4.6.1	Synthèse générale des résultats de la comparaison pour les 4 secteurs	65
4.6.2	Analyse critique de la méthodologie utilisée	66
5	ANNEXES	67
5.1	Comparaison des données de prélèvements en eau pour le secteur énergétique.....	67

Table des illustrations

Figure 1 : Méthode générale de reconstitution de la demande.....	10
Figure 2 : Mode de reconstitution des demandes en eau non agricoles	11
Figure 3 : Création de la maille territoriale la plus fine en France.....	12
Figure 4 : Répartition de l'offre en eau entre les différentes ressources.....	14
Figure 5 : Bilan massique et règles d'affectation entre les demandes et les offres	15
Figure 6 : Schéma des besoins en eau	17
Figure 7 : Schéma des prélèvements en eau.....	17
Figure 8 : Schéma total du cycle reconstitué.....	18
Figure 9 : Evolution des volumes déclarés pour l'agriculture en France dans le cadre des redevances prélèvements	21
Figure 10 : Les taux, votés par le Conseil d'administration de l'Agence de l'eau RMC	22
Figure 11 : Schéma de la méthodologie utilisée pour la comparaison du modèle et des données.....	25
Figure 12 : Carte des 24 régions hydrographiques.....	26
Figure 13 : Carte des précipitations annuelles à l'échelle de la commune.....	39
Figure 14 : Carte du taux d'humidité sur la période mai-septembre par région hydrographique (année 2006).....	40
Figure 15 : Répartition des superficies irriguées en fonction du mode d'irrigation et de la région.....	41
Figure 16 : Evolution des superficies irriguées en France par culture	42
Figure 17 : Besoins en eau des cultures et demandes pour l'irrigation.....	43
Figure 18 : Variation par région hydrographique des besoins et des demandes en eau d'irrigation par hectare de maïs grain	43
Figure 19 : Répartition des volumes d'eau demandés par culture en France en 2006	44
Figure 20 : Comparaison des volumes demandés par hectare et par an en France	44
Figure 21 : Répartition géographique des lieux de prélèvements et de demandes en eau	46
Figure 22 : Comparaison des données sur les redevances prélèvements et de la modélisation Strateau.....	48
Figure 23 : Répartition des volumes prélevés dans les données redevances par mode d'irrigation.....	50
Figure 24 : Répartition des modes d'obtention des informations sur les redevances sur les 4 régions hydrographiques les plus surestimées par Strateau	51
Figure 25 : Différence entre les prélèvements modélisés et les prélèvements renseignés dans la BdD AE pour l'irrigation	52

Table des tableaux de données

Tableau 1 : Nomenclature des régions hydrographiques.....	27
Tableau 2 : Cartes des demandes en eau reconstituées par STRATEAU	28
Tableau 3 : Synthèse des prélèvements annuels et comparaison avec les données des Agences.....	29
Tableau 4 : Pourcentage de fuite par région hydrographique	32
Tableau 5 : Comparaison sur l'ensemble du bassin des résultats modélisés et des données de prélèvements pour le secteur de l'eau potable.....	33
Tableau 6 : Comparaison par région hydrographique, secteur de l'eau potable.....	35
Tableau 7 : Comparaison des volumes d'eau distribués par habitant et de la modélisation de la demande en eau potable par habitant	36
Tableau 8 : Valeurs d'efficacités des différents modes d'irrigation utilisées pour la modélisation	41
Tableau 9 : Comparaison de la demande modélisée et des prélèvements modélisés en Mm3 avec les données de prélèvements de l'Agence de l'eau.....	49
Tableau 10 : Prélèvements et consommations d'eau selon le mode de refroidissement des centrales nucléaires	54
Tableau 11 : Tableau de comparaison par commune des prélèvements modélisés vs recensés pour le secteur de l'énergie pour les 23 communes présentant des résultats dans STRATEAU (dont 16 avec des réacteurs nucléaires).....	56
Tableau 12 : Comparaison par région hydrographique, secteur de l'énergie	57
Tableau 13 : Résultats modélisés de la répartition en 2006 des prélèvements et des consommations d'eau pour le secteur de l'énergie	58
Tableau 14 : Comparaison des prélèvements industriels sur les communes recensées dans la BdD AE.....	61
Tableau 15 : Répartition des prélèvements industriels par branches d'activités.....	61
Tableau 16 : Répartition des prélèvements industriels en 2007 (SOeS)	62
Tableau 17 : Comparaison par bassin versant, secteur de l'industrie	63
Tableau 18 : Synthèse de la comparaison des résultats modélisés avec les données de prélèvements de l'Agence de l'Eau	65
Tableau 19 : Prélèvements reconstitués et issus de la BdD AE par commune pour le secteur énergétique	71

1 Introduction

1.1 Genèse de l'outil

Depuis 2009, l'Ambassade de l'Eau, aux côtés de l'ONEMA, des Agences de Bassin, du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (MEEDDM) et des principaux acteurs économiques de l'eau en France, a chargé Energies Demain d'assurer la maîtrise d'œuvre d'un **outil d'analyse stratégique et de prospective sur les équilibres demandes/ressources en eau** :STRATEAU. En 2012, l'Office National des Eaux et des Milieux Aquatiques (ONEMA) a souhaité aller plus loin en déployant l'outil sur la France Métropolitaine. Afin de valider l'approche retenue dans l'outil, il a été demandé à Energies Demain de réaliser une comparaison de ses données avec la base « Redevance Prélèvements » des Agences de l'eau. C'est l'objet de ce présent rapport.

1.2 A quoi sert l'outil ?

Cet outil a pour objectif d'offrir aux acteurs locaux une base de réflexion pour la **mise en place de politiques publiques de gestion de l'eau** : Etudes volumes prélevables, plan d'adaptation au changement climatique, SAGE, SDAGE, organismes uniques. Il s'agit d'un **outil d'aide à la décision** destiné à éclairer le choix des décideurs dans toute stratégie politique ayant un lien avec la **gestion de la demande en eau** (GDE) ou impactant l'offre en eau. La finalité est une meilleure rationalité dans la gestion de l'eau ainsi qu'une objectivation des débats. Des clés de lecture administrative et hydrologique sont proposées aux utilisateurs. Strateau est également attendu pour contribuer à la concertation entre acteurs ainsi que pour la formation.

1.3 Pourquoi faire une comparaison avec les données redevances ?

Strateau reconstitue la demande en eau des territoires ainsi que les prélèvements en partant des besoins des utilisateurs : il s'agit de la méthode « Bottom-up ». Les données déclaratives des Agences de l'eau issues des « redevances prélèvements », qui s'apparentent à des données « compteur » ne sont pas utilisées. Une mise en parallèle de ces deux informations, à des échelles pertinentes, permettra d'estimer le degré de fiabilité de l'outil et potentiellement d'identifier des points d'incohérence sur les volumes déclarés par les utilisateurs.

Une approche similaire sur l'offre en eau est plus délicate à mettre en place en raison du manque d'information sur les ressources en eau. Nous limiterons donc cette comparaison au volet « Demande/Prélèvement » de l'outil Strateau.

Après avoir rappelé le fonctionnement de Strateau, puis présenté la méthode utilisée pour mettre en regard les données de Strateau avec les données des redevances prélèvements, nous comparerons les résultats secteur par secteur.

2 Utilités de STRATEAU : à quoi peut servir l'outil ?

Face à la croissance des activités économiques et à l'évolution des pressions démographiques et agricoles, les efforts de mobilisation des ressources en eau atteignent à plus ou moins long terme leurs limites tant physiques qu'économiques. D'autant plus qu'à ces usages traditionnels de l'eau viennent s'ajouter des utilisations nouvelles pour le tourisme et les activités de loisirs, qui mènent à une exploitation des ressources hydriques de plus en plus poussée. De plus, ces évolutions sont à intégrer dans un contexte de changement climatique, qui affecte la répartition des ressources en eau dans le temps et dans l'espace.

Dans certains bassins la situation est d'ores et déjà difficile, et les éléments de prévision laissent prévoir une intensification des prélèvements et donc un aggravement du déficit. Les pressions croissantes sur la ressource sont telles qu'actuellement elles exigent une stratégie d'adaptation aux périodes de pénuries pour assurer le respect des principaux usages. La connaissance fine et prospective de l'adéquation entre la demande et l'offre en eau présente et future est, dès lors, déterminante pour le devenir des territoires. Dans la recherche de l'atteinte de cet équilibre, il apparaît essentiel de porter les **efforts sur la maîtrise de la demande en eau**, afin de pouvoir réguler et alléger en amont la pression sur la ressource. Il s'agit d'adopter une nouvelle approche de la gestion de l'eau accordant une place plus importante à la compréhension et à la maîtrise de la demande sur un territoire, avant d'envisager l'exploitation de nouvelles ressources. Cette nouvelle politique d'une gestion intégrée et durable de l'eau selon une approche par la demande séduit de plus en plus, comme en témoigne le séminaire du Plan Bleu « Gestion de la demande en eau en Méditerranée, progrès et politiques » qui s'est tenu en 2007. (Plan Bleu, Décembre 2007) C'est dans ce contexte que le modèle développé trouve toute son utilité car les outils conventionnels de modélisation se focalisant sur l'offre ne sont aujourd'hui pas aptes à répondre aux questions qui peuvent se poser en termes de gestion de la demande en eau sur un territoire.

L'étude des documents d'orientation des politiques de gestion de l'eau en France et en Europe montre qu'**une gestion intégrée et durable de la ressource en eau** doit passer par une connaissance fine des usages et des usagers de l'eau sur le territoire considéré. Ainsi les gestionnaires s'accordent sur quatre principaux points, qui sont des étapes essentielles à une bonne organisation de la gestion de l'eau sur un territoire :

- La réalisation d'un état des lieux sur le territoire considéré (comprendre le problème)
- La projection des tendances (énoncer des images futures)
- L'analyse prospective (élaborer des scénarios volontaristes et évaluer leurs effets)
- L'implication des différents acteurs, notamment à travers la concertation

La partie suivante cherche à valoriser l'outil développé au regard de ces quatre principaux objectifs, auxquels nous pouvons ajouter la *formation* pour développer la capacité à faire des acteurs.

2.1 Réalisation d'un état des lieux : mieux connaître pour mieux gérer

L'utilisation de l'outil permet **une reconstitution de la demande territorialisée et temporalisée** incluant tous les secteurs demandeurs d'eau, ce qui permet de réaliser un état des lieux complet sur le territoire étudié. Les résultats produits permettent de comprendre comment est générée la demande en eau, donnent une synthèse quantitative de ce bilan et permettent une comparaison de l'importance relative du besoin en eau des différents secteurs. Le développement de cette reconstitution de la demande sur un territoire permet donc un état des lieux qui donne une vision globale répondant aux questions suivantes : Quelle quantité, à

quels moments, sur quelle partie du territoire et pour quels usages ? D'autre part, la mise en vis à vis de la demande et surtout des prélèvements avec l'offre disponible met clairement en évidence les problèmes de gestion de l'eau sur le territoire : Quels sont les moments où les prélèvements sont supérieurs à l'offre, quels sont les conflits d'usage à gérer, quelle ressource est mobilisée pour quels usages ?

Jusqu'à présent, les études proposées par les bureaux d'études pour la réalisation d'un état des lieux dans le cadre de l'élaboration d'un SAGE offrent juste un bilan à une année n. Mais dans le cadre de l'utilisation d'un outil comme celui développé, on a la possibilité d'affiner cet état des lieux au fur et à mesure que de nouvelles données sont disponibles, on peut également actualiser d'année en année les paramètres à l'origine de la demande, et ainsi permettre un suivi dans le temps des évolutions du territoire.

2.2 Quantification des impacts des évolutions futures : Projection

« Pour mieux anticiper les problèmes à venir, la collectivité doit mettre au point des scénarii d'évolution, évaluer les effets potentiels des évolutions prévisibles, ce qui suppose de travailler à la source des questions, à traiter par une approche multidisciplinaire. » SDAGE Rhône Méditerranée. Dans le cadre de la réflexion sur les grandes orientations de la politique de l'eau sur un territoire, il faut d'abord pouvoir se projeter dans l'avenir et être capable d'évaluer l'évolution probable des usages de l'eau au regard de la tendance globale des différents secteurs préleveurs. Sur un bassin versant donné, l'outil proposé permet de simuler l'évolution de la demande et de l'offre en eau grâce à l'intégration des grandes tendances qui s'imposeront dans le futur en termes, par exemple :

- de croissance démographique
- d'évolution des activités économiques : augmentation du tourisme, des activités de loisir, recul de l'industrie
- d'évolution de l'occupation des sols : modifications de l'agriculture, urbanisme, ...
- d'évolutions technologiques : mise au point de technologies plus performantes d'utilisation de l'eau, moins de fuite dans les réseaux
- d'impacts des évolutions climatiques sur la demande agricole, domestique et énergétique et sur les ressources
- de mise en œuvre des mesures en cours ou programmées (Directive Cadre sur l'Eau, Eaux Résiduaires Urbaines, Directive Nitrate).

Lors de l'étape d'état des lieux sur le territoire, les différents déterminants de la demande sont rentrés dans le modèle pour pouvoir la constituer. Il est ensuite possible de faire varier ces déterminants en fonction des évolutions prévisibles, pour pouvoir mesurer l'impact de ces changements sur la demande globale en eau.

2.3 Elaboration de scénarios alternatifs : Prospective

Une fois définies les grandes tendances d'évolution qui s'imposeront au système, il est alors possible d'envisager des scénarios alternatifs voire des effets de rupture. Il s'agit ici de réfléchir à la mise en place de vraies politiques volontaristes et d'évaluer leurs impacts. On cherchera donc à définir sur quels leviers de la demande il est possible d'agir et à quantifier les effets de ces changements grâce à la modélisation. Les leviers d'actions sur la demande peuvent être :

- **Des leviers technologiques** : Optimisation des équipements et de leur fonctionnement, mise en œuvre de techniques d'irrigations plus efficaces, réduction des fuites dans les réseaux, programmes de recyclage de l'eau (l'analyse des potentialités de recyclage de

l'eau est indissociable d'une compréhension fine de la demande, puisque l'eau usée est une ressource qui est générée par l'usage et croît généralement avec la demande).

- **Des orientations de développement du territoire** : changement des cultures agricoles, développement d'un tourisme plus raisonné, politique d'urbanisme, industrielle, transport, énergie.
- **Des leviers pédagogiques** : sensibilisation des utilisateurs aux économies d'eau et à une utilisation plus rationnelle de la ressource.
- **Des leviers réglementaires** : établissement de priorités d'usage sur la ressource, limitation des consommations en période sensible. Il est alors nécessaire de pouvoir quantifier et comparer les effets des différents scénarios envisagés afin d'évaluer l'efficacité des stratégies d'action. Implémenter ces scénarios dans un même outil permet de les quantifier en utilisant la même méthodologie de calcul, ce qui les rend plus facilement comparables.

2.4 Une base pour la concertation

Afin de formaliser les différentes stratégies de gestion de l'eau possibles sur un territoire, les documents d'objectifs insistent sur le fait que les scénarios élaborés doivent être issus de la concertation. Il est essentiel d'impliquer les acteurs locaux dans l'élaboration du plan de gestion, car ils disposent d'une part d'une capacité d'expertise technique et d'une connaissance de leur territoire indispensable pour définir des objectifs pertinents, et d'autre part, l'atteinte ou non des objectifs fixés reposera pour une bonne part sur l'adhésion de ces acteurs. Des ateliers de « prospective participative » sont mis en place dans le cadre de projets qui cherchent à engager les parties prenantes importantes dans la réflexion sur les plans alternatifs d'action et de leurs implications. Il s'agit de construire une vision prospective du territoire en intégrant tous les acteurs impliqués, même ceux sortant du champ direct de l'eau, pour s'associer des leviers d'action efficaces qui peuvent exister au travers d'autres politiques sectorielles.

3 Méthode de comparaison

3.1 Mode de fonctionnement de l'outil Strateau

Cette partie constitue une synthèse de la méthodologie développée dans le modèle, cette description est assez brève et a pour but d'exposer dans les grandes lignes comment sont effectuées la reconstitution de la demande en eau et des ressources disponibles sur le territoire étudié. L'objectif de cette description est de bien saisir l'originalité de la méthode afin de bien comprendre ce qui est comparé aux données redevances.

Pour une présentation plus fine de l'outil, le lecteur est invité à se référer au guide méthodologique.

3.1.1 La demande : une modélisation basée sur l'identification des besoins

3.1.1.1 La reconstitution des volumes prélevés par les différents secteurs

L'approche utilisée est celle d'une reconstitution «par le bas» de la demande en eau sur le territoire pour chacun des cinq grands secteurs utilisateurs d'eau identifiés: l'agriculture, l'industrie, le tertiaire le résidentiel, et l'énergie (refroidissement des centrales de production d'électricité). La méthodologie « bottom-up » utilise des informations disponibles à l'échelle la plus fine possible (par exemple à la maille communale dans le cas de la France) afin de reconstituer le besoin en eau sur le périmètre étudié.

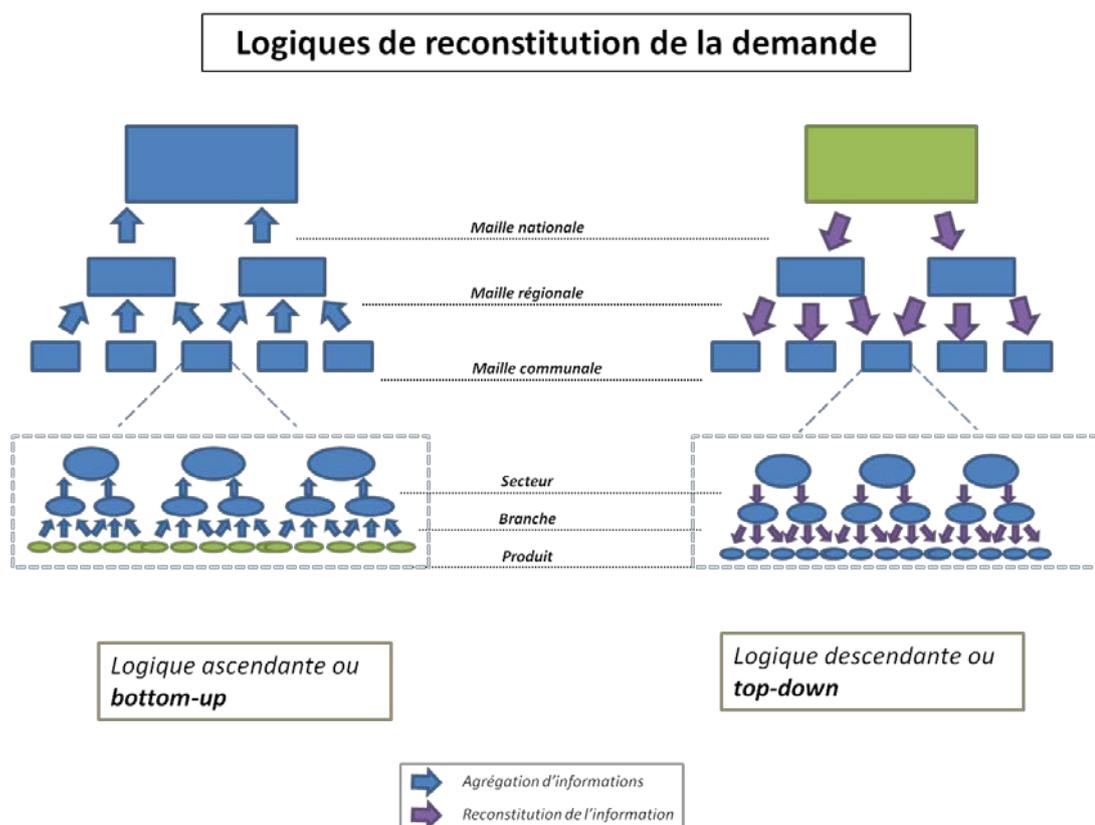


Figure 1 : Méthode générale de reconstitution de la demande. Cette méthodologie se distingue d'une approche « par le haut » qui s'appuierait sur la seule désagrégation de données sur les volumes prélevés

La reconstitution de la demande en eau dans chaque secteur prend en compte :

- **Des déterminants finaux par secteur** : le nombre d'hectares de cultures irriguées pour l'agriculture, le niveau de production pour l'industrie, le nombre d'employés pour le tertiaire, le nombre d'habitants par catégorie de logement pour le résidentiel, le nombre de mégawatt produits pour l'énergie par exemple.
- **Des consommations unitaires** : chacun des déterminants finaux peut être associé à trois demandes unitaires en eau : une demande « éco », une « normale » et une « haute », en fonction de la technologie utilisée. Par exemple, dans le cas de l'agriculture la demande en eau pour un certain type de culture diffère selon le mode d'irrigation (gravitaire, aspersion ou goutte à goutte), dans le cas de la production d'énergie la demande en eau dépend du mode de refroidissement de la centrale (système fermé ou ouvert), dans le cas de la demande résidentielle le besoin en eau d'un lave-linge ou d'une douche varie également selon le type de technologie utilisée.
- **Des taux d'équipement** : les taux d'équipement permettent de définir pour chaque déterminant final la part des consommations qui se fait en « éco », « normal » ou « haut ». On peut par exemple définir sur une région la part de maïs qui est irrigué par aspersion ou par gravité, ou bien encore la part de logements équipés d'une piscine. Ces valeurs sont implémentées par défaut avec des données issues de sources statistiques et sont à affiner avec des connaissances plus locales.
- **Des taux d'activité** : les taux d'activité permettent de répartir la demande sur l'année en fonction de l'activité du secteur, de la production d'énergie, de la présence des résidents permanents et saisonniers, des dates de plantation des cultures. C'est donc le paramètre qui permet de ventiler mensuellement la demande en eau.
- **Des facteurs exogènes** : Certains facteurs exogènes comme la température, la pluie ou la pression sont également pris en compte dans la modélisation de la demande en eau. Ces facteurs modifient les demandes unitaires de certains procédés comme l'irrigation des cultures.

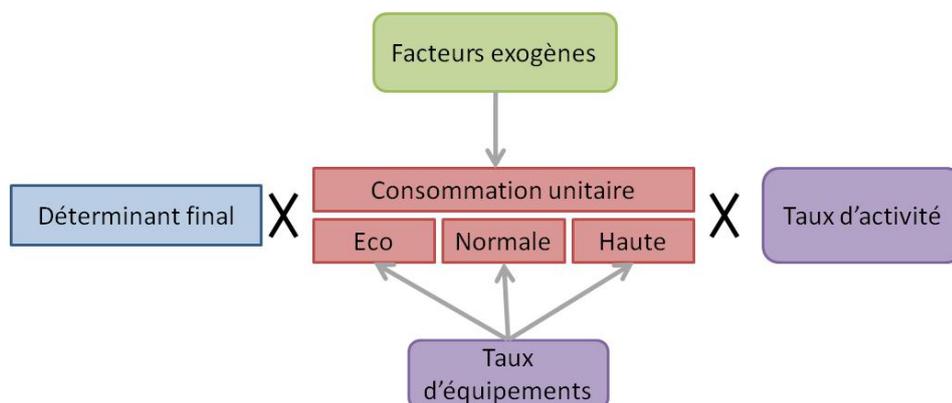


Figure 2 : Mode de reconstitution des demandes en eau non agricoles

Ces données sur les volumes prélevés servent pour le calage de l'outil, mais la méthodologie utilisée permet ensuite de s'en affranchir, afin notamment de pouvoir mener des études prospectives fines sur les évolutions des nombreux paramètres qui sont à l'origine de cette demande.

De plus, les résultats produits par l'outil permettent d'avoir accès:

- Aux volumes de la demande, calculés à partir des besoins en eau sur le territoire
- Aux volumes prélevés pour satisfaire cette demande, qui intègrent les pertes dues aux fuites des réseaux d'adduction d'eau.
- Aux volumes consommés, il s'agit des volumes qui après usage ne sont pas restitués au cycle de l'eau continentale. Les coefficients de consommation diffèrent selon les usages.
- Aux volumes rejetés, qui ne sont pas consommés et sont donc de nouveau affectés aux ressources après un éventuel passage par les stations de traitement.

3.1.1.2 La répartition de la demande dans le temps

L'outil offre une répartition de la demande dans le temps, les bilans sont effectués par mois. Cette temporalisation est essentielle dans le cadre d'une gestion fine de la ressource en eau sur un territoire. En effet, sur un bilan à l'échelle annuelle, la ressource peut être globalement suffisante mais inégalement répartie. Il faut donc pouvoir identifier les périodes de crise où les différents usages ne peuvent être tous satisfaits simultanément. La question se pose d'autant plus dans le contexte méditerranéen, caractérisé par un régime hydrologique à très forte variabilité saisonnière (étiages d'été sévères et crues extrêmes), et, où la demande en eau pour l'agriculture et le tourisme augmente fortement en été, quand la disponibilité de la ressource est la plus faible.

3.1.1.3 La territorialisation de la demande

En ce qui concerne la territorialisation de la demande, l'outil s'est adapté au niveau de connaissance disponible. Les déterminants finaux qui permettent de reconstituer la demande en eau sont disponibles à la maille communale. Une des mailles pertinentes pour la gestion en eau de surface est la segmentation des zones hydrographiques. C'est pourquoi un croisement de ces deux mailles communales et hydrographiques a été réalisé.

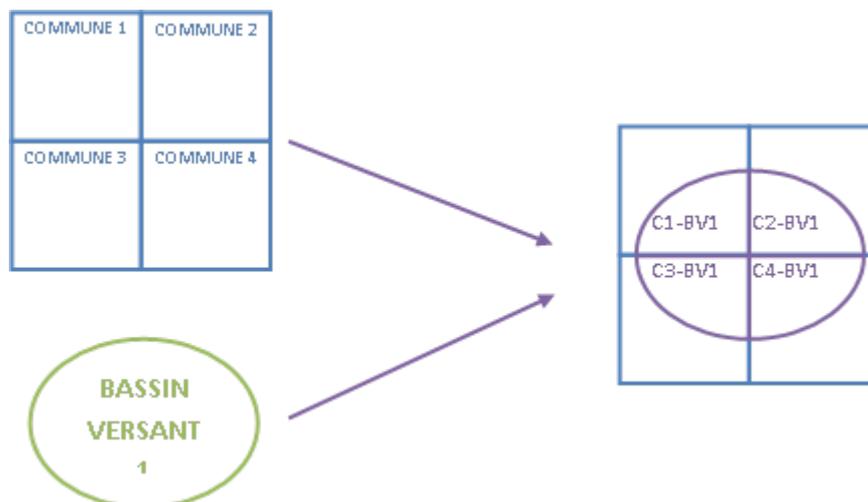


Figure 3 : Création de la maille territoriale la plus fine en France.
Les frontières des communes sont en bleues, celles des zones hydrographiques en vertes, la maille la plus fine est donc une intersection entre les deux découpages : les délimitations violettes.

Ainsi si les utilisateurs souhaitent obtenir la demande en eau sur un territoire plus large, celle-ci sera constituée d'une agrégation des demandes de ces mailles les plus fines. Cette maille unitaire permet donc d'agrèger les résultats (de demandes par exemple) à différents niveaux administratifs (commune, département, région, pays) et hydrologiques (zones hydro, sous-bassins versants, bassins versants...).

Dans le cas où les informations nécessaires à l'évaluation de la demande ne sont disponibles qu'à une échelle plus large, l'évaluation de la demande se fera alors de façon générale sur cette maille territoriale, mais sans avoir la possibilité de zoomer. Les taux d'activité des différents secteurs peuvent également être territorialisés afin de prendre en compte les spécificités de chaque territoire.

3.1.1.4 Définition des déterminants de demande par maille territoriale

Pour l'implémentation de l'outil sur la France métropolitaine, il a fallu définir les déterminants de demande à l'échelle du croisement entre les communes et les zones hydrographiques comme défini précédemment. Pour cela, plusieurs sources de données différentes ont été utilisées selon les secteurs d'activité décrits :

- Recensement général de la population (INSEE) pour le secteur résidentiel (population, type d'habitat, typologie de commune...)
- Recensement général agricole (RGA) pour le secteur agricole (assolements, assolement irrigués) ainsi que le modèle de reconstitution des besoins en eau de la FAO (modèle de calcul, valeurs des coefficients culturaux)
- Localisation, puissance installée, type de combustible ainsi que production réalisée pour les centrales thermiques de production d'électricité (EDF, RTE)
- Base de données SIRENE (INSEE) pour l'emploi par code NAF (Nomenclature d'Activité Française) pour l'emploi dans le secteur tertiaire et le secteur industrielle et qui permet de reconstituer la production industrielle ainsi que le tourisme, les déterminants des établissements éducatifs, sportifs etc...

Toutes ces données sont territorialisées à l'échelle communale. Celle-ci sont ventilées à la maille élémentaire de STRATEAU (croisement communes/zones hydrographiques) au prorata de la superficie de la maille élémentaire dans la commune complète.

3.1.2 La ressource : une modélisation de la répartition de l'offre dans le temps

3.1.2.1 Calcul de la pluie efficace

Pour chacun des territoires traités, l'offre en eau est estimée à partir des précipitations sur le territoire, qui vont alimenter les eaux de surface, par ruissellement et les eaux souterraines par infiltration. Dans un premier temps, le modèle utilise les données mensuelles de précipitation sur le territoire pour calculer les précipitations efficaces¹. Dans notre cas, elles correspondent au volume des précipitations qui reste disponible dans le sol, après soustraction des pertes par évapotranspiration, l'évapotranspiration correspondant à la quantité d'eau totale transférée du sol vers l'atmosphère par évaporation au niveau du sol et par transpiration des plantes. A partir de ces précipitations efficaces mensuelles, on cherche à déterminer quelle est la fraction de cette eau qui va s'infiltrer et recharger les nappes et quelle est celle qui va ruisseler et alimenter les eaux de surface. Pour la France, il existe un indice développé par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) : l'Indice de Développement et de Persistance

¹ Dans le cas de l'implémentation de STRATEAU sur le territoire français métropolitain, un pré-traitement a été effectué à partir des données SAFRAN de Météo-France disponibles à la maille de 8km : les pluies efficaces mensuelles ont été calculées à partir de données journalières pour des résultats plus pertinents.

nappe est effectué et reporté au mois suivant, c'est-à-dire : Bilan du mois (n)=Infiltration du mois (n)-Prélèvements du mois (n)+Bilan du mois (n-1) Le bilan du premier mois d'étude est nul quand les données ne sont pas disponibles. Dans ce cas, il est préférable de regarder les résultats en différentiel sur une année : on regarde la différence des bilans au mois de janvier et au mois de décembre pour voir si la nappe a été surexploitée durant cette période ou bien si elle s'est rechargée.

3.1.2.3 L'alimentation des rivières

Les ressources en eau de surface s'appuient dans l'approche Strateau sur des rivières et des lacs. à l'exception des zones humides, eaux littorales et de transition. Elles sont alimentées en eau soit naturellement par le ruissellement de l'eau de pluie efficace sur les sols, soit par des apports anthropiques. Ici encore on ne considère pas les échanges avec les nappes. Le volume ruisselant est calculé en appliquant l'IDPR au volume mensuel de pluie efficace. Les rivières sont également alimentées par les rejets d'eau après certains usages. Par ailleurs, les données de débits issues de certaines stations de la banque HYDRO permettent de caler dynamiquement le modèle en ce points (cette méthode n'est pas une modélisation à proprement parler : plus on est loin d'un point de mesure du débit, moins les résultats seront pertinents).

3.1.3 Le lien entre la demande et la ressource : les règles d'affectation

Dans le modèle, des règles d'affectation sont définies qui précisent, selon l'usage et le territoire, la part prélevée dans telle ou telle ressource mais également la destination des rejets liés à la demande vers les différentes ressources, ceci afin de chercher à reconstituer un cycle. Pour chaque type d'usage, la demande est répartie entre les eaux superficielles, les nappes et le réseau d'eau potable associés au territoire sur lequel la demande est générée. Le réseau d'eau potable puise lui-même dans les nappes et les eaux superficielles. Pour chaque secteur, la répartition de la demande entre les différentes ressources est très variable, et peut être modifiée en fonction des informations disponibles et des ressources accessibles dans chaque territoire.

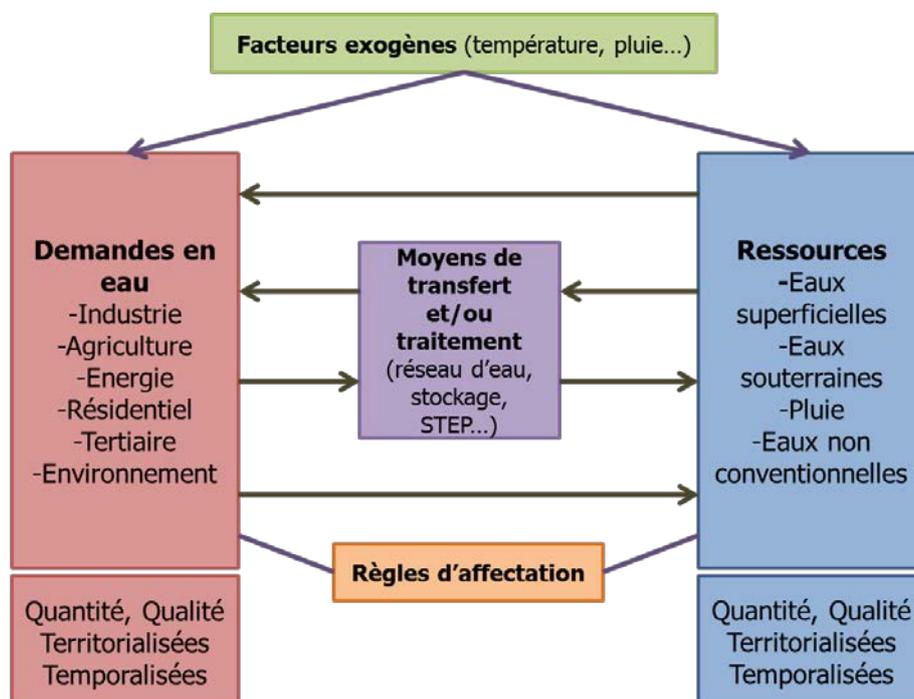


Figure 5 : Bilan massique et règles d'affectation entre les demandes et les offres

3.1.4 Point de vocabulaire sur les notions développées dans l'outil STRATEAU :

3.1.4.1 *Besoins, demandes, fourniture, prélèvements, rejets, fuites, pertes et consommations*

Il convient de préciser ici des notions générales sur les différents termes qui sont employés dans ce rapport afin que les résultats présentés par la suite prennent tout leur sens. En effet, il s'agit d'éviter toute confusion concernant les résultats produits pour l'outil, notamment en ce qui concerne les valeurs territorialisées.

Nous prendrons ici un exemple assez simple (les valeurs quantifiées sont fictives et servent juste d'exemple) :

Un individu A habitant dans une commune C1 a besoin de boire 2l/jour. Ce besoin est un **besoin de fourniture** c'est-à-dire qu'il a besoin d'avoir accès à 2l/jour à la sortie de son robinet (même s'il n'utilise pas totalement ces 2l/j).

Le besoin est donc défini comme la quantité d'eau dont l'utilisateur final doit disposer (au robinet) s'il veut assouvir son usage à 100%. La notion de besoin en eau prend en compte l'équipement de l'usager. Le besoin est localisé dans STRATEAU à l'endroit où il est généré. Cette notion est théorique.

En effet, le besoin est ensuite impacté par le comportement de l'utilisateur. Celui-ci peut décider par exemple, dans un souci d'économie d'eau (incitation du prix ou comportement responsable etc...), de ne demander qu'1l/jour. Sa demande en eau potable est donc d'1l/jour.

La demande en eau reconstituée dans STRATEAU correspond ainsi aux besoins en eau des usagers (individus, agriculteurs etc...) prenant en compte des facteurs externes qui impactent l'usager et modifient son comportement (prix, volonté d'économie etc...), c'est-à-dire à l'eau qui leur est nécessaire « à la sortie du robinet » après la prise en compte de ces facteurs. Cette demande est donc localisée sur le lieu où elle est générée dans STRATEAU (ici la commune C1).

La demande étant la quantité d'eau nécessaire à l'usager pour satisfaire son besoin selon son comportement et son équipement, il s'agit maintenant de définir la notion de la fourniture en eau qui correspond à la quantité d'eau réellement mobilisée pour assouvir cette demande. Celle-ci dépend donc des ressources disponibles.

La fourniture correspond donc à la quantité d'eau acheminée réellement à l'usager. Celle-ci dépend des ressources disponibles et peut être inférieure à la demande. Dans ce cas, la demande ne sera pas complètement assouvie.

Nous considérerons ici que la ressource est suffisante pour que la fourniture soit égale à la demande. Les gestionnaires de la commune C1 doivent donc prévoir une quantité d'eau suffisante pour cet individu dans les réserves d'eau potable de la ville (château d'eau, réservoir). Il y a cependant des fuites dans le réseau d'adduction entre le château potable et le logement de l'individu A. Ainsi, dans le cas d'un taux de fuites de 16.7%, les gestionnaires de la communes C1 doivent provisionner 1,2l/jour dans le château d'eau Ch1 :

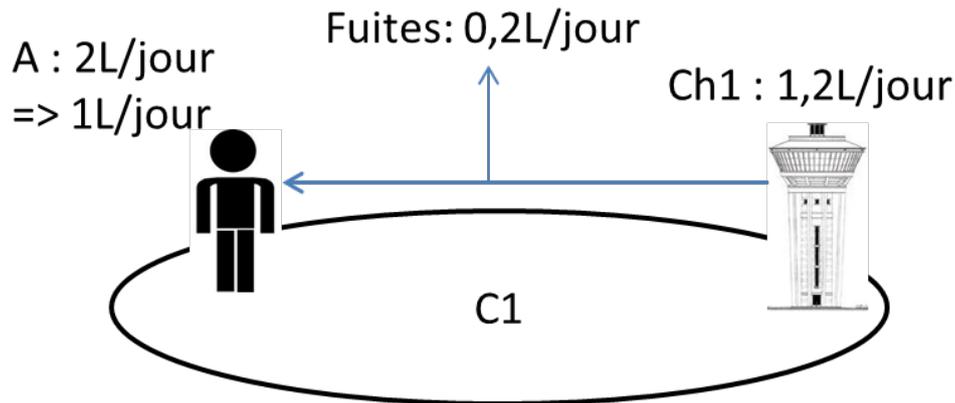


Figure 6 : Schéma des besoins en eau

Néanmoins, la commune C1 ne dispose pas de ressources naturelles permettant de produire elle-même son eau potable. Elle fait donc appel à la commune proche C2 qui pompe de l'eau dans la nappe N pour remplir Ch1. Le trajet d'eau entre C1 et C2 ne se fait pas sans pertes : 0,3L/jour sont perdus par évaporation dans le canal entre les deux communes. Ainsi, les gestionnaires de la commune C2 doivent donc **prélever 1.5L/jour dans la nappe N** pour assouvir la demande en eau de l'individu A de la commune C1. Les prélèvements sont donc la quantité d'eau qu'il a fallu pomper pour assouvir une demande.

Il y a prélèvement dès lors que de l'eau douce est extraite d'une source souterraine ou de surface, de manière permanente ou temporaire, et transportée à son lieu d'usage (*source OCDE*).

Ces prélèvements sont affectés au territoire sur lequel ils ont lieu dans STRATEAU (ici la commune C2). Ainsi, des cartographies des besoins, demandes et des prélèvements en eau peuvent être totalement différentes (en termes de valeurs et en termes de localisation).

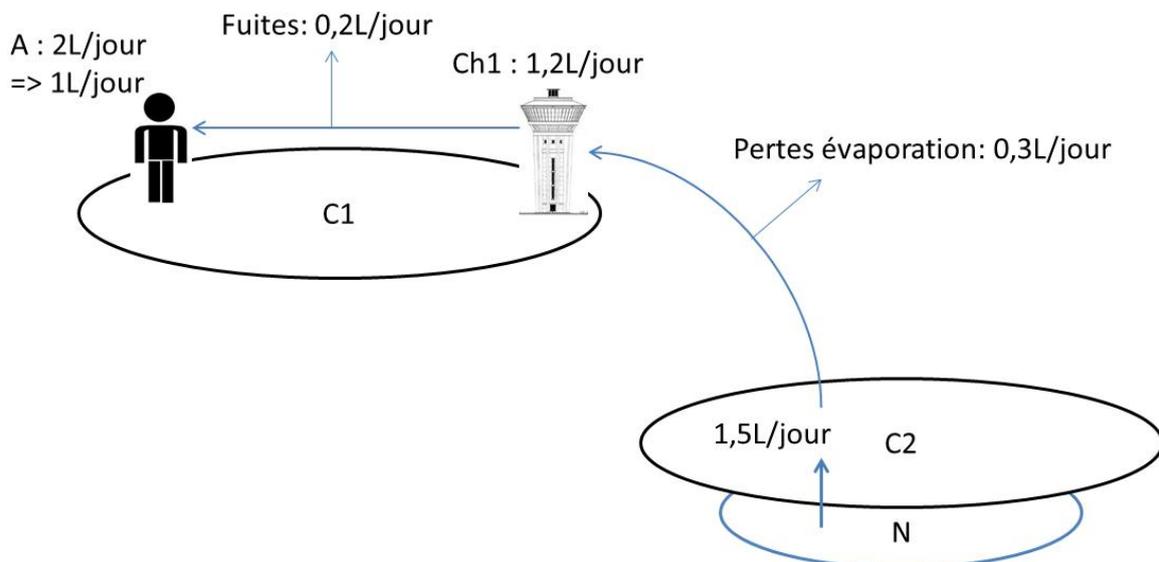


Figure 7 : Schéma des prélèvements en eau

A l'heure actuelle, il n'existe pas de base de données de source fiable complète et homogène à l'échelle de la France entière concernant l'affectation des demandes territoriales en eaux aux points effectifs de prélèvements. Dans l'exemple décrit ici, il n'existe pas de base de données

permettant d'affirmer que la demande de l'individu A dans la commune C1 est assouvie par un prélèvement dans la nappe N de la commune C2. Il a donc fallu définir une méthodologie exploitant au mieux les données disponibles. Un choix a été fait de se baser sur la localisation des points de prélèvements dans la base de données des prélèvements en eau pour redevances. Celle-ci contient entre autres la localisation (commune du siège social de l'organisme payant la redevance) ainsi que le secteur d'activité concerné (Agriculture, Refroidissement des centrales, Industrie et AEP) par le prélèvement. Une cartographie des points de prélèvements par secteur d'activité a donc été réalisée. Celle-ci a été mise en regard de la cartographie des demandes en eau territorialisées. Le choix a donc été le suivant : pour un territoire (croisement de l'échelle de la commune et de l'échelle de la zone hydrologique) sélectionné et un secteur d'activité donné, il a été choisi d'attribuer la demande correspondante à la commune du point de prélèvement recensé dans la base de données des redevances pour le même secteur d'activité la plus proche dans un rayon de 60 km. Cette méthode a l'avantage d'être uniforme sur l'ensemble du territoire français mais dépend fortement de la qualité des données des prélèvements pour redevance. Bien entendu pour des cas particuliers bien connus (AEP des villes de Marseille et Paris), le traitement a été effectué sur la base des données réelles. Lorsque aucune commune où a lieu les prélèvements n'est disponible dans un rayon de 60 km, il a été choisi d'affecter le prélèvement au lieu de demande.

Imaginons maintenant que l'individu A ne boit pas l'intégralité du litre d'eau dont il dispose : il reverse 0,2l/jour dans l'évier. Cette eau va rejoindre le réseau à destination d'une station de traitement et d'épuration (STEP). La commune C1 ne disposant pas de STEP, cette eau va rejoindre la STEP de la commune C3. Après traitement, elle est rejetée dans la rivière R de la commune C3.

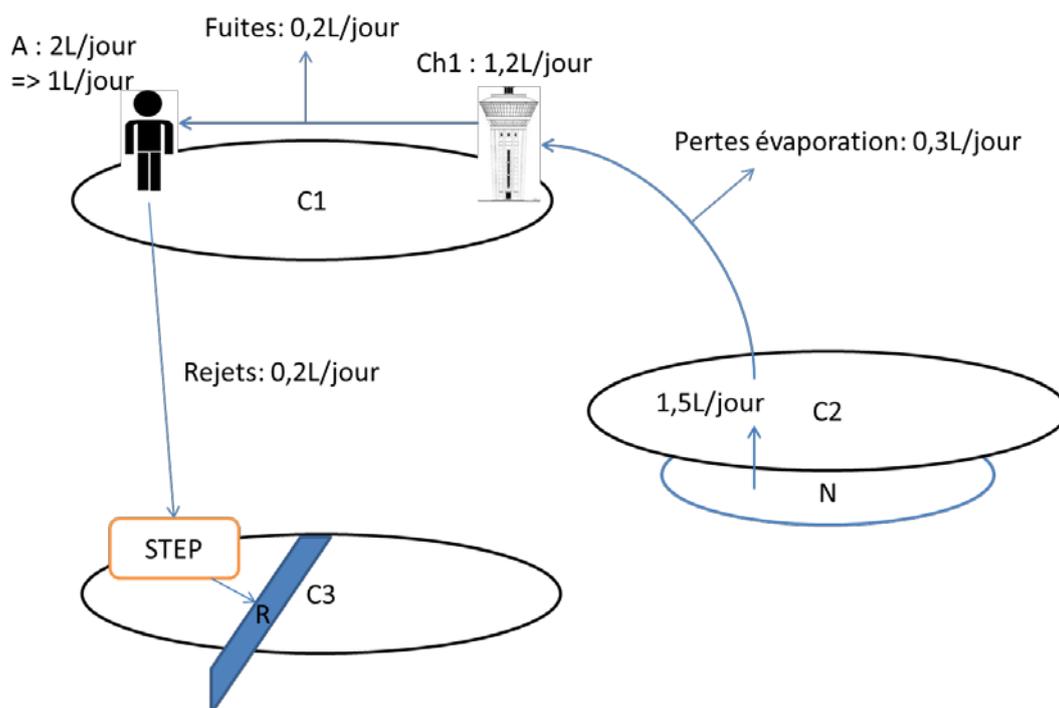


Figure 8 : Schéma total du cycle reconstitué

Dans ce cas, les rejets de 0,2l/jour vont rejoindre la rivière R de la commune C3 et augmenter son débit de 0,2l/jour. Nous voyons bien que ces rejets sont effectués sur un territoire qui n'est ni le lieu de prélèvements, ni le lieu de la demande en eau.

Ces rejets sont donc une quantité d'eau qui retourne à la ressource après usage (ces rejets sont dus au processus d'utilisation de l'eau) et sont affectés au territoire sur lequel ils ont réellement lieu dans STRATEAU (ici la commune C3).

Les pertes sont la somme des pertes qui ont lieu à chacune des étapes depuis les prélèvements jusqu'aux rejets. Il peut y avoir des pertes à toutes les étapes du trajet de l'eau : entre la nappe N et la commune C2, entre C2 et Ch1, entre Ch1 et le logement de l'individu A, entre l'individu A et la STEP et entre la STEP et la rivière R. Ici, nous avons volontairement simplifié la chose en ne considérant que les pertes entre C2.

Les pertes sont donc la quantité d'eau qui ne retourne pas au cycle continental de l'eau (le plus souvent, pertes par évaporation) et sont affectées aux territoires sur lesquelles elles ont lieu dans STRATEAU (sur tous les territoires traversés durant le trajet entre C2 et Ch1 qui ne sont pas représentés ici).

Les fuites sont la somme des fuites qui ont lieu à chacune des étapes depuis les prélèvements jusqu'aux rejets. Il peut y avoir des fuites à toutes les étapes du trajet de l'eau : entre la nappe N et la commune C2, entre C2 et Ch1, entre Ch1 et le logement de l'individu A, entre l'individu A et la STEP et entre la STEP et la rivière R. Ici, nous avons volontairement simplifié la chose en ne considérant que les fuites entre Ch1 et le logement de l'individu A.

Les fuites sont donc la quantité d'eau qui retourne à la ressource à cause du mauvais état des conduites d'adduction d'eau et sont affectées aux territoires sur lesquelles elles ont lieu dans STRATEAU (ici C1 pour les fuites entre Ch1 et A).

La consommation est définie comme étant la part de l'eau prélevée qui ne retourne pas au cycle de l'eau continentale. Il s'agit donc de la différence entre les prélèvements et les rejets et les fuites. La consommation prend donc en compte l'usage qui est fait de l'eau et les pertes par évaporation.

Consommations = Prélèvements – (Fuites + Rejets)

Dans le cas présent, les consommations sont les 1,1l/jour ($1,5 - (0,2+0,2)=1,1$) qui ont été bus par l'individu A (pour 0,8l/j) et évaporés lors de l'adduction (pour 0,3 l/j).

Il est néanmoins difficile de cartographier les consommations : en effet, dans ce cas, elles ont lieu majoritairement dans la commune C1 mais également sur les territoires où ont lieu les pertes par évaporation.

Dans STRATEAU, il a été choisi de représenter une cartographie des consommations en les affectant aux territoires sur lesquels sont générées les demandes en eau.

Pour résumer :

- **Besoins** = quantité d'eau nécessaire pour que l'usage soit satisfait à 100%
- **Demandes** = besoin en eau de l'utilisateur final après la prise en compte de son comportement
- **Fourniture** = quantité d'eau disponible pour l'utilisateur final (si la ressource est suffisante, la fourniture est égale à la demande en eau)
- **Prélèvements** = quantité d'eau douce extraite d'une source souterraine ou de surface, de manière permanente ou temporaire
- **Fuites/Rejets** = quantité d'eau qui retourne à la ressource naturelle respectivement avant/après usage
- **Pertes** = quantité d'eau perdue (ne retournant pas au cycle de l'eau continentale) durant le trajet entre les prélèvements jusqu'au retour des rejets à la ressource naturelle. Le plus souvent, ce sont des pertes par évaporation.
- **Consommations** = Prélèvements – (Rejets + Fuites + Pertes), c'est-à-dire la quantité d'eau qui ne retourne pas au cycle de l'eau continentale. Elles sont donc dues à l'utilisation de l'eau par l'utilisateur final mais aussi aux pertes par évaporation dues à cette utilisation.

Si la consommation représente réellement la quantité d'eau soustraite aux ressources naturelles et qui n'est plus disponible pour un autre usage en aval, les prélèvements sont une notion importante car la quantité d'eau associée doit être disponible dans la ressource sollicitée.

3.2 Les redevances « prélèvements »

Conformément au code de l'environnement (Art L.213-10-9 et R 213-48-14), les Agences de l'eau perçoivent, au prorata des volumes prélevés, une redevance des utilisateurs. Le montant des redevances est fixé par le conseil d'administration de chacune des Agences de l'eau.

A travers la redevance pour prélèvement d'eau, l'Agence de l'eau incite à économiser l'eau et réduire les gaspillages, afin de préserver le débit naturel des cours d'eau.

3.2.1 Qui doit payer cette redevance ?

Chaque agence de l'eau fixe un volume seuil en dessous duquel la déclaration n'est pas nécessaire. Par exemple dans le bassin Rhône Méditerranée, le redevable professionnel est toute personne qui effectue un prélèvement d'eau dans la ressource et dont le volume annuel prélevé excède 10 000 m³ (ou 7 000 m³ en zone de répartition des eaux).

Certains usages sont exonérés de la redevance pour prélèvement dans le cadre d'une prescription administrative comme l'exhaure d'eaux de mines dont l'activité a cessé, travaux souterrains, drainage pour le maintien à sec des bâtiments et ouvrages, aquaculture, géothermie, lutte antigel des cultures, prélèvement visant la préservation d'écosystèmes aquatiques ou la réalimentation des milieux naturels.

3.2.2 Comment se calcule-t-elle ?

La redevance est calculée pour chaque ouvrage. Elle est directement proportionnelle au volume d'eau prélevé dans le milieu naturel (cours d'eau, nappe, lac, étang, retenue...). Son taux dépend de l'usage et du lieu de prélèvement dans le milieu.

$$\text{Redevance} = \text{Volume d'eau prélevé par an (m}^3\text{)} \times \text{taux}$$

Elles sont déclaratives. L'article L 214-8 du code de l'environnement prévoit que les installations permettant d'effectuer à des fins non domestiques des prélèvements en eau superficielle ou des déversements, ainsi que toute installation de pompage des eaux

souterraines, doivent être pourvues des moyens de mesure ou d'évaluation appropriés. Le volume d'eau retenu est celui mesuré par un ou plusieurs appareils de comptage installé(s) à la prise d'eau.

En l'absence de moyen de mesure précis tel que les compteurs, certains prélèvements sont estimés au forfait. C'est le cas par exemple de l'irrigation gravitaire. La loi prévoit depuis 2008 que le volume à retenir est de 10 000 m³ par hectare, il est déterminé sur la base d'un forfait par unité (habitant, surface irriguée, ...) et fixé par arrêté ministériel. A noter que cette valeur par hectare a fait l'objet d'une révision en 2008, avant elle était de 25 000 m³/ha. C'est une des raisons pour lesquelles on observe des grosses disparités entre les volumes prélevés dans l'agriculture avant et après 2008.

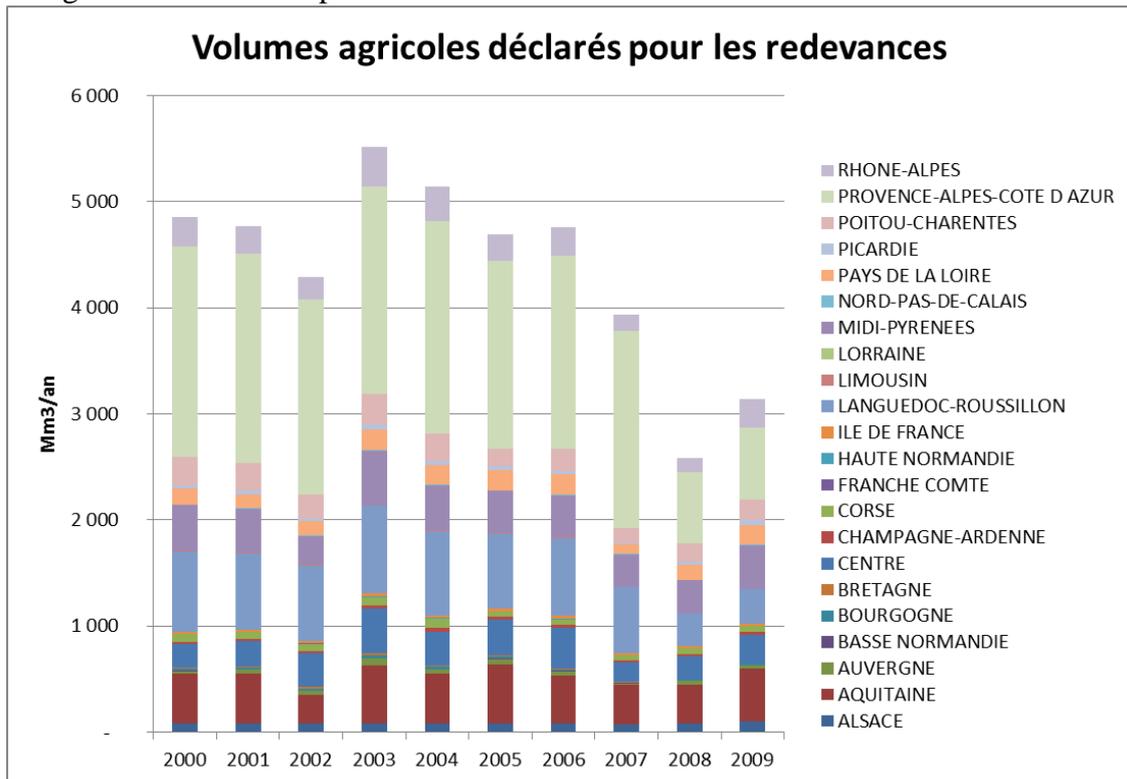


Figure 9 : Evolution des volumes déclarés pour l'agriculture en France dans le cadre des redevances prélèvements
Source SOeS

Ce type de tarification peut créer des incitations à contre-courant des tendances actuelles. Par exemple dans le bassin Seine Normandie, prenons un agriculteur qui a le choix entre installer un compteur et passer en aspersion (1.642€/m³), ou rester en gravitaire (0.082€/m³ à 10000 m³/ha), s'il envisage de mettre plus de 510 m³/ha alors, du seul point de vue économique, il a intérêt à rester en gravitaire. Cette tarification peut trouver du sens dans les zones de recharges des nappes (Plaine de la Crau) mais elles ne sont pas nombreuses.

CATEGORIE	NATURE DE PRÉLÈVEMENT	RESSOURCE DE CATEGORIE 1 – HORS ZRE						RESSOURCE DE CATEGORIE 2 – ZRE		
		NON DEFICITAIRE		DURANCE	DEFICITAIRE		plafond de la loi	DEFICITAIRE		plafond de la loi
USAGE		eau superficielle Zone 1	eau souterraine Zone 2	eau superficielle Zone 3	eau superficielle Zone 4	eau souterraine Zone 5		eau superficielle Zone 4	eau souterraine Zone 5	
Alimentation Eau potable	2011	24,60	46,10	39,30	46,10	60,00	60,00	46,10	60,65	80,00
	2012	24,85	46,60	39,70	46,60	60,00	60,00	46,60	62,10	80,00
Refroidissement industriel		0,08	0,15	0,13	0,15	0,20	3,50	0,15	0,20	5,00
Autres usages économiques		4,60	8,60	4,60	8,60	11,45	30,00	8,60	11,45	40,00
Irrigation gravitaire		0,4	0,75	0,60	0,75	1,00	1,00	0,75	1,00	1,50
Irrigation gravitaire gestion collective		0,40	0,75	0,40	0,40	0,75	1,00	0,40	0,75	1,50
Irrigation non gravitaire		3,00	5,60	4,00	5,60	7,40	20,00	5,60	7,40	30,00
Irrigation non gravitaire gestion concertée Zone A		2,30	4,10	2,50	4,10	5,60	20,00	4,10	5,60	30,00
Irrigation non gravitaire gestion collective		2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	20,00	2,00	3,00	30,00
Alimentation d'un canal		0,08	0,15	0,13	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,30

Figure 10 : Les taux, votés par le Conseil d'administration de l'Agence de l'eau RMC Exprimés en euros par millier de mètres cubes prélevés pour les prélèvements effectués en 2011 et 2012

3.2.3 Les limites de ces données

Seuls les plus gros préleveurs sont soumis à déclaration. En effet, il faut que les prélèvements excèdent 10 000 m³ (ou 7 000 m³ en zone de répartition des eaux). Les volumes totaux réellement prélevés seront donc plus importants.

De même, il s'agit de données déclaratives, ce qui peut laisser supposer des sous-estimations ou des surestimations des volumes recensés notamment pour les redevables n'ayant pas de compteur.

Par ailleurs, les lieux associés aux prélèvements sont les lieux d'extraction et non d'utilisation. Un travail d'allocation des lieux de demandes au lieu de prélèvements est donc nécessaire. Or très peu d'éléments existent à ce sujet. A défaut d'information précise, il conviendra donc de se placer à une échelle incluant à la fois les lieux de prélèvements et d'utilisation pour pouvoir comparer les deux données.

Enfin les volumes sont associés à des activités relativement vagues comme Alimentation en Eau Potable ou Irrigation Gravitaire, l'information sur l'usage réel, par exemple hôtel ou résidence principale, maïs ou blé, n'existe pas, pas plus que la répartition au cours de l'année. Il est donc délicat pour les Agences de mettre en œuvre des stratégies de diminution des prélèvements à partir de ces seules données.

Notons que dans l'exercice de comparaison, nous ne traiterons que les volumes d'eau par les montants en euros.

3.3 La méthodologie utilisée pour l'analyse critique des résultats

3.3.1 Problématique

3.3.1.1 La complexité du choix d'une échelle pertinente pour la comparaison

La méthodologie mise en œuvre dans l'outil permet une reconstitution de la demande en eau sur un territoire à partir d'un croisement entre des données de déterminants d'activité, issues principalement de recensements INSEE et Agreste, et des consommations unitaires d'eau, issues de la bibliographie ou calculées.

Cette approche est différente de celle adoptée habituellement qui, pour évaluer les besoins en eau sur un territoire, se base sur les données de prélèvements des Agences de l'Eau et non pas sur une reconstitution du besoin.

Les résultats de reconstitution de la demande en eau issus du modèle se basent sur des informations disponibles à une échelle administrative (des données de recensement de la population, des données d'emploi, des surfaces agricoles par commune etc...) on obtient donc en sortie une demande en eau pour chaque commune dont on peut déduire les prélèvements.

Les volumes prélevés chaque année en France pour satisfaire les besoins des activités humaines sont connus grâce aux redevances perçues par les Agences de l'eau. Les Agences émettent chaque année un fichier qui recense les points de prélèvements (déclarés et éligibles à la redevance) sur leur territoire et associe à chacun : des informations sur les volumes prélevés et la grande catégorie d'usage associée (eau potable, agriculture, industrie, énergie).

Dans la suite du document on parlera de la BdD AE (Base de Données de l'Agence de l'Eau) pour désigner ce fichier. Les données de prélèvements de l'Agence de l'Eau (BdD AE) sont également localisées à la commune, cependant, un prélèvement effectué sur une commune sert rarement à satisfaire les besoins en eau de cette seule commune et il est difficile d'évaluer précisément la destination de ces prélèvements. D'autre part, on compte de nombreuses communes qui ne disposent d'aucun point de prélèvement sur leur territoire et qui vont donc chercher hors de leurs limites administratives la ressource nécessaire pour satisfaire leurs besoins en eau. Il n'est donc pas possible de comparer simplement commune à commune les données modélisées et les volumes prélevés.

Pour pouvoir effectuer une comparaison pertinente, il convient de trouver une échelle à laquelle la somme des prélèvements modélisés est comparable à la somme des prélèvements mesurés.

3.3.1.2 Procédure générale de calage

STRATEAU reconstitue la demande en eau des territoires à la maille unitaire définie dans la figure 3. Cela ne reflète pas pour autant la réalité des prélèvements qui peuvent être effectués loin du lieu de demande (par exemple, les prélèvements destinés à alimenter la ville de Paris en eau potable sont effectués jusqu'à 150 km de la capitale). Il n'existe pas de base de données permettant de recenser les liaisons inter-territoires en ce qui concerne les prélèvements.

Energies Demain a donc défini une procédure semi-automatique d'affectation des prélèvements aux territoires afin de refléter au mieux la réalité territoriale : les données de prélèvements des Agences de l'Eau sont localisées. Il a donc été choisi de considérer ces points référencés de prélèvement comme étant le lieu de prélèvement permettant d'assouvir des demandes en eau des territoires tiers. Ainsi, pour chacun des territoires, nous avons considéré que les demandes en eau sont affectées à la ressource de la commune la plus proche ayant des prélèvements référencés (cela est réalisé pour les secteurs industriels, AEP et agriculture). Des petites nuances ont été apportées concernant les gros prélèvements AEP (Marseille, Paris, Lyon...) qui n'ont pas lieu dans la commune la plus proche. Il faut cependant noter que le lieu de prélèvement référencé dans la BdD AE est parfois simplement le lieu de facturation, qui peut lui-même contenir simplement l'adresse du siège social de l'entreprise redevable).

3.3.1.3 L'incertitude des données de prélèvements de l'Agence de l'Eau

La comparaison des sorties de l'outil avec les données de prélèvements cherche à valider les résultats produits par l'outil et à identifier les potentielles sources d'erreur. Pour cela il

faut avoir accès à des données sur les prélèvements effectifs qui soient fiables et au plus proche de la réalité afin d'évaluer et/ou de caler au mieux l'outil.

Or, les Agences de l'eau préconisent d'utiliser avec prudence les données qu'elles fournissent sur les prélèvements en eau. Elles recommandent notamment de bien prendre en considération le manque de précision pour ces volumes prélevés pour certains secteurs. En effet, du fait de l'obligation pour les usagers depuis 1992 de disposer d'un compteur volumétrique, les prélèvements sont relativement bien connus pour les usages en eau potable, industrie et refroidissement des centrales. Pour l'irrigation en revanche, malgré cette obligation, le taux de comptage reste très faible et une part importante des volumes (47% en 2006) est estimée de manière forfaitaire et non pas mesurée. Il faut donc être vigilant quand on utilise ces données.

Avant de commencer la comparaison avec les sorties du modèle, il faut pour chaque secteur bien connaître ce à quoi correspondent les données de prélèvements et quelle est leur fiabilité.

3.3.2 Les différentes étapes de la comparaison

3.3.2.1 Le choix de l'échelle et de l'année d'étude

Lorsqu'il s'agit de gestion de la ressource en eau, il est admis depuis longtemps en France (loi sur l'eau de 1964) que l'échelle du bassin versant doit être privilégiée, du moins pour la gestion des eaux de surface et lorsque les transferts interbassins ne sont pas trop importants. Cette approche a été reprise et confirmée au niveau européen pour la mise en place de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE).

L'échelle retenue pour la comparaison est donc celle du bassin versant. Il est important de valider l'outil à cette échelle car c'est celle qui est utilisée pour la mise en place de plans de gestion de la ressource en eau à travers des documents de planification tels que les SDAGE et les SAGE-rivières à une échelle plus locale. Et c'est toujours à cette échelle que sont définies les rivières, masses d'eau DCE pour lesquelles le bon état écologique doit être atteint pour 2015. Toutefois, la gestion des nappes, zones humides et eaux littorales demandent de s'appuyer sur d'autres territorialisations.

C'est donc dans un objectif de cohérence avec les politiques de gestion de l'eau sur le territoire que cette échelle de comparaison pour la validation des résultats produits par l'outil a été choisie.

La France est découpée, selon les frontières hydrographiques de la base de données Carthage, en 4 niveaux de données imbriqués : la région hydrographique (1er ordre : 24 régions), le secteur hydrographique (2ème ordre), le sous-secteur hydrographique (3ème ordre : 302 sous-secteurs), la zone hydrographique (4ème ordre : environ 6000 zones). Dans Strateau, par souci de lisibilité, seulement 3 de ces ordres ont été retenues : les régions, les sous-secteurs et les zones.

Les régions hydrographiques permettent aux membres concernés d'analyser des questions relatives à leur territoire, il s'agit de la première échelle de division en sous bassin des 6 grands bassins versants français. C'est à cette échelle qu'est réalisée la comparaison.

L'analyse est faite pour les résultats de l'année 2006, car c'est pour cette dernière que les données entrées dans le modèle pour la réalisation de l'état des lieux sont les plus pertinentes (recensement agricole 2006, INSEE 2006, NAF 2006, données météo 2006).

3.3.2.2 Schéma de la méthodologie développée

La même méthodologie est appliquée pour traiter chacun des 4 grands secteurs préleveurs d'eau : l'énergie, l'eau potable, l'agriculture, et l'industrie.

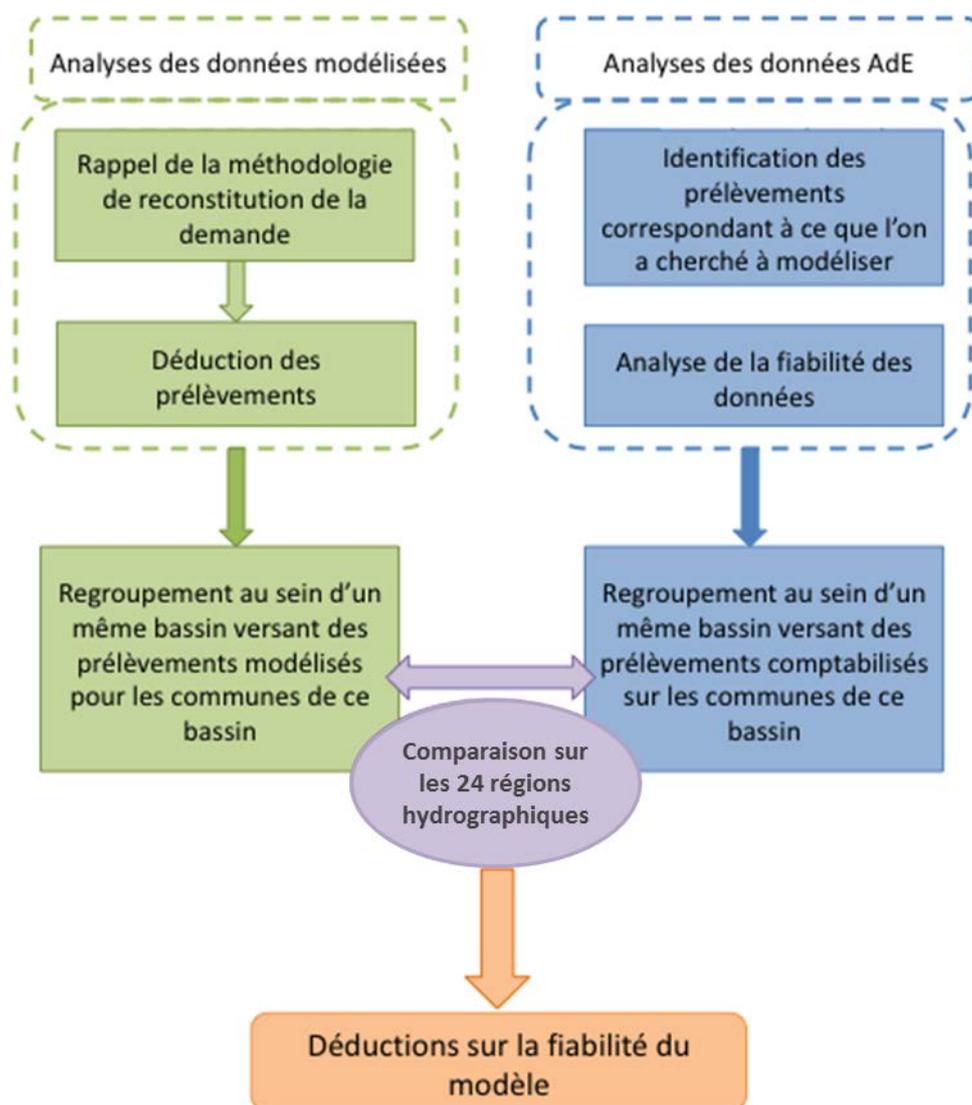


Figure 11 : Schéma de la méthodologie utilisée pour la comparaison du modèle et des données

Il est important de signaler que l'objectif de cette comparaison n'est pas de chercher à caler exactement pour un secteur les résultats sur ces bassins. L'idée étant plutôt de se servir de cette comparaison pour analyser la pertinence de l'outil et son échelle possible d'application, aussi bien qu'offrir une lecture critique en retour sur la représentativité des prélèvements recensés, ainsi que d'identifier où sont les principales erreurs et quels seraient les investissements nécessaires pour se rapprocher au mieux de la réalité.

Par ailleurs, le présent rapport est focalisé sur la notion de prélèvements et ne mettra donc pas l'accent sur les besoins, demandes et consommations en eau. Ces notions pourront être abordées ponctuellement pour nuancer certains messages ou à des fins pédagogiques.

La carte suivante présente les régions hydrographiques qui sont la maille territoriale à laquelle s'effectue la comparaison entre les données issues de la BdD AE et les résultats produits par STRATEAU.



Figure 12 : Carte des 24 régions hydrographiques

La correspondance entre les codes et les noms de ces régions hydrographiques est la suivante :

Code Région Hydrographique	Nom
A	Le Rhin
B	La Meuse
D	affluents du Rhin
E	L'Escaut et fleuves côtiers se jetant dans la mer de la frontière belge à l'Embouchure de la Bresle
F	La Seine de sa source au confluent de l'Oise (exclu)
G	Les bassins côtiers de la limite du bassin Artois Picardie à l'embouchure de la Seine (exclu)
H	La Seine du confluent de l'Oise (inclus) à l'embouchure
I	Les bassins côtiers de l'embouchure de la Seine (exclu) à la limite du bassin Loire Bretagne
J	Bassins de la Bretagne
K	La Loire de sa source à la Vienne (nc)
L	La Loire de la Vienne (c) à la Maine (nc)
M	La Loire de la Maine (c) à la mer
N	Bassins côtiers du sud de la Loire
O	La Garonne
P	La Dordogne
Q	L'Adour
R	La Charente
S	Les fleuves côtiers
U	La Saône
V	Le Rhône (Saône-Isère-Durance exclues)
W	L'Isère
X	La Durance
Y	Côtiers méditerranéens
Z	Îles Marines

Tableau 1 : Nomenclature des régions hydrographiques

4 Validation des résultats produits par l'outil de modélisation

L'objectif de cette section est de valider l'approche retenue par Strateau pour reconstituer la demande en eau du territoire métropolitain. Pour ce faire, nous avons effectué une comparaison entre les données de la base Redevances des Agences de l'eau et les résultats issus de la modélisation de la demande avec l'outil Strateau pour l'année 2006.

L'outil STRATEAU permet de reconstituer les demandes en eau générées par les territoires à partir de données socio-économiques aisément actualisables. Ces demandes servent ensuite à modéliser les prélèvements effectués, les consommations et rejets dans le milieu.

Tous les résultats peuvent être consultés à l'adresse suivante (il faut néanmoins être muni d'identifiants d'accès, qui sont accessibles sur demande auprès du correspondant de l'ONEMA responsable du suivi du projet STRATEAU : M. Pascal MAUGIS) :

<http://strateau.energiesdemain.com/>

Les résultats sont fournis sous forme de cartes, tableaux de données et graphiques. Par exemple, la carte des demandes en eau reconstituées par l'outil à l'échelle des régions hydrographiques est la suivante (pour l'année 2006) :

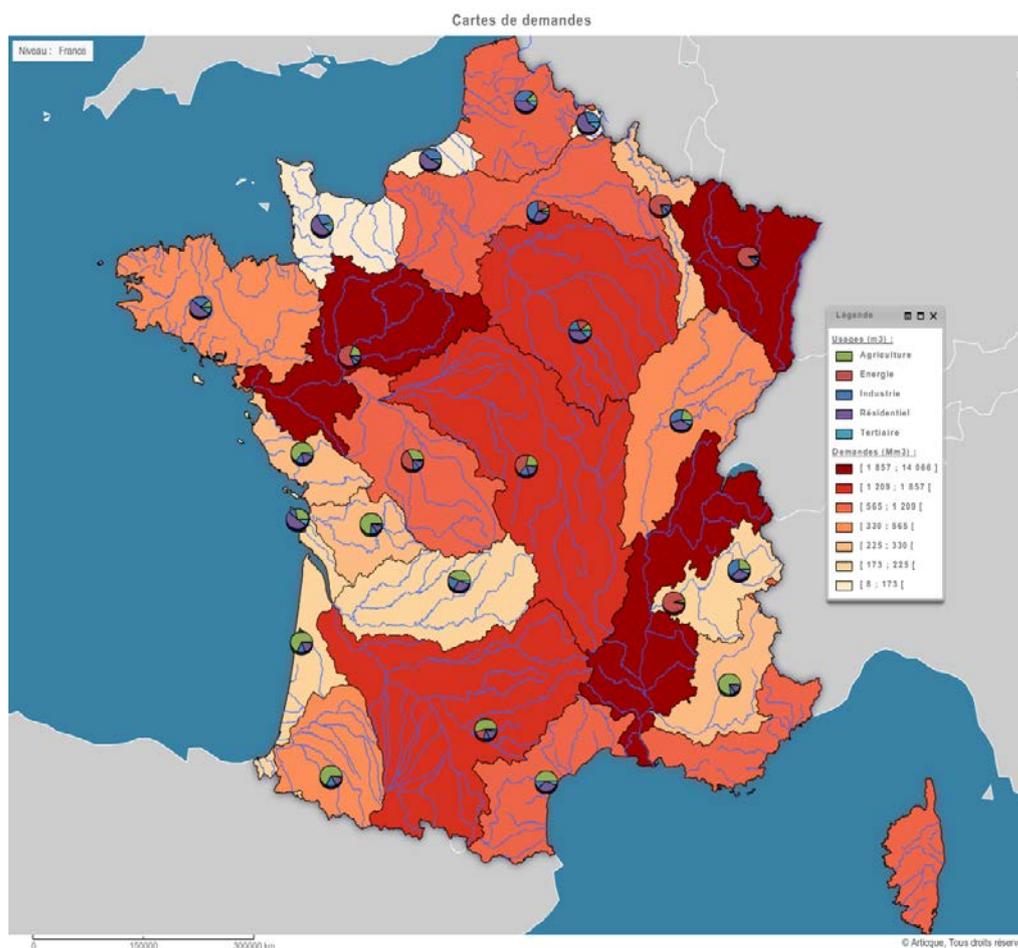


Tableau 2 : Cartes des demandes en eau reconstituées par STRATEAU

Les couleurs permettent d'évaluer l'intensité des prélèvements, et les camemberts leur répartition sectorielle.

4.1 Principaux résultats

On retrouve les données présentées dans la carte ci-dessus dans le tableau suivant :

Code REGION HYDRO	Prélèvements totaux (Mm3/an)		Différence Strateau-BdD AE (Mm3/an)				
	Strateau	BdD AE	AEP	Agriculture	Energie	Industrie	Total
A	3 734	4 278	28	69	- 109	- 531	- 543
B	264	270	9	-	- 6	- 9	- 6
D	22	26	- 0	0		- 4	- 4
E	678	572	58	43	- 0	7	106
F	1 868	1 608	44	70	- 4	150	260
G	43	43	- 6	- 0	- 1	7	- 0
H	998	1 043	- 42	22	6	- 31	- 45
I	147	118	- 2	6	- 0	26	29
J	395	291	13	23		69	105
K	1 317	1 128	- 4	67	- 4	130	189
L	616	510	- 3	87	0	21	106
M	1 898	1 647	10	115	2	124	251
N	284	155	26	72		31	129
O	1 360	1 186	- 49	250	- 35	8	174
P	244	209	- 12	44		2	35
Q	419	480	- 25	37		- 72	- 61
R	263	179	- 10	82		11	83
S	184	271	- 11	- 62	- 0	- 14	- 87
U	439	343	12	70	- 6	20	96
V	14 334	14 543	- 71	10	- 171	23	- 209
W	215	440	- 33	- 89	- 71	- 32	- 225
X	417	1 440	- 85	- 830	- 28	- 80	- 1 022
Y	976	1 740	- 188	- 598	- 20	42	- 764
Z	8	3	4	2		- 0	5
TOTAL	31 123	32 522	- 337	- 510	- 450	- 102	- 1 399

Tableau 3 : Synthèse des prélèvements annuels et comparaison avec les données des Agences Données 2006

Il fait apparaître les prélèvements totaux 2006 reconstitués avec Strateau et les compare aux données redevances. Une différence secteur par secteur est également proposée.

A l'échelle nationale, Strateau sous-estime globalement les prélèvements en eau de 4% soit 1 400 Mm3/an.

Cette confrontation nationale cache des disparités plus importantes lorsqu'on change d'échelle de comparaison. A la région hydrographique, Strateau sous-estime les volumes prélevés par rapport aux données redevances dans 11 régions sur 24. Les différences les plus importantes sont observées dans le sud-est de la France, dans les régions V, W, X et Y, où il y a des écarts allant jusqu'à -245%. Si on regarde les différences sectorielles dans ces régions, on constate que c'est le secteur agricole qui est à l'origine de ces écarts. Une explication plus fine sera proposée dans la partie dédiée au secteur agricole.

4.2 Les prélèvements en eau pour l'alimentation en eau potable

4.2.1 La reconstitution des prélèvements en eau pour le secteur de l'eau potable

Dans le modèle, les prélèvements en eau potable correspondent à la somme des prélèvements pour le résidentiel, pour le secteur tertiaire et pour les petites industries. Ces trois types de prélèvements sont reconstitués de la manière suivante :

4.2.1.1 ∞ *Pour le secteur résidentiel*

La reconstitution de la demande utilise comme déterminant final le nombre d'habitants par type de logement par commune. On distingue deux types de logement : Maison et Appartement.

Le besoin en eau de chaque habitant d'un habitat type est divisé en consommations unitaires associées à différents postes de demande : Douche, WC, lave-linge, lave-vaisselle, cuisine, jardin, piscine... Chacun de ces postes de demande peut être associé à 3 types de consommations : une consommation « éco », une « normale » et une « haute ». La part des consommations unitaire qui se fait en « éco », « normal » ou « haut » dépend des taux d'équipement des logements considérés.

Cette demande en eau est ensuite répartie sur l'année en intégrant le taux de présence des habitants par mois.

4.2.1.2 ∞ *Pour secteur tertiaire et les petites industries*

La reconstitution de la demande utilise comme déterminant final le nombre d'employés par secteur. Les secteurs d'activité sont décomposés selon la Nomenclature des Activités Françaises (codes NAF), l'INSEE fournit le nombre d'emplois par commune par secteur.

Pour chacun des secteurs, une consommation unitaire est associée à chaque employé. Il est également possible d'intégrer les besoins unitaires par quantité de matière produite, par exemple en m³/tonne d'acier ou par nuitée dans le cas des hôtels.

Cette demande en eau est ensuite répartie sur l'année en intégrant le taux d'activité des différents secteurs.

La part des industries rattachées au secteur AEP est estimée à partir des règles d'affectation employées dans Strateau. Seules les industries prélevant l'eau dans le réseau sont comptabilisées.

4.2.1.3 ∞ *Intégration des pertes en eau du réseau de distribution d'eau potable*

On considère qu'en additionnant ces trois demandes en eau, on obtient la demande en eau potable sur le territoire. Pour estimer à partir de cette demande les prélèvements qui sont effectués, on augmente cette demande pour prendre en compte les pertes dues aux fuites des réseaux d'adduction d'eau potable.

La moyenne nationale française des pertes est de 27% sur les volumes distribués. Lorsque des données validées et territorialisées étaient absentes, c'est ce pourcentage qui a été appliqué au volume de la demande modélisée pour obtenir l'estimation du volume prélevé sur le territoire. Toutefois, il ne faut pas perdre de vue qu'il reflète la différence entre l'eau potable produite, et l'eau comptabilisée, et qu'il inclut donc les usages non comptabilisés (eaux de vanne, eau incendie, eau d'arrosage ou de nettoyage urbain dans certains cas, etc.) certes de moins en moins nombreux, mais encore répandus en 2006, année de comparaison. Par conséquent, un double compte de ces usages est possible quand ils sont modélisés en termes de demande (ex. : jardins publics), et qu'en réalité (mais cela n'a pas été tracé), ils sont déjà inclus dans les pertes que l'on va ajouter pour calculer les prélèvements.

Pour reconstituer les prélèvements en eau pour l'AEP, une estimation des pertes en eau du réseau a été nécessaire. Celle-ci est fondée sur les taux de pertes utilisés pour le projet EXPLORE 2070 qui donne des taux de fuites dans les réseaux à l'échelle de 99 bassins versants français. Ces taux de pertes ont ensuite été appliqués uniformément sur l'ensemble des communes de ces bassins versants.

On remarque que ces pertes sont, de façon générale, comprise entre 20% et 34%. Leur moyenne est de 27%.

Code REGION HYDRO	Pourcentage moyen de fuites dans les réseaux (%)
A	28%
B	31%
D	25%
E	24%
F	23%
G	25%
H	25%
I	24%
J	21%
K	25%
L	23%
M	20%
N	33%
O	28%
P	31%
Q	30%
R	31%
S	25%
U	28%
V	33%
W	34%
X	34%
Y	25%
Z	29%
TOTAL	27%

Tableau 4 : Pourcentage de fuite par région hydrographique

On remarque également que les pourcentages de pertes sont plus élevés dans les régions hydrographiques du sud de la France. Les réseaux d'adduction d'eau y sont de manière générale en moins bon état (exemple de la ville de Nîmes³).

³ <http://www.lejdd.fr/Ecologie/Actualite/Paris-et-Nimes-deux-cas-opposes-148657>

4.2.2 Comparaison avec les données de prélèvements de l'Agence de l'Eau

4.2.2.1 ∞ Les données de prélèvements de l'Agence de l'eau

La BdD AE permet de localiser les points où des prélèvements à destination de la « distribution publique » sont effectués, on peut estimer que ces volumes sont connus avec une assez bonne précision, puisque 95% des volumes prélevés ont été mesurés par compteur (en 2006), les 5% restants étant évalués au forfait.

On ne peut cependant pas faire la distinction entre l'eau prélevée à destination du secteur résidentiel, celle à destination du secteur tertiaire et celle pour l'industrie. Il n'y a pas non plus d'indications précises sur les prélèvements (différence entre lieu de prélèvement et lieu d'utilisation). Cette donnée peut être obtenue au moyen d'une base de données en possession du Ministère de la Santé (base SISE-Eaux).

Ces volumes étant comptabilisés au point de prélèvement, donc mesurés en amont des pertes liées aux fuites des réseaux de distribution, il faut les comparer avec les données de « prélèvements » modélisées et non pas avec les résultats de modélisation de la demande.

4.2.2.2 ∞ Comparaison à l'échelle de l'ensemble du territoire métropolitain

Sur l'ensemble des bassins versants, les prélèvements modélisés pour l'eau potable sont de 5,8% inférieurs aux volumes prélevés renseignés dans la BdD AE pour l'année 2006. Ce qui correspond à une différence de 337 Mm³/an.

Secteurs d'activité	Modélisation STRATEAU (Mm ³)	Données BdD AE (Mm ³)	Différence (en %)	Différence (Mm ³)
Résidentiel	4 229 963	5 853 930	X	X
Tertiaire	1 049 766		X	X
Industrie	237 053		X	X
Total	5 516 782	5 853 930	-5,8%	-337 148

Tableau 5 : Comparaison sur l'ensemble du bassin des résultats modélisés et des données de prélèvements pour le secteur de l'eau potable

La modélisation donne donc un résultat globalement satisfaisant à l'échelle du territoire français.

De plus, la part du résidentiel dans les prélèvements reconstitués totaux pour l'AEP est importante : 77% (19% pour le secteur tertiaire et 4% pour la petite industrie).

Par ailleurs, les résultats du modèle donnent une part des prélèvements AEP reconstitués égale à 18% des prélèvements totaux reconstitués.

4.2.2.3 ∞ Comparaison à l'échelle de la commune

Sur les 36 582 communes que compte le bassin, seules 11 176 possèdent au moins un point de prélèvement en eau pour la « distribution publique », alors que la modélisation donne une demande en eau potable pour chacune des communes.

La comparaison entre les demandes modélisées à la commune et les données de prélèvements de l'Agence de l'Eau ne peut donc pas se faire commune à commune, puisque 69% des communes vont puiser en dehors de leurs limites administratives leur eau potable.

Pour pouvoir faire une comparaison pertinente par commune, il faudrait analyser chacune des données de prélèvements de la BdD AE en fonction du nom du maître d'ouvrage : lorsqu'une commune est en régie le nom du Maire de la commune exploitante peut être

renseigné, il est donc possible d'affecter le prélèvement, mais dans le cas d'une délégation de service public seul le nom du délégataire est renseigné (Lyonnaise des Eaux, SAUR...) et l'affectation n'est alors plus évidente. Comme dit précédemment, l'affectation manuelle entre demande et prélèvements a été effectuée pour les villes de Paris et Marseille. Pour les autres communes, l'affectation par défaut précédemment décrite a été utilisée. La base de données SISE-Eaux permettrait certainement d'affiner cette affectation.

Pour comparer les données modélisées et les données de prélèvement sans rentrer dans le détail de l'analyse des 11 176 points de prélèvements, on regroupe ensemble les communes appartenant à une même région hydrographique.

4.2.2.4 Comparaison à l'échelle des 24 régions hydrographiques

A cette échelle on remarque que la surestimation constatée à l'échelle de l'ensemble du territoire métropolitain est inégalement répartie. On observe en effet une sous-estimation pour certaines régions hydrographiques (15) et une surestimation pour d'autres (9).

Code REGION HYDRO	Modélisation STRATEAU (Mm3)	Données BdD AE (Mm ³)	Différence (en %)	Différence (Mm3)
A	354	326	8%	-28
B	46	37	24%	-9
D	16	16	-2%	0,313
E	382	325	18%	-58
F	1 070	1 026	4%	-44
G	29	35	-17%	6
H	395	436	-10%	42
I	104	106	-2%	2
J	263	249	5%	-13
K	344	348	-1%	4
L	125	128	-2%	3
M	218	208	5%	-10
N	91	64	41%	-26
O	343	393	-13%	49
P	103	115	-10%	12
Q	102	127	-20%	25
R	58	68	-14%	10
S	44	55	-20%	11
U	221	210	6%	-12
V	462	533	-13%	71
W	101	134	-25%	33
X	223	308	-28%	85
Y	418	606	-31%	188

Z	6	2	168%	-4
TOTAL	5 517	5 854	-5,76%	337

Tableau 6 : Comparaison par région hydrographique, secteur de l'eau potable

Analyse du tableau:

Dans l'ensemble, les prélèvements d'eau pour l'AEP sont bien reconstitués à l'exception du bassin Y (Côtiers méditerranéens). Cela peut provenir de plusieurs choses : mauvaise affectation de la demande aux points de prélèvements avec la méthode générale, mauvaises données sur la Corse etc...

De manière générale, les plus gros pourcentages d'écart sont obtenus pour des volumes relativement faibles (bassins N, R, S, Z par exemple), l'incertitude relative augmentant lorsque la taille des régions hydrographiques diminue.

Pour chercher à expliquer plus précisément d'où peuvent provenir les différences observées, il est nécessaire d'obtenir des informations plus précises sur les deux composantes de la reconstitution des prélèvements en eau potable : la reconstitution de la demande (basée sur le besoin des utilisateurs) et les pertes en eau du réseau de distribution. Il faut pour cela chercher d'autres sources de données que celle des Agences de l'Eau.

Pour la première composante, on peut exploiter les données issues de l'enquête statistique "Eau et assainissement dans les collectivités locales" 2004, MEEDDM. Cette enquête donne accès à un volume d'eau moyen distribué et livré par an par habitant dans chaque région de France (l'enquête est basée sur « les volumes d'eau facturé au tarif domestique » par région). En appliquant la moyenne régionale par habitant pour chacune des communes, on obtient une estimation des volumes livrés par bassin versant.

Il faut néanmoins savoir que ces données ne permettent toujours pas de distinguer les volumes à destination du secteur résidentiel de ceux à destination du tertiaire. Ainsi, l'utilisation de ces données n'apporterait pas nécessairement l'amélioration espérée.

Code REGION HYDRO	Type de différence	Modélisation prélèvements AEP (m ³ /an/hab)				Estimation avec les données de la BD AdE (m ³ /an/hab)	Différence (en %)
		Prélèvements totaux	Dont résidentiel	Dont tertiaire	Dont industrie		
A	surestimé	92,9	71,7	16,8	4,5	86	8%
B	surestimé	96,8	77,9	15,5	3,4	78	24%
D	sous estimé	81,8	68	12,3	1,5	83	-2%
E	surestimé	83,9	65,8	15,1	3	71	18%
F	surestimé	91,5	64,1	20,3	7,1	88	4%
G	sous estimé	87,6	73,2	11,9	2,5	105	-17%
H	sous estimé	87,4	66,9	15,2	5,2	97	-10%
I	sous estimé	81	64,3	15,1	1,6	83	-2%
J	surestimé	80,4	64,3	14,3	1,8	76	5%
K	sous estimé	86,9	67,8	16,3	2,9	88	-1%
L	sous estimé	92,2	71,6	18,1	2,5	94	-2%
M	surestimé	75,1	58,9	13,1	3,1	72	5%
N	surestimé	105,2	82,8	19,6	2,8	75	41%
O	sous estimé	90,5	70,2	18,3	2	103	-13%

P	sous estimé	94,8	73,7	18,1	3	106	-10%
Q	sous estimé	101,9	77,9	19,4	4,6	127	-20%
R	sous estimé	95,4	76,1	16,1	3,2	111	-14%
S	sous estimé	76,6	63,2	11,3	2,1	96	-20%
U	surestimé	82,1	63,5	15,5	3,1	78	6%
V	sous estimé	103,2	80,2	18,4	4,7	119	-13%
W	sous estimé	99,7	75,4	19,8	4,5	132	-25%
X	sous estimé	430,8	332,6	93	5,1	595	-28%
Y	sous estimé	69,9	57	11,7	1,2	101	-31%
Z	surestimé	78	63,2	14,4	0,4	29	168%
TOTAL	écart type	70	54	16	2	105	
	moyenne	103	80	19	3	112	

Tableau 7 : Comparaison des volumes d'eau distribués par habitant et de la modélisation de la demande en eau potable par habitant

Analyse du tableau:

Dans le résidentiel, le volume prélevé par habitant varie fortement d'une région hydrographique à l'autre (écart type de 54 m³/an/hab).

Pour une territorialisation fine des prélèvements d'eau par habitant, la structuration du modèle permet de prendre en compte :

- les caractéristiques de l'habitat (type de logement, équipement intérieur et extérieur) et les caractéristiques de la géographie locale (fluctuations annuelles de la température et de la pluviométrie). Cependant, dans l'état actuel d'entrée des données pour la constitution de l'état des lieux, l'impact du facteur climatique a été peu territorialisé, ce qui n'explique pas les variations observées. Les différents types de logement et d'équipement a par contre été finement décrit sur tout le territoire à partir de l'enquête logement de l'INSEE
- l'affectation de la demande aux points de prélèvements de la BdD AE

A noter, que d'autres facteurs tels que les caractéristiques du ménage (son revenu, sa composition, son niveau de vie) ainsi que le mode de facturation influent aussi sur les consommations unitaires d'eau et que ces facteurs ne sont pas encore pris en compte par le modèle.

Les résultats sur les îles marines (région Z) suggèrent des modes de consommations particulièrement faibles, ou alternativement, une mauvaise connaissance des prélèvements ou de leurs origines (certaines îles pouvant être alimentées par le continent).

4.2.2.5 Conclusion de la comparaison pour ce secteur et avantages du modèle

La méthodologie utilisée pour la reconstitution de la demande du secteur de l'eau potable donne une image satisfaisante des volumes totaux prélevés dans les différents bassins versants, qui permet de les comparer entre eux et de comparer les résultats pour ce secteur avec les autres.

Il est intéressant de voir à quel point on se rapproche de la réalité alors même que la territorialisation n'est pas optimisée. Ainsi, si l'on devait répondre à des questions très spécifiques au secteur de l'eau potable, il serait possible d'affiner les résultats de la modélisation (la place pour les données d'entrée est déjà intégrée dans le modèle, et les données de prélèvement peuvent servir au calage des territoires au cas par cas). Il serait

même possible d'aller encore plus loin en utilisant ce qui a été fait chez Energies Demain dans les secteurs du bâtiment et de l'électricité : en intégrant une typologie plus fine de l'habitat, une typologie des ménages, et une reconstitution plus poussée des taux d'équipements.

La méthodologie développée permet d'autre part d'aller plus loin qu'un simple recensement des prélèvements, en donnant une information sur les volumes consommés d'une part et la répartition des prélèvements dans le temps d'autre part. Le fait que la demande en eau ait été reconstituée par l'agrégation de besoins unitaires fins permet également de faire du prospectif non seulement sur l'évolution du nombre d'habitants, mais aussi sur la modification des taux d'équipement des ménages et des consommations unitaires par poste.

4.3 Les prélèvements en eau pour le secteur agricole

4.3.1 La reconstitution des prélèvements en eau pour le secteur agricole

Pour l'irrigation des cultures, la reconstitution des prélèvements en eau se décompose en trois étapes. On commence par reconstituer les besoins en eau, en s'appuyant sur un bilan agro-climatique mensuel pour chaque type de culture irriguée identifié sur le territoire, et en considérant une seule culture annuelle (pas de prise en compte des cultures en dérobé). On cherche ensuite à évaluer à partir de ce besoin la quantité d'eau qui sera effectivement demandée par le territoire en intégrant l'efficacité des différents modes d'irrigation et la part de satisfaction de cette demande, décidée par l'irrigant. Enfin, on affecte ces demandes à des lieux de prélèvements.

4.3.1.1 Application de la méthode développée par la FAO pour la détermination des besoins en eau des cultures irriguées (Food and Agriculture Organization janvier 2009)

La détermination des besoins en eau des cultures se décompose en trois étapes :

1. Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) à partir des données climatiques mensuelles

L'ETP représente l'évapotranspiration standard définie par Penman : quantité d'eau évaporée du sol ou transpirée par une végétation courte et verdoyante recouvrant complètement le sol, de hauteur uniforme et ne manquant jamais d'eau. Il s'agit typiquement d'un gazon irrigué tondu à 10cm. Elle se calcule à partir de la formule de Penman-Montheith et des données climatiques de la région.

Pour la modélisation, les données météorologiques mensuelles pour le calcul de l'ETP ont été rentrées à la maille SAFRAN, pour les années 2004, 2005 et 2006.

2. Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM) par culture et par mois

$$ETM = Kc * ETP$$

Où Kc est le coefficient cultural, qui est fonction du type de culture et de son état végétatif. Les coefficients culturaux et dates de plantation des cultures utilisés sont ceux de la FAO. Dans la modélisation, l'ETM est assimilée au besoin total en eau des cultures.

3. Calcul du bilan hydrique (BH) agro-climatique mensuel

On cherche à déterminer la quantité d'eau à apporter aux cultures en complément des précipitations afin de couvrir les pertes subies par le sol et la végétation par évapotranspiration et assurer la croissance de la plante.

$$BH = \text{Précipitations} - \alpha \cdot ETM$$

où α est le taux de satisfaction des besoins de la plante (valant 1 par défaut).

- Si $BH < 0$; les précipitations sont suffisantes pour couvrir les besoins en eau de la plante, on considère donc qu'il n'y a pas d'apport d'eau par irrigation.
- Si $BH > 0$; on est en situation de déficit hydrique et BH représente alors le besoins en eau des cultures non satisfaite par les précipitations, ce besoin servira ensuite de base à l'estimation des demandes en eau pour l'irrigation.

La carte suivante montre les précipitations annuelles reconstituées à la maille de la commune à partir des données récoltées à la maille SAFRAN pour l'année 2006.

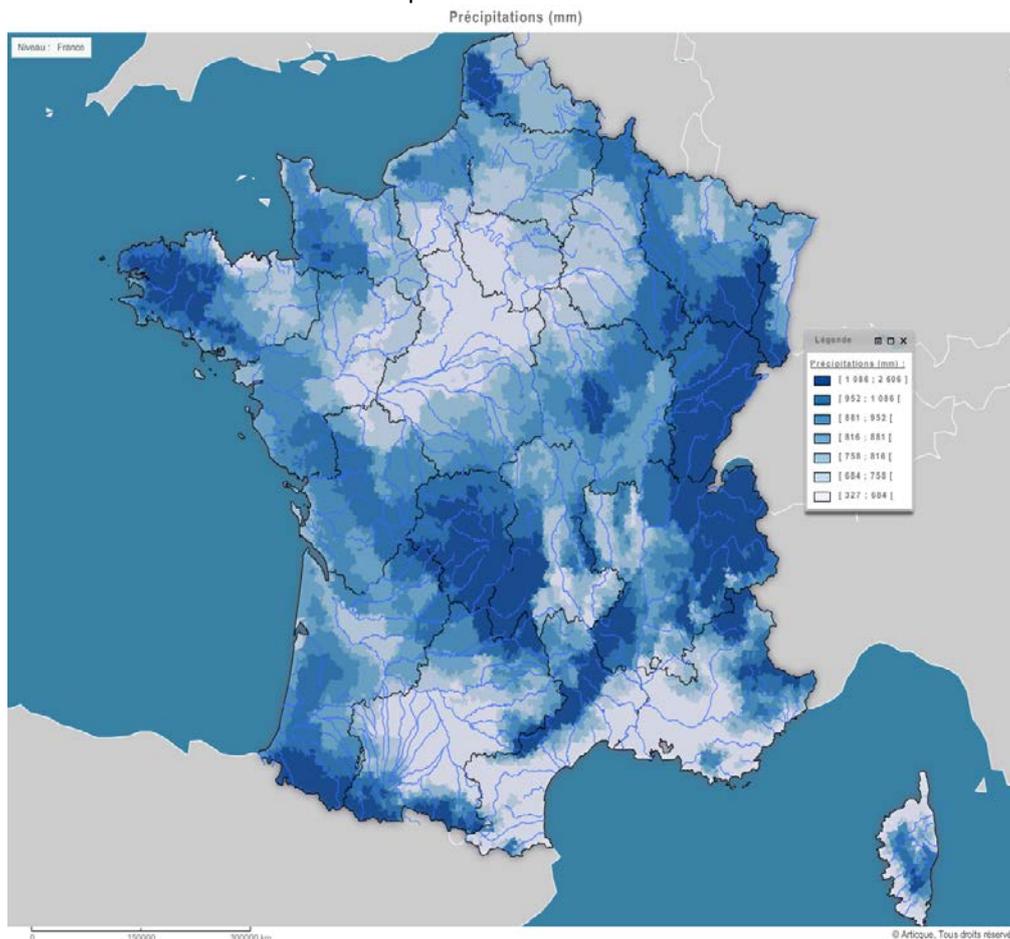


Figure 13 : Carte des précipitations annuelles à l'échelle de la commune

De la même manière, STRATEAU dispose des données SAFRAN pour l'évapotranspiration potentielle (ETP). Ces données permettent de reconstituer la pluie efficace (qui est calculée comme le maximum de pluie-ETP et de 0). Il est à noter que les données SAFRAN sont disponibles à une échelle de temps journalière, cela permet de réaliser des bilans journaliers de pluie efficace puis de les agréger pour avoir une pluie efficace mensuelle pertinente.

En effet, nous avons l'inéquation suivante :

$$MAX \left(\left(\sum_{\text{jours E Mois}} \text{Pluie} - \sum_{\text{jours E Mois}} \text{ETP} \right), 0 \right) \neq \sum_{\text{jours E Mois}} MAX((\text{Pluie} - \text{ETP}), 0)$$

La définition retenue pour la pluie efficace est donc celle du membre de droite.

La pluie et l'ETP permettent de créer un indicateur de taux d'humidité. Celui-ci est défini comme étant le rapport de la pluie et de l'ETP sur une certaine période. Cet indicateur permet d'évaluer l'impact du climat sur le système hydrologique, et plus spécifiquement sur la demande en eau agricole. Par exemple, la carte suivante montre la valeur du taux d'humidité durant la période d'irrigation (de mai à septembre) à l'échelle des régions hydrographiques pour l'année 2006.

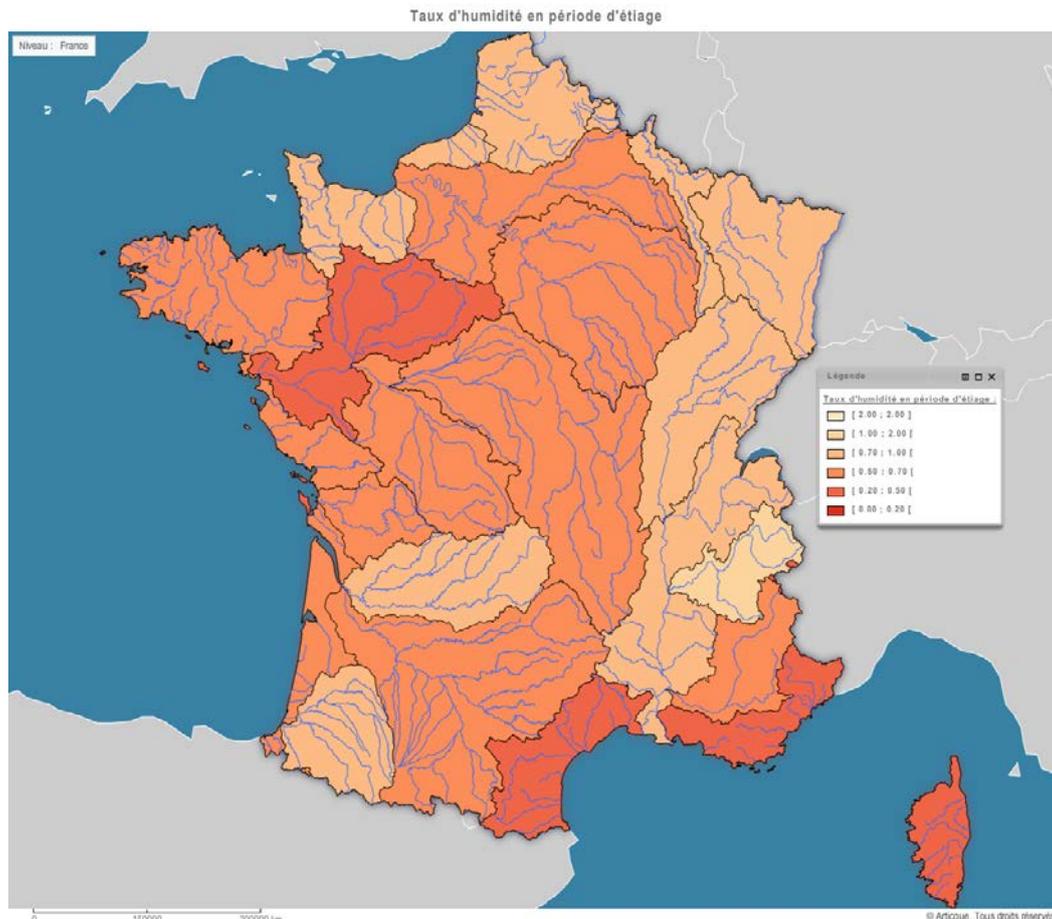


Figure 14 : Carte du taux d'humidité sur la période mai-septembre par région hydrographique (année 2006)

4.3.1.2 ∞ Modélisation des demandes pour l'irrigation

Pour estimer la quantité d'eau demandée pour l'irrigation, lorsque $BH > 0$, on divise ce besoin en eau par l'efficacité du système d'irrigation (une efficacité de 85% signifie que sur 100m^3 prélevés pour l'irrigation, 85m^3 servent effectivement à satisfaire le besoin en eau de la plante). Les 15m^3 restant sont des pertes par évaporation ou des rejets vers la ressource.

4.3.1.2.1 Les modes d'irrigation

On considère trois modes d'irrigation distincts en France (Ingénieurs sans Frontières 2003) : L'irrigation gravitaire : Elle se fait par écoulement de surface, sous simple effet de la gravité. L'eau est apportée par ruissellement au moyen de canaux et de rigoles. Il s'agit du mode d'irrigation le plus ancien, mais c'est aussi celui qui est le moins efficace.

En France métropolitaine, il est utilisé sur 4% des surfaces irriguables totales (RGA 2010). Il est cependant en net recul depuis 2000 : -33% ($90\,000\text{ha}$ en 2010 contre $130\,000\text{ha}$ en 2000). Les régions où il est le plus implanté sont le Languedoc-Roussillon et PACA avec respectivement $17\,000\text{ha}$ et $63\,000\text{ha}$.

L'irrigation par aspersion : Technique d'irrigation sous pression qui consiste à reproduire la pluie. C'est la technique d'irrigation la plus répandue en France avec 90% des surfaces irriguables totales en 2010 (RGA 2010). On distingue celle à jet rotatif de celle à brumisation verticale, plus efficace.

L'irrigation localisée : Technique la plus moderne et la plus économe en eau. L'eau circule dans des tuyaux souples de petit diamètre disposés à la surface du sol et munis de dispositifs « égoutteurs » qui apportent l'eau au pied des végétaux. Les systèmes les plus répandus sont le goutte à goutte (pour le maraîchage) et le micro jet (indiqué pour l'arboriculture). Cette technique est implantée sur 6% de la surface irrigable française soit sur 135 000 ha en 2010 (RGA 2010).

Mode d'irrigation	Goutte à goutte	Aspersion	Gravitaire
Classe d'efficacité rencontrée dans la bibliographie	80-90%	70-80%	40-60%
Efficacité choisie dans la modélisation	85%	75%	50%

Tableau 8 : Valeurs d'efficacités des différents modes d'irrigation utilisées pour la modélisation

Au sujet du mode d'irrigation, la seule indication disponible fournit, par canton en 2000, la part des superficies irriguées selon les trois modes d'irrigation. Cette information ne permet pas d'affecter un mode d'irrigation à chaque type de culture. On a donc utilisé un répartiteur de mode d'irrigation en se basant sur des tables d'impossibilités. C'est-à-dire que par canton, nous avons interdit certains modes d'irrigation pour certaines cultures (irrigation gravitaire sur les prairies sauf dans la Plaine de la Crau, goutte à goutte sur le maïs) et réparti les hectares manquants aux modes d'irrigation restants. On obtient ainsi une affectation plus fine que celle qui consiste à appliquer une même répartition des modes d'irrigation pour toutes les cultures d'un canton.

Pour les vergers, la détermination du mode d'irrigation s'est appuyée sur l'enquête « vergers » de 2006 qui les recense par culture et par département.

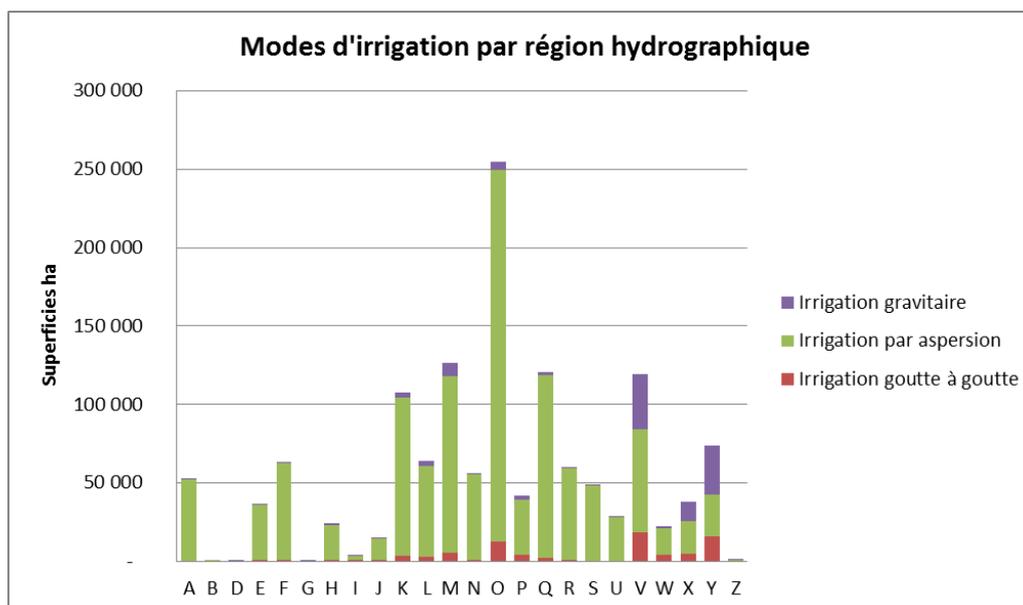


Figure 15 : Répartition des superficies irriguées en fonction du mode d'irrigation et de la région
Source RGA 2000 actualisé

4.3.1.2.2 Détermination des surfaces irriguées

Les surfaces irriguées par type de culture et par commune sont issues du croisement entre le Recensement Général Agricole de 2000 (RGA 2000), les statistiques annuelles départementales de l'Agreste et la base de donnée par télédétection Corine Land Cover. Les données du RGA 2010 n'ont, à ce jour, pas été intégrées à l'outil Strateau.

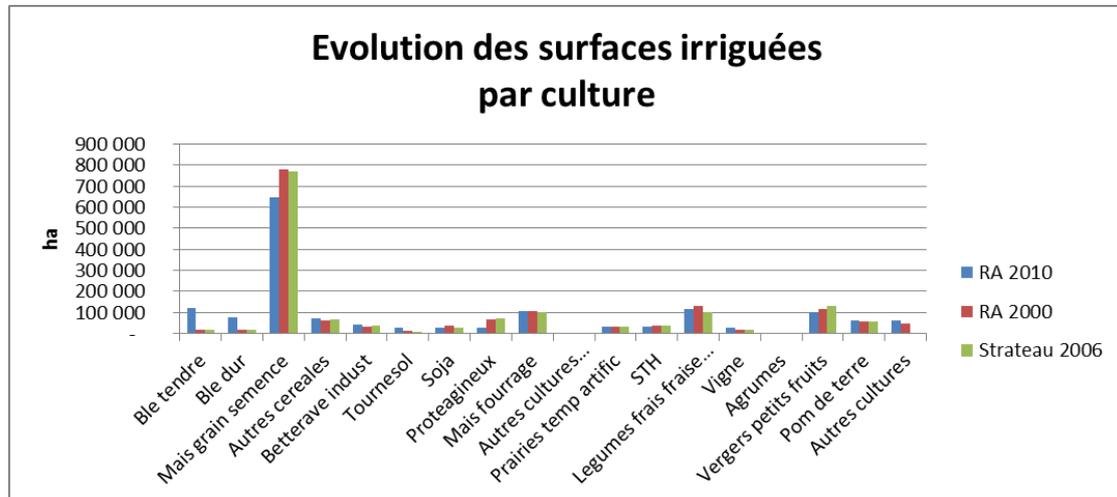


Figure 16 : Evolution des superficies irriguées en France par culture
Sources : RGA 2010, 2000

Ce graphique compare des données utilisées dans Strateau avec les sources de données nationales existantes à savoir le RGA 2000 et le RGA 2010.

On constate que Strateau 2006 et le RGA 2000 sont très proches, les différences s'expliquent par l'actualisation des données de superficies entre 2000 et 2006 à l'aide des enquêtes départementales.

Bien que la surface irriguée globale n'ait pas globalement évolué entre 2000 et 2010, on observe de nettes évolutions au sein des cultures. Le maïs grain voit ses superficies irriguées fortement diminuer (-17% soit 130 000 ha) au profit du blé tendre (+700% soit 105 000ha) et du blé dur (+350% soit 60 000ha).

4.3.1.2.3 Résultats agrégés par région sur la demande en eau d'irrigation

La Figure N présente le résultat de la modélisation des besoins en eau des cultures irriguées par bassin versant (variabilité en fonction des paramètres climatiques et du type de culture). On a également représenté les volumes demandés par bassin versant pour l'irrigation des cultures (variabilité en fonction des besoins en eau d'irrigation des cultures et du mode d'irrigation). La différence entre les apports naturels et les volumes demandés représente la part de l'eau qui n'est pas consommée par évapotranspiration et va donc soit ruisseler soit s'infiltrer.

Selon la méthode utilisée, si les modes d'irrigation avaient une efficacité de 100% alors les volumes demandés devraient être égaux à la différence entre les apports naturels et les besoins des plantes. Sur les régions hydrographiques du Côtier Méditerranéen (Y) et du Rhône (Saône-Isère-Durance exclues) (V), les volumes demandés sont très importants par rapport aux besoins non satisfaits par la pluie. Cela est vraisemblablement lié à l'irrigation gravitaire très présente dans ces zones.

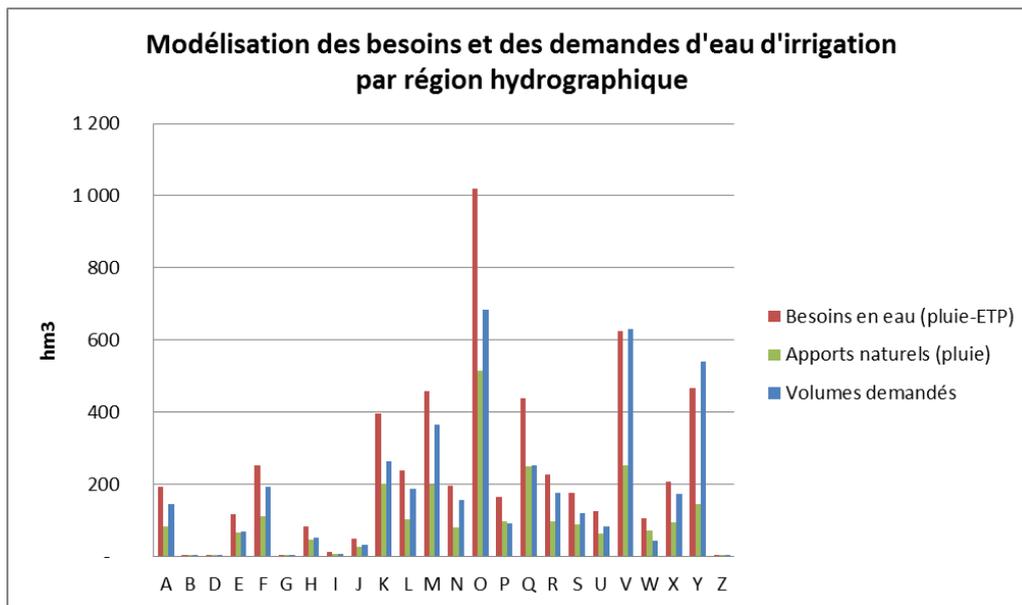


Figure 17 : Besoins en eau des cultures et demandes pour l'irrigation
Source : Modélisation Strateau 2006

Notons ici que le « besoin en eau » est nul si $ETP < P$. Le « volume demandés » l'est en complément de la pluie.

L'outil de modélisation permet de détailler le résultat pour un type de culture en particulier, par exemple pour le maïs :

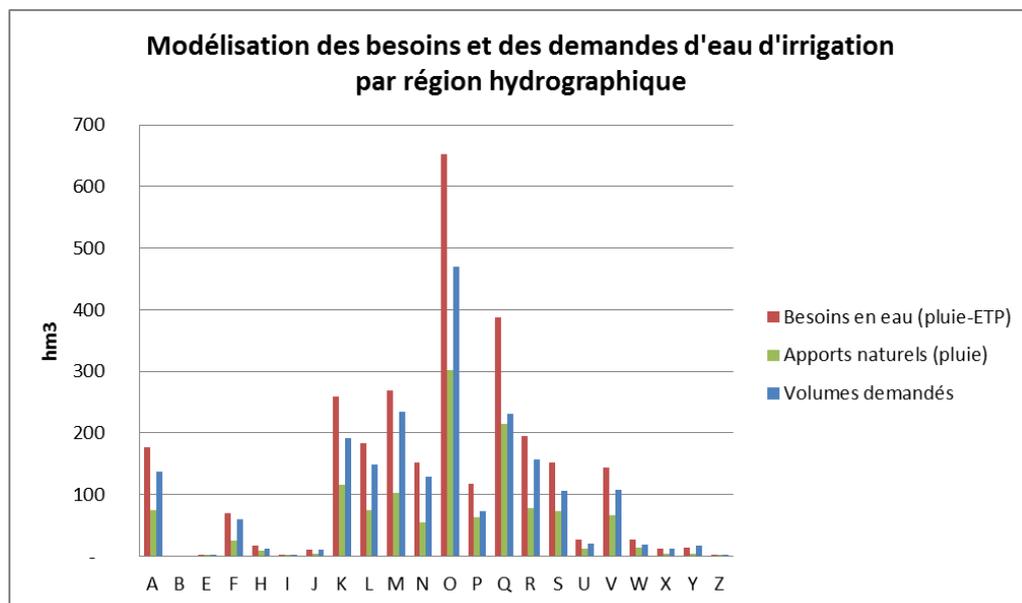


Figure 18 : Variation par région hydrographique des besoins et des demandes en eau d'irrigation par hectare de maïs grain
Source : Modélisation Strateau 2006

4.3.1.2.4 Résultats agrégés par culture sur la demande en eau d'irrigation en France

La demande en eau d'irrigation par culture est peu connue à l'échelle du territoire national. Les seules informations disponibles sont le nombre d'hectares irrigables par culture et les volumes prélevés, mais pas encore les volumes demandés par culture. Des tentatives ont été réalisées, basées sur des ratios de m^3 prélevés par hectare selon une formule peu, voire pas, dépendants du climat.

Le graphique suivant montre les volumes demandés par culture en France, reconstitués par Strateau :

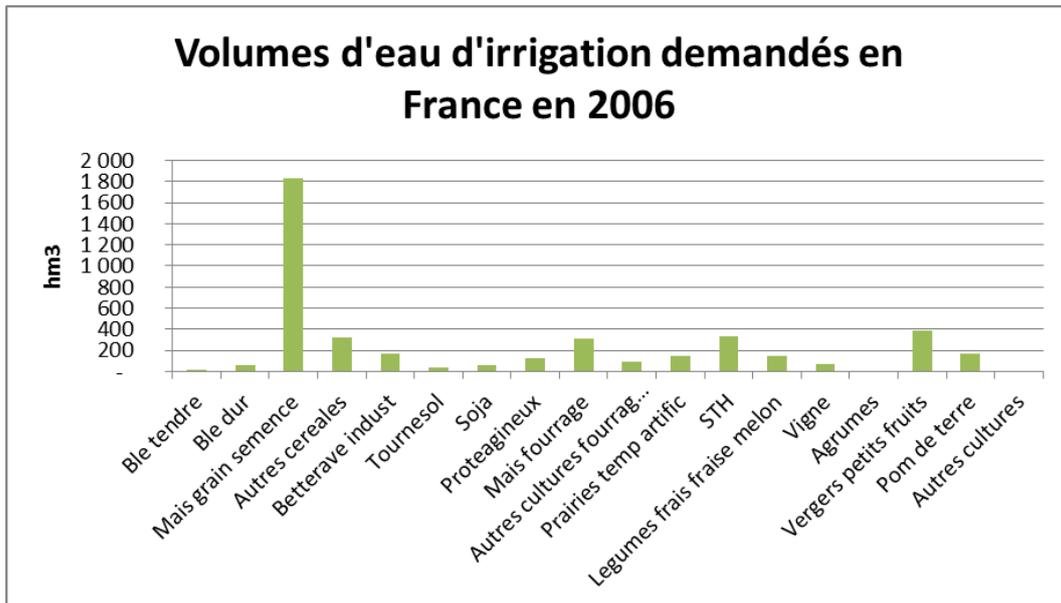


Figure 19 : Répartition des volumes d'eau demandés par culture en France en 2006
Source : Modélisation Strateau 2006

Notons ici que la catégorie « Autres céréales » inclue le riz et que STH est l'acronyme de Surfaces Toujours en Herbe

On constate que le maïs est le principal demandeur d'eau en France avec 43% des volumes demandés totaux. Ce résultat est cohérent avec la première place en termes de surface irriguée (52%).

Afin d'isoler l'effet des superficies sur les volumes demandés, il convient de regarder le graphique suivant :

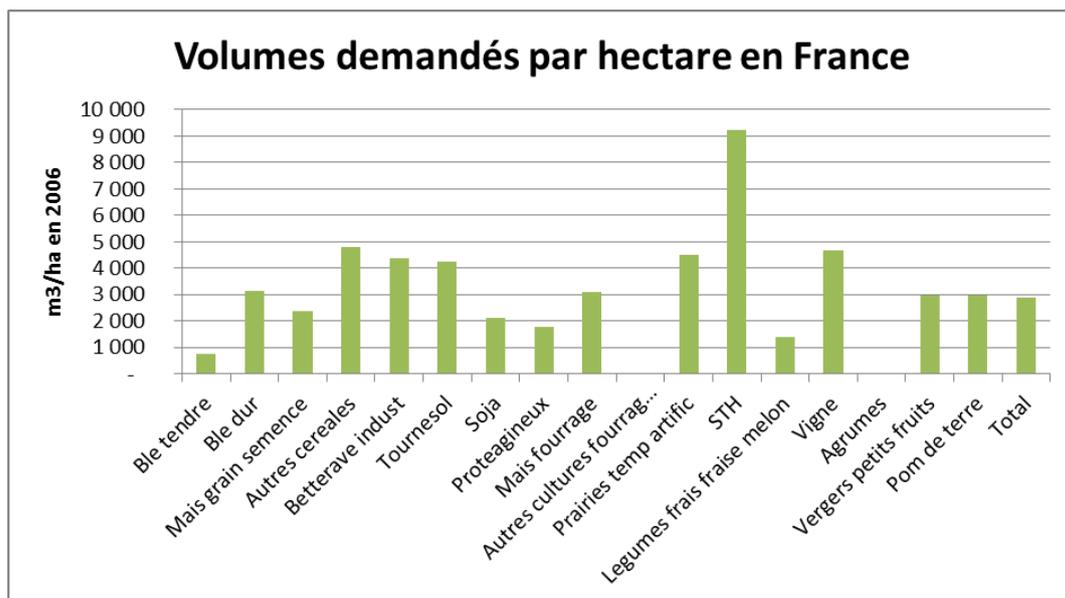


Figure 20: Comparaison des volumes demandés par hectare et par an en France
Source : Modélisation Strateau 2006

Ce graphique est le résultat du croisement de la somme des volumes demandés et la somme des superficies irriguées par culture. Ces valeurs ne sont pas uniformes sur tout le territoire.

On constate qu'en France, la moyenne est de 2 800m³ demandés par hectare irriguées pour l'année 2006. Ces valeurs peuvent considérablement évoluer d'un territoire à l'autre et surtout d'une année à l'autre en raison des cultures, du climat et des modes d'irrigation.

On observe également que le maïs grain est loin d'être la culture qui a la plus grosse demande à l'hectare : 2 350m³ demandés par ha en 2006. A l'inverse, les superficies toujours en herbe (STH) demandent des volumes d'eau considérables à l'hectare : 9 200 m³ demandés par hectare en 2006. Ce constat s'explique par le fait que les prairies qui sont irriguées le sont majoritairement dans une zone où le gravitaire sert à réalimenter la nappe : la Plaine de la Crau. On notera d'ailleurs qu'il s'agit de prairies AOC.

4.3.1.3 ∞ Modélisation des prélèvements pour l'irrigation

Une fois les demandes reconstituées, il faut leur associer un ou plusieurs lieux de prélèvement. Cette tâche n'est pas évidente en raison d'un manque d'information. Il n'existe aucune source de données nationale sur ce sujet. La tâche est rendu encore plus complexe pour le secteur agricole où les canaux sont très présents.

C'est pourquoi il a été fait, pour cette étape, l'hypothèse dans Strateau que les demandes en eau agricole d'un territoire soient affectées :

- aux communes de ce même territoire, lorsqu'elles ont a au moins un point de prélèvement dans la base Redevances des Agences,
- à la commune la plus proche parmi les territoires voisins dans le cas contraire. La distance entre les demandes et les prélèvements a été calculé à partir des centroïdes des communes.

Cette méthode a été retenue par défaut. Elle a l'inconvénient de ne pas répartir les prélèvements sur plusieurs communes en les concentrant potentiellement sur certaines, simplement en raison de la proximité de leur centroïde. Elle est cependant entièrement paramétrable par les utilisateurs à mesure que la connaissance des lieux réels de prélèvement s'améliorera.

Le graphique suivant propose une comparaison entre les lieux de demande en eau d'irrigation et les lieux de prélèvement à l'échelle des régions hydrographiques. On peut observer que les hypothèses par défaut introduisent peu de grands transferts entre ces niveaux géographiques.

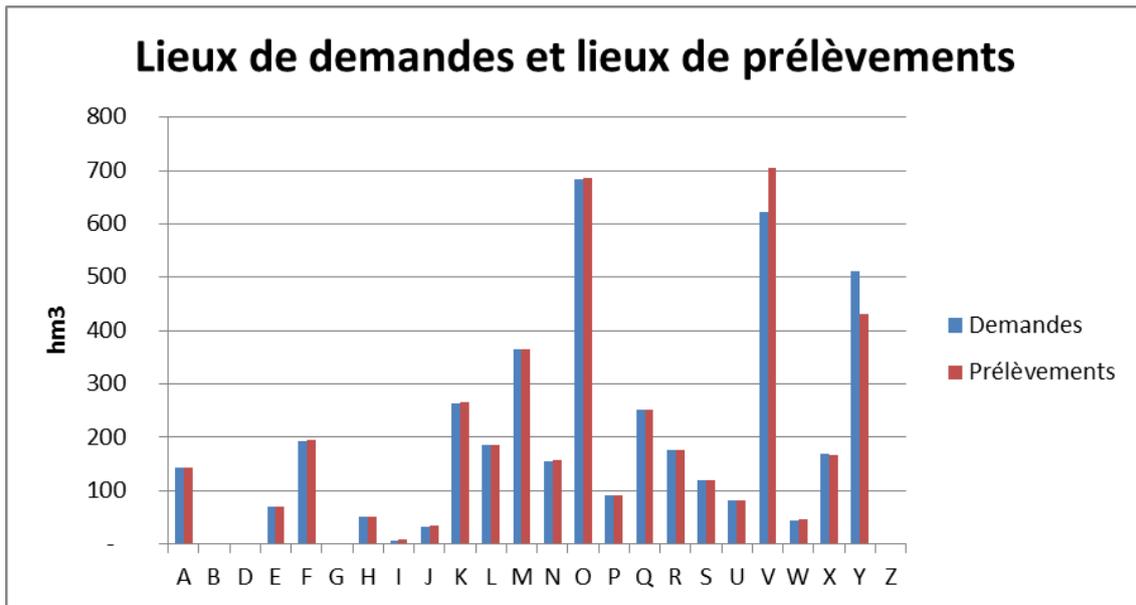


Figure 21 : Répartition géographique des lieux de prélèvements et de demandes en eau
Source : Modélisation Strateau

On notera simplement une demande dans le Côtier Méditerranéen (Y) qui semble être affectée dans le Rhône (V). Il s'agit d'un transfert de 85 Mm³, qui s'explique par une demande très forte de communes situés à la frontière entre ces deux régions.

Toutefois, la modélisation des prélèvements en eau présente certaines limites, nécessaires à rappeler avant de commencer la comparaison avec les données de prélèvements :

Pour la reconstitution des besoins en eau :

Les données météorologiques sont mensuelles et issues du travail de Météo France à la maille SAFRAN.

Le bilan réalisé est agro-climatique, les paramètres pédologiques, qui permettraient d'estimer la réserve en eau utile du sol, ne sont donc pas pris en compte.

Pour la reconstitution des prélèvements :

La modélisation considère que lorsqu'un besoin en eau d'irrigation est généré sur un territoire, celui-ci induit automatiquement une demande en eau. Ce qui, bien entendu, ne correspond pas toujours à la réalité, parfois les demandes ne sont pas faites, même si la plante en a besoin. C'est l'hypothèse, modulable, que la demande est proportionnelle à l'ETM avec un coefficient par défaut de 1.

4.3.2 Comparaison avec les données de prélèvement des Agences de l'Eau

4.3.2.1 ∞ Les données de prélèvement de l'Agence de l'eau

La BdD AE permet de localiser les points où des prélèvements pour l'irrigation sont effectués et donne les volumes prélevés associés.

Cependant, contrairement au cas de l'eau potable et de l'eau utilisée pour le refroidissement des centrales thermiques, les volumes renseignés ne sont pas connus avec la même précision.

Il existe en effet différents modes de comptages :

- Un comptage par compteur : dans ce cas les volumes sont mesurés et peuvent être considérés comme fiables à partir de compteur. Les fuites ou pertes avant le compteur ne sont donc pas comptabilisées.

- Un comptage par forfait : Lorsque le point de captage n'est pas équipé d'un compteur, les volumes prélevés ne sont pas mesurés mais estimés sur la base des superficies irriguées déclarées par les exploitants agricoles. Ce mode de détermination est imparfait, comme le montre l'étude « Les prélèvements d'eau en France en 2001 » (Institut Français de l'Environnement mars 2004). D'une part les surfaces déclarées sont peu fiable et d'autre part les forfaits établis ne correspondent pas aux besoins des plantes et aux conditions climatiques. La loi sur l'eau de 1992 a normalement rendu obligatoire dans un délai de 5 ans l'installation de compteur, mais malgré cela, beaucoup d'exploitations ne sont pas équipées et le taux de comptage reste relativement faible (53% des volumes déterminés par comptage en 2006 dans le territoire métropolitain). Cette situation s'est toutefois améliorée depuis.

La BdD AE donne aussi une indication sur le type d'irrigation et le nombre d'hectares associés aux volumes prélevés, mais encore une fois, il faut être très vigilant sur la fiabilité de ces informations qui proviennent d'éléments déclaratifs, c'est d'ailleurs pour cela que les données sur les superficies irriguées utilisées dans le modèle ne sont pas celles renseignées par la BdD AE, mais celles issues du recensement Agreste 2006.

Dans le cas du secteur agricole, on doit donc faire face à une double difficulté pour la comparaison, puisqu'il s'agit d'une part d'essayer d'identifier les erreurs qui peuvent être produites par le modèle mais également d'utiliser avec prudence les données de redevance qui ne peuvent pas toujours servir comme calage car elle sont parfois loin de représenter la réalité.

4.3.2.2 ∞ Comparaison à l'échelle de l'ensemble du territoire métropolitain

Sur l'ensemble du bassin, les prélèvements modélisés sont légèrement inférieurs aux volumes prélevés renseignés dans la BdD AE : 4,250 Mm³ modélisés contre 4,740 Mm³ prélevés pour l'année 2006 soit une différence de 10%. Cette sous-estimation a tendance à contredire l'idée d'une sous-déclaration des prélèvements visible à l'échelle nationale. Des pistes d'explication sont fournies dans la suite de ce chapitre.

4.3.2.3 ∞ Comparaison à l'échelle de la commune

Pour le secteur agricole la comparaison par commune n'est pas pertinente. Notamment parce que dans le cas de l'irrigation gravitaire, les prélèvements recensés en un point servent souvent à alimenter des canaux dont l'eau est utilisée pour l'irrigation de vastes secteurs agricoles qui dépassent les limites géographiques de la commune où le prélèvement est effectué.

On cherche donc comme pour les autres secteurs, à effectuer la comparaison par région hydrographique.

4.3.2.4 ∞ Comparaison à l'échelle des 24 régions hydrographiques

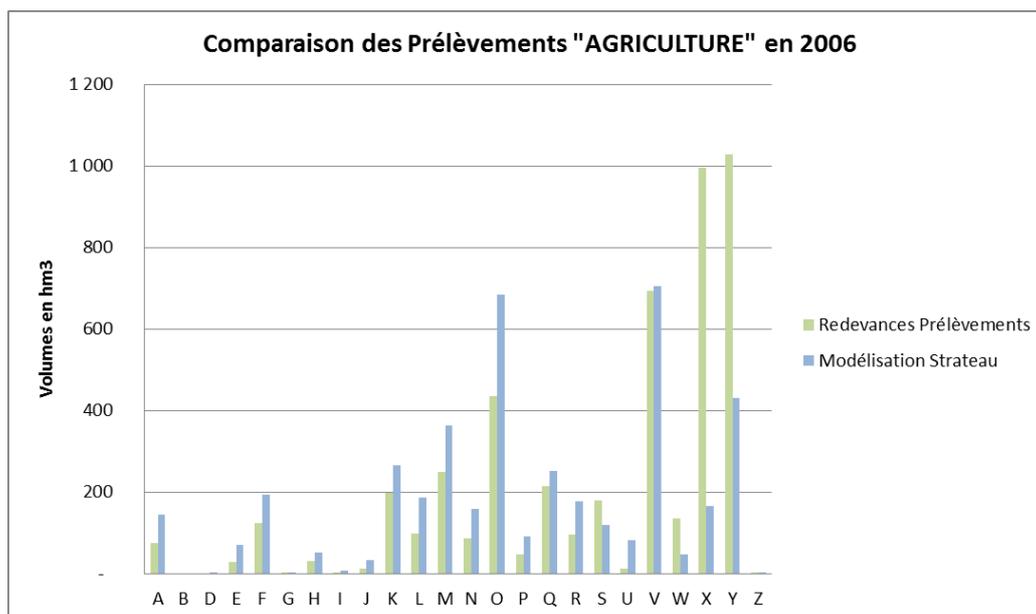


Figure 22 : Comparaison des données sur les redevances prélèvements et de la modélisation Strateau
Source : Modélisation Strateau 2006

La première remarque que l'on peut faire en analysant les résultats est que la sous-estimation observée à l'échelle de l'ensemble du territoire ne se retrouve pas d'une manière générale. En effet, on observe une surestimation pour seize bassins versants, une sous-estimation pour cinq autres, une estimation concordante pour un bassin versant : Le Rhône (Saône-Isère-Durance exclues) (V) et enfin deux bassins où les prélèvements agricoles sont négligeables.

Pour les quinze bassins versants où les prélèvements modélisés sont supérieurs aux prélèvements de la BdD AE.

Les 10 régions qui contribuent pour plus de 1% au total des volumes prélevés présentent une surestimation de 20 à 100% du volume recensé. Cela concerne majoritairement de faibles volumes sauf sur la zone Garonne (O) et la Loire de la Maine à la mer (M). La somme des volumes surestimés sur l'ensemble de ces quinze bassins atteint 1 000 Mm³.

D'autre part, il s'agit des bassins versants pour lesquels la majeure partie de l'irrigation se fait en aspersion, il est donc possible que l'on sous-estime dans la modélisation l'efficacité du système d'irrigation par aspersion (supposée ici de 75%). Cependant même en appliquant une efficacité de 85% qui semble être la valeur la plus haute trouvée dans la littérature, on reste inférieur aux données de l'Agence.

Region hydrographique	Type d'erreur	Redevances Prélèvements	Modélisation Strateau	% de différence	Différence en Mm3
A	surestimé	75	144	93%	69
B	sans objet		0		
D	sans objet		0		
E	surestimé	28	70	152%	43
F	surestimé	124	194	56%	68
G	sous estimé	0	0	-27%	- 0
H	surestimé	30	52	75%	20
I	surestimé	2	8	316%	6
J	surestimé	11	34	206%	23
K	surestimé	198	266	34%	67
L	surestimé	99	186	89%	87
M	surestimé	250	364	46%	115
N	surestimé	87	159	83%	72
O	surestimé	436	686	57%	250
P	surestimé	47	91	95%	44
Q	surestimé	215	252	17%	37
R	surestimé	95	176	86%	82
S	sous estimé	181	119	-34%	- 62
U	surestimé	12	82	570%	59
V	OK	695	705	1%	- 3
W	sous estimé	135	46	-66%	- 90
X	sous estimé	996	166	-83%	- 830
Y	sous estimé	1 029	431	-58%	- 604
Z	surestimé	0	2	2046%	2
Total	sous estimé	4 743	4 233	-11%	- 510

Tableau 9 : Comparaison de la demande modélisée et des prélèvements modélisés en Mm3 avec les données de prélèvements de l'Agence de l'eau
Source : Modélisation Strateau & Données redevances 2006

Les différences pourraient s'expliquer par d'autres facteurs tels que :

- l'hypothèse que la demande ETM est satisfaite en totalité,
- les prélèvements peuvent avoir été affectés aux mauvais territoires.
- la part parfois importante des estimations forfaitaires (comme dans bassins du Rhin (A) où l'intégralité des prélèvements tombe dans ce cas).
- la possible surestimation des superficies irriguées BdD AE.

Pour les cinq sous-bassins où les prélèvements modélisés sont inférieurs aux prélèvements de la BdD AE :

Les prélèvements renseignés dans la BdD AE sont 1,5 à 6 fois plus importants que les prélèvements modélisés. Cette surestimation concerne pour la plupart des volumes importants (la moyenne des prélèvements renseignés pour ces bassins dans la BdD AE est de 468 Mm³).

Ainsi la somme des volumes sous-estimés sur l'ensemble de ces cinq sous bassins est importante : 2 342 Mm³.

D'autre part l'irrigation gravitaire est présente, pour deux tiers en moyenne BdD AE des prélèvements pour ces cinq bassins, d'après la BdD AE (contre 45% en moyenne nationale). Il est donc possible que, malgré un taux de 50% déjà faible, l'efficience du procédé gravitaire soit encore surestimée.

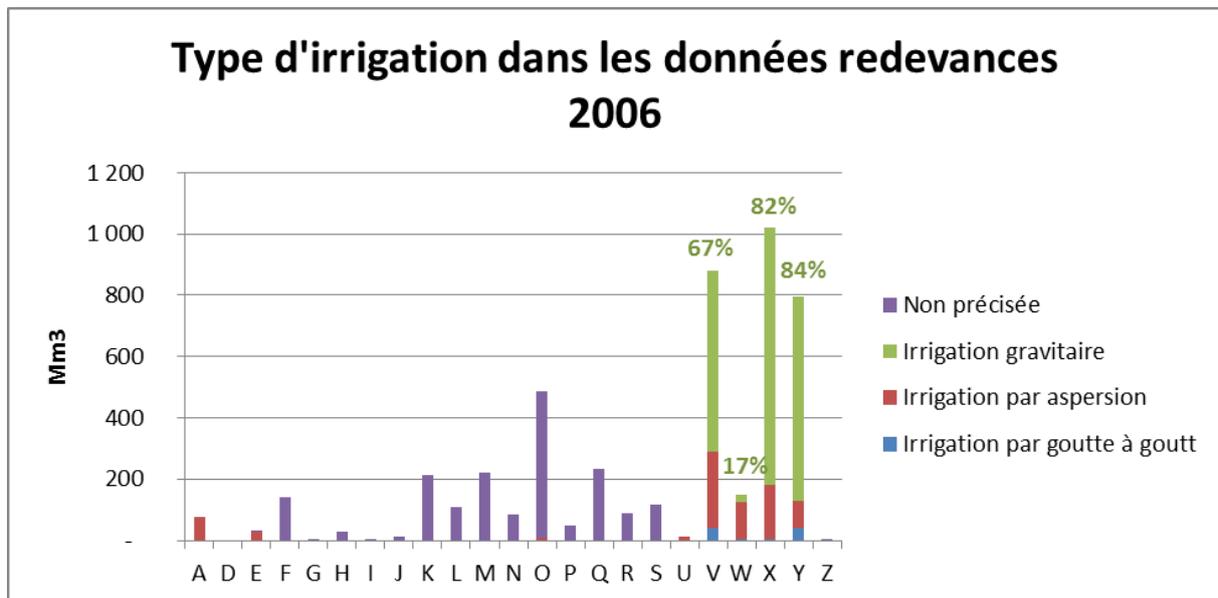


Figure 23 : Répartition des volumes prélevés dans les données redevances par mode d'irrigation

En vert figure la part des volumes prélevés en gravitaire

Le mode comptage des données redevances traduit de leur fiabilité. On notera entre autres que 71% du volume prélevé dans le bassin de la Durance (X) est estimé par jaugeage et 54% du volume prélevé sur le côté méditerranéen (Y) l'est par compteur sur écoulement libre, comme le montre la figure N.

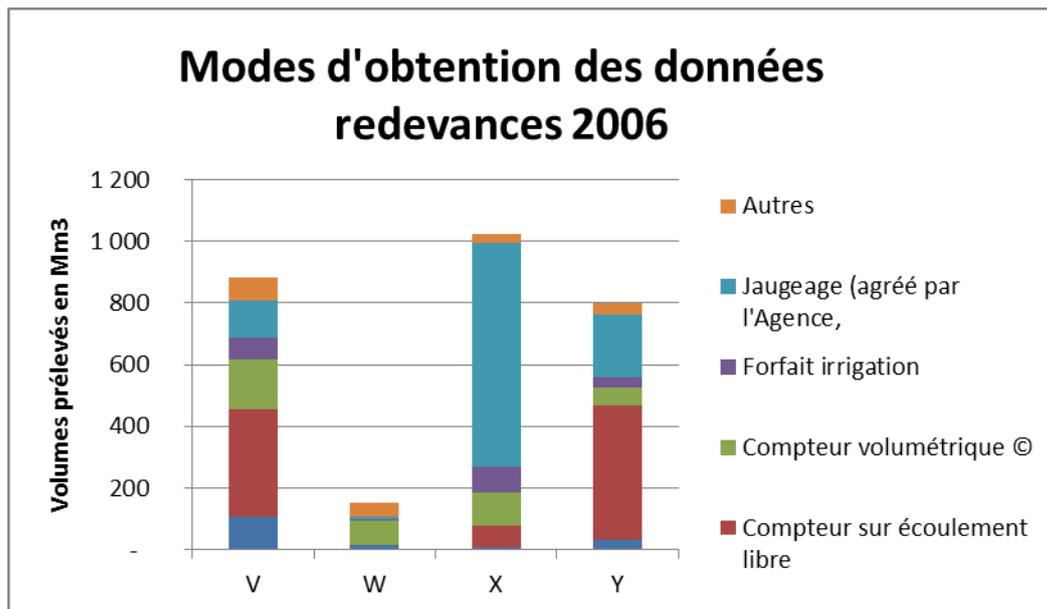


Figure 24 : Répartition des modes d'obtention des informations sur les redevances sur les 4 régions hydrographiques les plus surestimées par Strateau
 Source : Données redevances 2006

Il est très probable également que certaines demandes en eau d'irrigation du bassin du Rhône (V) aillent prélever dans les bassins de la Durance (X) ou du côtier méditerranéen (Y).

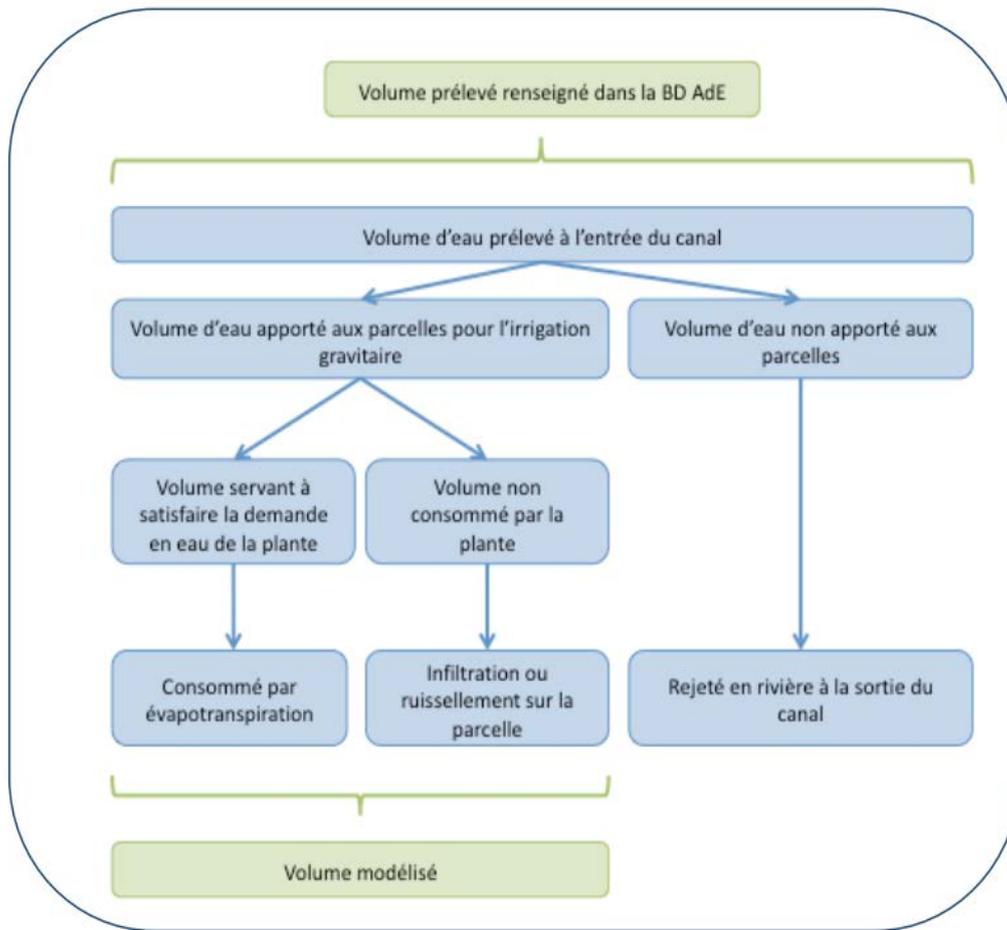


Figure 25 : Différence entre les prélèvements modélisés et les prélèvements renseignés dans la BdD AE pour l'irrigation

Les différences observées pourraient également s'expliquer par une sous-estimation de la part des cultures irriguées en gravitaire et par une mauvaise affectation de ce mode d'irrigation aux cultures qui en dépendent.

En effet, l'information sur les modes d'irrigation est déclinée par surface irrigable, et non par surface effectivement irriguée. Faute de données locales très précises, on a donc supposé que le taux d'activation de l'irrigation sur une parcelle irrigable était le même quel que soit le procédé, bien que ce ne soit pas nécessairement pertinent (en particulier en cas de restriction où l'on peut imaginer qu'un irrigant préférerait recourir d'abord aux procédés économes, ou encore à ceux pour des cultures à forte valeur ajoutée). Par exemple prenons un canton avec 10 hectares irrigables dont 2 en micro-irrigation, 4 en aspersion et 4 en gravitaire. Ce canton n'a pour une année donnée que 5 hectares effectivement irrigués. L'option par défaut considérera donc 1 ha en micro-irrigation, 2 en aspersion et 2 en gravitaire mais il se pourrait très bien qu'en fait la répartition soit la suivante ; 1 en micro-irrigation, 0 en aspersion et 4 en gravitaire. Dans ce cas, on aurait sous-estimé les volumes demandés. Il est possible toutefois que les erreurs de choix du procédé d'irrigation se compensent à une certaine échelle d'agrégation.

4.3.3 Conclusion de la comparaison pour ce secteur et avantages du modèle

La conclusion qui s'impose est qu'il est difficile d'obtenir une validation des prélèvements modélisés en s'appuyant sur les données de prélèvement de l'Agence de l'Eau parce que ces données ne représentent pas la même « réalité » que ce que l'on a cherché à modéliser et peuvent manquer de précision.

D'autre part, on doit souligner l'indispensable connaissance « réelle » des modes d'irrigation par type de culture pour obtenir une modélisation pertinente des prélèvements. Il s'agit donc de la première donnée à construire finement dans le cadre d'une analyse plus détaillée des prélèvements en eau pour l'agriculture, ainsi que des efficacités associées. Enfin, pour évaluer plus finement la pertinence du modèle, on pourrait effectuer la comparaison sur des territoires particuliers, représentatifs de la diversité nationale et qu'on aurait identifié comme ayant des données de prélèvements fiables (mesurées par compteur et portant sur des superficies déclarées exactes) et qui n'aurait qu'un seul type de culture dont le mode d'irrigation serait connu.

4.4 Les prélèvements en eau pour le secteur de l'énergie

Selon les estimations par Strateau, en France, l'énergie est le principal secteur préleveur d'eau (60,3% en 2006). De grandes quantités d'eau sont en effet nécessaires au refroidissement des centrales thermiques (nucléaires et à combustibles fossiles). L'eau est en général prélevée dans une rivière puis directement rejetée après utilisation dans cette même ressource.

4.4.1 La reconstitution des prélèvements en eau du secteur de l'énergie

Afin de reconstituer les prélèvements en eau du secteur de l'énergie, chaque centrale thermique est localisée sur le territoire et caractérisée par le nombre et la puissance effective des réacteurs qui la constituent.

Par exemple, la centrale nucléaire du Bugey dans le bassin versant du Haut-Rhône est constituée de 2 réacteurs de 900MW fonctionnant en système fermé et 2 réacteurs de 900MW fonctionnant en système ouvert. On distingue deux types de refroidissement : en système dit "ouvert" sans tour aéroréfrigérante, les débits nécessaires au refroidissement sont importants mais la consommation relative d'eau par évaporation est faible quoique significative dans l'absolu (jusqu'à 0,4 m³/s / GW produit) ; en système dit "fermé" avec tour aéroréfrigérante, les débits nécessaires sont plus faibles mais la consommation relative est élevée (variable suivant le climat, mais d'environ 33% en moyenne en France, soit environ 0,7 m³/s / GW produit).

	Volume d'eau prélevé	Volume d'eau consommé
Refroidissement en système ouvert	40 à 50 m ³ /s pour un réacteur de 900 MW	0,7% du volume prélevé
Refroidissement en système fermé	2 à 4 m ³ /s pour un réacteur de 900 MW	33% du volume prélevé

Tableau 10 : Prélèvements et consommations d'eau selon le mode de refroidissement des centrales nucléaires

Ainsi, en partant de la production des centrales de production d'électricité identifiées sur le territoire français, on reconstitue les prélèvements en eau du secteur de l'énergie, ces prélèvements sont ensuite affectés à la commune sur laquelle se situe la centrale. Puis, ces volumes prélevés sont répartis sur l'année en fonction du taux d'activité des centrales par mois. Ce taux d'activité permet de reconstituer la production réelle de la centrale en fonction des réacteurs effectivement en fonctionnement. Il a été considéré que les prélèvements en eau réalisés sont directement proportionnels à production d'électricité en kWh.

Il convient cependant d'être attentif au fait que les rejets sont mesurés à la sortie des installations, négligeant ainsi de fait l'accroissement subséquent de l'évaporation en eau libre en aval de l'installation du fait de l'élévation de température de l'eau. La variable scrutée est bien la même pour les AE et dans Strateau, mais la consommation totale induite par l'activité d'une centrale nucléaire, en particulier en circuit ouvert, ne se mesure pas seulement au niveau de l'installation. Les chiffres donnés dans la littérature sont très variables, mais montent jusqu'à 0,4 m³/s / GW produit, soit la moitié de la consommation sur site d'une centrale nucléaire avec tour aéroréfrigérante.

4.4.2 Comparaison avec les données de prélèvements de l'Agence de l'eau

4.4.2.1 ∞ Les données de prélèvements de l'Agence de l'Eau

Les prélèvements associés à chaque centrale thermique sont bien identifiés dans la BdD AE et sont connus avec précision puisqu'ils sont mesurés à 100% par compteurs. Etant donné la fiabilité des volumes mesurés et la facilité d'identifier ces prélèvements dans la BdD AE la comparaison avec les prélèvements modélisés est pertinente (ce qui ne sera pas forcément le cas pour les autres secteurs).

∞ Comparaison à l'échelle de l'ensemble du territoire français

Sur l'ensemble du territoire français, les prélèvements modélisés pour le refroidissement des centrales thermiques sont 2,4 % plus faibles que ceux effectivement mesurés dans la BdD AE pour l'année 2006. (18 622 millions de m³ contre 19 072 millions de m³ soit une différence d'environ 450 Mm³). Néanmoins, ce résultat est à nuancer car de nombreux « petits » prélèvements sont recensés dans la BdD AE pour le secteur énergie sur de nombreuses communes sur lesquelles il n'a pas été identifié de centrales de production d'électricité (ces prélèvements identifiés sont peut-être dus à la géothermie bien que cet usage soit normalement exonéré de redevance). Ceux-ci ne sont pas recensés dans STRATEAU. Sur les territoires sur lesquels il y a des données dans STRATEAU, les prélèvements modélisés sont 0.06% plus faibles que ceux mesurés dans la BdD AE (18 622 millions de m³ contre 18 633 millions de m³). Le calage est donc très satisfaisant pour ce secteur.

4.4.2.2 ∞ Comparaison à l'échelle de la commune

Pour chacune des communes où une centrale a été identifiée, il est possible de comparer les données modélisées et les données de prélèvement. (Le secteur de l'énergie est le seul secteur pour lequel cette comparaison est possible à l'échelle de la commune, dans l'état actuel d'exploitation de la BdD AE). Le tableau suivant correspond aux comparaisons sur les communes où il y a un prélèvement pour refroidissement de centrale dans STRATEAU. Le tableau complet est fourni en annexe.

Code INSEE de la commune	Nom de la commune	Modélisation STRATEAU (1000 m3)	Données BdD AE (1000 m3)	Différence (en %)	Différence (1000 m3)
01390	Saint-Vulbas	3 054 621	3 045 467	0,30%	9 154
07076	Cruas	512 060	511 131	0,18%	930
08122	Chooz	194 249	200 026	-2,97%	-5 777
10268	Nogent-sur-Seine	122 061	123 790	-1,42%	-1 729
18026	Belleville-sur-Loire	203 431	207 708	-2,10%	-4 277
26324	Saint-Paul-Trois-Châteaux	5 187 354	5 194 667	-0,14%	-7 313
30012	Aramon	131 315	135 784	-3,40%	-4 468
30081	Chusclan	357 345	359 432	-0,58%	-2 086
37072	Chinon	163 527	163 497	0,02%	30
38139	Creys-Mépieu	36 311	36 334	-0,06%	-22
38425	Saint-Maurice-l'Exil	3 587 704	3 589 942	-0,06%	-2 238
41220	Saint-Laurent-Nouan	93 066	93 165	-0,11%	-99
44045	Cordemais	1 161 119	1 159 614	0,13%	1 505
45122	Dampierre-en-Burly	204 140	204 258	-0,06%	-118
54079	Blénod-lès-Pont-à-Mousson	373 164	372 556	0,16%	608

57124	Cattenom	264 462	265 193	-0,28%	-731
57452	La Maxe	307 813	307 353	0,15%	460
59092	Bouchain	2 352	2 396	-1,88%	-44
68091	Fessenheim	2 029 552	2 030 799	-0,06%	-1 247
78501	Porcheville	164 690	158 645	3,67%	6 046
82072	Golfech	217 418	217 560	-0,07%	-142
86077	Civaux	108 463	108 080	0,35%	384
94081	Vitry-sur-Seine	146 132	145 756	0,26%	376
TOTAL		18 622 350	18 633 150	-0,06%	-10 800

Tableau 11 : Tableau de comparaison par commune des prélèvements modélisés vs recensés pour le secteur de l'énergie pour les 23 communes présentant des résultats dans STRATEAU (dont 16 avec des réacteurs nucléaires)

Analyse du tableau:

En pondérant la différence par les volumes transitant par les centrales, on obtient un écart global de 0,06%, soit 10,8 Mm³/an. Au cas par cas, celui-ci peut monter jusqu'à 3,67%. Ces valeurs peuvent être considérées comme des erreurs pour les usages bien comptabilisés comme les centrales thermiques. Ils peuvent s'expliquer en grande partie par le fait que le nombre de chiffres significatifs rend les résultats plus sensibles sur les volumes prélevés les plus faibles (en effet, les erreurs sont plus élevées en valeurs absolues pour les volumes prélevés les plus faibles). Elles restent globalement très faibles.

∞ Comparaison à l'échelle des 24 régions hydrographiques

La comparaison peut donc se faire facilement par commune, tout comme il est possible d'agréger les données pour obtenir des résultats par région hydrographiques, auquel cas se mêlent aux mesures précises des centrales, un plus grand nombre d'usages dont les prélèvements sont moins bien connus. La moyenne des pourcentages d'erreur en absolu par région hydrographique est de 4,8 % (moyenne effectuée sur les bassins où STRATEAU donne des résultats).

Code REGION HYDRO	Modélisation STRATEAU (1000 m ³)	Données BdD AE (1000 m ³)	Différence (en %)	Différence (1000 m ³)
A	2 974 991	3 084 406	-3,70%	-109 415
B	194 249	200 026	-3,00%	-5 777
E	2 352	2 826	-20,10%	-474
F	268 193	272 062	-1,40%	-3 869
G	0	1 307	0	-1 307
H	164 690	158 645	3,70%	6 046
I	0	368	0	-368
K	520 521	525 003	-0,90%	-4 481
L	252 105	251 704	0,20%	401
M	1 161 119	1 159 614	0,10%	1 505
O	217 418	252 391	-16,09%	-34 973
S	0	24	0	-24

U	0	6 382	0	-6 382
V	12 866 712	13 038 122	-1,30%	-171 410
W	0	71 205	0	-71 205
X	0	27 988	0	-27 988
Y	0	20 084	0	-20 084
Total	18 622 350	19 072 156	-2,40%	-449 806

Tableau 12 : Comparaison par région hydrographique, secteur de l'énergie

Analyse du tableau:

Au cas par cas, l'écart peut monter jusqu'à 20,1% pour la région de l'Escaut. Cela est à nuancer vu le faible prélèvement que cela constitue sur cette région (comparativement aux autres). Cela est dû au fait que les prélèvements identifiés dans la BdD AE mais non affectables à un usage précis (pas de centrale de production électrique identifiée) peuvent ponctuellement être à l'origine d'écart relativement élevés.

Il est cependant à noter que sur certaines régions hydrographiques, il manque une quantité importante de volumes prélevés (71 Mm³ sur l'Isère par exemple). Cela est peut être dû à un manque d'exhaustivité dans le recensement des centrales de production électrique (réacteurs Phénix encore en fonction jusqu'en 2009 ou bien à des petites usines de production non trouvées). Les besoins en eau des centrales de production hydroélectrique ne sont pas considérés dans le cadre de l'outil comme une demande en eau au sens propre mais sont intégrés dans les règles de gestion des ouvrages. Les consommations associées (hors pertes par évaporation) sont négligées.

4.4.3 Conclusion de la comparaison pour ce secteur et avantages du modèle

La méthodologie utilisée pour la reconstitution des prélèvements en eau pour le secteur de l'énergie donne donc des résultats satisfaisants.

Elle permet surtout d'aller plus loin qu'un simple recensement des prélèvements, en donnant une information sur les volumes consommés d'une part et sur la répartition des prélèvements dans le temps d'autre part (la répartition mensuelle des prélèvements est une information absente de la BdD AE).

Ainsi on remarque que si l'énergie est un grand poste de prélèvement d'eau en France, les volumes consommés *in fine* sont plus modérés, quoiqu'au deuxième rang derrière l'agriculture. De plus, la demande est un peu plus faible en été (légèrement car les centrales nucléaires constituant la base de la production électrique nationale, leur production varie peu selon les saisons) période durant laquelle la ressource est la moins abondante et où les contraintes thermiques sur les cours d'eau sont également les plus fortes. Il n'est pas évident que cette modération estivale se maintienne avec le changement climatique et l'émergence d'une forte demande en climatisation.

Il est cependant important de garder à l'esprit que le refroidissement des centrales est localement à l'origine d'importantes modifications du régime ou de la qualité thermique des eaux.

Code REGION HYDRO	Prélèvements STRATEAU (1000 m3)	Consommations STRATEAU (1000 m3)	Part des prélèvements dus aux réacteurs nucléaires	Part des consommations dues aux réacteurs nucléaires
A	2 974 991 239	178 507 653	77%	77%
B	194 248 727	11 660 106	100%	100%
E	2 352 007	141 120	0%	0%
F	268 192 824	16 096 479	46%	46%
H	164 690 037	9 882 708	0%	0%
K	520 521 365	31 250 254	100%	100%
L	252 105 382	15 138 548	100%	100%
M	1 161 119 136	69 668 359	0%	0%
O	217 417 513	13 051 048	100%	100%
V	12 866 711 765	772 003 329	99%	99%
Total	18 622 349 994	1 117 399 605	88%	88%

Tableau 13 : Résultats modélisés de la répartition en 2006 des prélèvements et des consommations d'eau pour le secteur de l'énergie

4.5 Les prélèvements en eau pour le secteur industriel

4.5.1 La reconstitution des prélèvements en eau pour le secteur industriel

Les différentes branches du secteur industriel sont divisées selon la Nomenclature des Activités Françaises (NAF), à l'exception de la petite industrie, intégrée dans le secteur AEP. Pour chaque branche, un ratio de production par an et par employé est défini à l'échelle de la France (tonnes d'acier par employé, litres de soda par employé...). Ces ratios ont été définis au moyen de la production nationale annuelle et du nombre d'employés sur le territoire français. Ce sont donc des taux moyens par employé.

La production est ensuite répartie dans les communes en fonction du nombre d'employés recensés sur chaque commune dans chaque branche.

On associe ensuite à chaque type de production une consommation unitaire en eau (litres d'eau pour produire une tonne d'acier, une voiture...). Ce qui permet d'obtenir la demande en eau par commune pour le secteur de l'industrie. La demande en eau est enfin répartie sur l'année en intégrant le taux d'activité des différents secteurs et les prélèvements sont ensuite calculés au moyen de la demande reconstituée et des points de prélèvements industriels de la BdD AE.

4.5.2 Comparaison avec les données de prélèvement des Agences de l'eau

4.5.2.1 *Les données de prélèvement du territoire métropolitain*

La BdD AE BdD AE permet de localiser les points où des prélèvements à destination du secteur industriel sont effectués, et donne les volumes prélevés associés, ainsi que leur mode de comptage. On peut estimer que ces volumes sont connus avec une bonne précision, puisque 93% des volumes prélevés sont mesurés par compteur.

Mais, d'une part il est très fastidieux de répartir ces prélèvements entre les différentes branches industrielles. On dispose en effet pour chaque prélèvement du nom du maître d'ouvrage, ce qui peut permettre de remonter au type d'activité effectué, mais cela nécessite une recherche pour chacun des prélèvements. La nomenclature d'activité française (NAF) n'est pas renseignée dans la majeure partie des cas, ce qui limite les possibilités de traitement automatique de la base de données.

D'autre part ces prélèvements recensés ne correspondent pas à la totalité des volumes d'eau utilisés par les industriels (Planistat France mai 2002). Ils correspondent uniquement aux approvisionnements autonomes, c'est-à-dire aux prélèvements directs des industries dans le milieu naturel. De plus, ces prélèvements ne sont renseignés dans la base de données qu'à partir d'un certain seuil, le seuil minimum à partir duquel les industriels doivent payer une redevance ressource, qui varie en fonction des Agences de l'Eau (il est par exemple de 7 000 m³/an pour l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée).

Ces prélèvements directs représentent le principal mode d'approvisionnement en volume des industries, mais elles effectuent également des achats d'eau auprès des réseaux:

- Achats d'eau à la distribution publique (mais pas pour de faibles volumes étant donné le prix)

- Achats d'eau à des réseaux industriels ou à des sociétés d'aménagement régional.

Ainsi les données reconstituées dans l'outil, qui permettent de remonter à la demande en eau liée aux activités industrielles, sont difficilement directement comparables aux données de redevance qui pour ce secteur ne recensent que les prélèvements directs dans le milieu naturel.

4.5.2.2 *Comparaison à l'échelle de l'ensemble du territoire métropolitain*

Sur l'ensemble du territoire français, les prélèvements industriels hors petite industrie représentent environ 9% des prélèvements totaux dans Strateau (8% dans les données redevances).

Il est à noter qu'une partie des prélèvements reconstitués est affectée au réseau de distribution d'eau potable : 237 Mm³ sont donc imputés à l'AEP (8% environ des prélèvements industriels totaux selon le document de l'OIEau⁴). Cela est uniforme sur l'ensemble du territoire métropolitain à défaut de données plus précises. Nous comparerons cependant par la suite les données totales de prélèvements (sans distinction de l'origine de l'eau) car les données de la BdD AE ne permettent pas de distinguer ce sous-ensemble.

Les prélèvements modélisés pour l'industrie sont 4 % inférieurs aux volumes prélevés renseignés pour ce secteur dans la BdD AE pour l'année 2006 (2 750 Mm³ contre 2 852 Mm³). C'est un écart relativement faible qui indique une bonne qualité de l'estimation agrégée à l'échelle nationale. En moyenne, le modèle se situe en deçà des valeurs de prélèvements issues de la BdD AE. Plusieurs causes sont possibles :

- le taux moyen de production par employé (appliqué uniformément à toute la France) serait trop faible sur certains territoires avec de fortes productions,
- les demandes unitaires (m³/production), peu fiables du fait de la multiplicité et de l'hétérogénéité des sources de données ainsi que fortement dépendantes des process industriels (par ailleurs peu connus), seraient globalement sous-estimées.

4.5.2.3 Comparaison à l'échelle de la commune

Sur les 36 582 communes du territoire métropolitain, le modèle génère une demande en eau liée à une activité industrielle pour 32 746 d'entre elles (89%), mais seules 3110 communes du territoire (8,5 %) ont un prélèvement recensé comme « industriel » dans la BdD AE. Comme cela a été écrit auparavant, il a été choisi d'associer les points de demande reconstituée aux points de prélèvements réels de la BdD AE les plus proches dans un rayon de 60 km. Ainsi, les 32 746 communes présentant une activité industrielle et donc une demande en eau associée prélèvent par la suite dans 11 611 communes (nombre plus important que les 3110 communes de la BdD AE car il n'a pas été possible de leur affecter toute la demande industrielle en eau de toutes les communes étant donné qu'elles étaient distante de plus de 60km).

Pour les 8% de communes qui ont un prélèvement lié à une activité industrielle recensé dans la BdD AE, les prélèvements modélisés pour le secteur de l'industrie sont en moyenne importants (0,92 m³/an et par industrie).

Ainsi, pour les communes pour lesquelles une demande liée à une activité industrielle est modélisée, mais sur lesquelles il n'y a pas de prélèvement recensé dans la BdD AE, il s'agit peut-être de prélèvements trop faibles pour être déclarés ou effectués dans le réseau d'eau potable ou bien, comme cela a été modélisé, des industries prélevant de l'eau sur une autre commune que celle d'implantation de l'industrie.

La commune n'est certainement pas la bonne échelle de comparaison des résultats, étant donné l'incertitude existant sur l'affectation des prélèvements industriels, notamment ceux effectués dans le réseau d'eau potable. Il est cependant possible de regarder les résultats sur les communes présentant les plus gros volumes prélevés dans la BdD AE et de comparer ces prélèvements à ceux reconstitués par l'outil sur les mêmes communes :

Indicateur	Modélisation STRATEAU	Données BdD AE
Nombres de communes prélevant de l'eau pour l'industrie	11 611	3 110
Prélèvements totaux (1000 m ³)	2 750 715	2 852 440
Prélèvements sur les 3110 communes de la BdD AE (1000 m ³)	2 555 093	2 852 440
Part des prélèvements totaux	93%	100%

Tableau 14 : Comparaison des prélèvements industriels sur les communes recensées dans la BdD AE

Analyse du tableau:

Il est tout d'abord possible de voir que sur les communes recensées dans la BdD AE comme étant les lieux de prélèvements industriels, le modèle STRATEAU recense 2 555 Mm³ soit une valeur inférieure de 10 % à celle de la BdD AE. Néanmoins, cela représente 93 % de l'intégralité des volumes prélevés pour un usage industriel recensés dans l'outil. Donc, sur les 8501 communes qui ne sont pas dans la BdD AE, STRATEAU recense 195,6 Mm³ soit un prélèvement moyen de 23 000 m³ par commune ce qui est relativement faible.

La répartition par branche d'activité des prélèvements modélisés est la suivante (il a été choisi de ne représenter que les 9 branches d'activité avec le plus de prélèvements et représentant 90,5% des prélèvements, les autres branches étant regroupées dans « Autres ») :

Branches d'activités	Modélisation STRATEAU (1000 m ³)	Part (%)
Industrie chimique	542 616	20%
Industrie du papier et du carton	403 610	15%
Fabrication de produits en caoutchouc et en plastique	392 506	14%
Industrie pharmaceutique	296 794	11%
Autres	259 940	9%
Cokéfaction et raffinage	257 657	9%
Métallurgie	229 731	8%
Autres industries extractives	162 260	6%
Industries alimentaires	107 240	4%
Fabrication de textiles	98 361	4%
TOTAL	2 750 715	100%

Tableau 15 : Répartition des prélèvements industriels par branches d'activités Année 2006

Analyse du tableau:

D'après la modélisation, l'industrie chimique serait la branche d'activité à l'origine des prélèvements en eau les plus importants du secteur avec 20% des prélèvements industriels totaux. Les industries du papier, du plastique et pharmaceutiques suivent avec des parts respectives de 15%, 14% et 11%. La seule source de données publique qui permet de comparer ces résultats⁵ donne la répartition suivante (pour l'année 2007) :

Branches d'activités	Prélèvements (1000 m ³)	Part (%)
Industrie chimique	791 250	38%
Industries alimentaires	459 960	22%
Industrie du papier et du carton	299 980	14%
Cokéfaction, raffinage	152 840	7%
Métallurgie	144 450	7%
Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	82 120	4%
Textile, habillement, fourrures, cuirs et chaussures	43 420	2%
Fabrication de machines, matériels et d'équipements divers	32 820	2%
Industrie du caoutchouc et des plastiques	29 860	1%
Industrie automobile	23 480	1%
Travail des métaux	18 010	1%
Autres industries	10 480	1%
TOTAL	2 088 670	100%

Tableau 16 : Répartition des prélèvements industriels en 2007 (SOeS)

Analyse du tableau:

Tout d'abord, l'année d'étude n'est pas la même que celle utilisée dans STRATEAU (2006 pour le modèle). Les prélèvements totaux du SOeS en 2007 sont bien plus faibles que ceux répertoriés en 2006 d'après les données des redevances (26,7% supplémentaires dans les données de la BdD AE). La répartition des prélèvements par branche d'activité n'est pas identique à celle produite par l'outil (plus grosse part de l'industrie chimique et des industries alimentaires par exemple). Néanmoins, dans l'ensemble, l'outil montre bien les branches d'activités qui sont à l'origine des prélèvements les plus importants à l'échelle du territoire métropolitain.

Les sources possibles de différences entre les résultats du modèle et les données publiques trouvées sont multiples :

- Méconnaissance fine des process industriels et donc des prélèvements en eau associés
- Production industrielle mal reconstituée
- Mauvaise affectation des industries à la ressource (plus particulièrement, il est difficile de connaître les industries reliées uniquement au réseau d'eau potable)
- Méconnaissance de la méthode utilisée par le SOeS rendant la comparaison difficile

4.5.2.4 ∞ *Comparaison à l'échelle des 24 régions hydrographiques*

La répartition des prélèvements industriels à l'échelle des 24 régions hydrographiques est différente entre la modélisation de l'outil et les données de la BdD AE :

□ http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/L_essentiel_sur/Environnement/Industrie/2011/industrie5b.pdf

Code REGION HYDRO	Modélisation STRATEAU (Mm ³)	Données BdD AE (Mm ³)	Différence (en %)	Différence (Mm ³)
A	261	792	-67%	-531
B	23	33	-29%	-9
D	6	10	-40%	-4,13
E	223	216	3%	7
F	336	186	80%	150
G	13	6	112%	7
H	387	418	-7%	-31
I	36	9	282%	26
J	99	30	227%	69
K	187	57	226%	130
L	53	32	65%	21
M	154	30	415%	124
N	35	4	835%	31
O	113	106	7%	8
P	50	47	5%	2
Q	65	137	-53%	-72
R	28	17	69%	11
S	21	35	-39%	-14
U	135	115	18%	20
V	301	277	8%	23
W	68	100	-32%	-32
X	28	108	-74%	-80
Y	127	85	49%	42
Z	0,379	0,695	-45%	-0,316
TOTAL	2 751	2 852	-4%	-102

Tableau 17 : Comparaison par bassin versant, secteur de l'industrie

Analyse du tableau:

L'analyse détaillée du tableau permet tout d'abord d'identifier les problèmes de répartition territoriale des prélèvements industriels : globalement celle-ci est mal connue et donc mal modélisée par STRATEAU.

Les résultats sont les suivants :

- 15 régions hydrographiques présentent des prélèvements industriels supérieurs aux données BdD AE : le pourcentage moyen de surestimation est de 160%, et il représente des volumes de l'ordre de 44 Mm³/an en moyenne
- 9 régions hydrographiques présentent des prélèvements industriels supérieurs aux données BdD AE : le pourcentage moyen de sous-estimation est de 43%, il représente des volumes moyens de 85 Mm³.

La comparaison montre de grosses différences pour certaines régions hydrographiques (régions Rhin (A), Seine amont (F), Loire amont (K), Loire aval (M)).

Cependant il paraît difficile d'en tirer des conclusions quant à la pertinence des résultats modélisés au vu des données de l'Agence de l'Eau utilisées pour la comparaison. L'analyse de la Bdd AE montre en effet que l'on peut retrouver sous la catégorie « industrie » non seulement les établissements industriels stricto sensu mais également certains gros commerces, hôpitaux, administrations... Ainsi, il est difficile de comparer les données du modèle à celles de la Bdd AE par branche d'activité du secteur industriel.

Pour être pertinent sur la comparaison, il faudrait une analyse plus détaillée du nom des maîtres d'ouvrages associés aux prélèvements dits « industriels », ce qui pourrait être possible dans le cadre d'une étude sur un plus petit territoire. Une autre solution serait de compléter la Bdd AE en remplissant le champ « Code NAF » (Nomenclature d'Activité Française) qui est déjà prévu dans la base de données mais n'est presque jamais renseigné.

Il paraît judicieux de chercher d'autres données qui se révéleraient plus proches de ce que l'on a voulu modéliser. Notamment pour savoir si dans l'ensemble les branches les plus utilisatrices ont bien été identifiées. Pour cela, on utilise les résultats de l'enquête « Les consommations d'eau par les secteurs industriels » (Planistat France, mai 2002). Cette enquête évalue pour chacun des grands bassins versants français les volumes d'eau utilisés par les industriels.

L'enquête a ré-estimé l'ensemble des volumes d'eau utilisés, c'est à dire les prélèvements directs ainsi que les achats d'eau à des réseaux (en réalisant des enquêtes auprès des distributeurs). L'enquête a été réalisée uniquement à l'échelle de l'ensemble du bassin Rhône Méditerranée.

4.5.3 Conclusion de la comparaison pour ce secteur et avantages du modèle

Pour le secteur de l'industrie, la comparaison avec les données de la Bdd AE montre donc des limites dans l'état actuel d'exploitation des données parce que ces prélèvements ne sont pas recensés dans leur totalité et qu'il est difficile d'avoir une répartition par branche pertinente avec des sources de données publiques.

Cependant au niveau de l'ensemble des prélèvements sur le bassin versant les résultats modélisés sont bons et les ordres de grandeur par branche sont bien identifiés.

Pour ce secteur, l'avantage de la méthodologie utilisée est justement de ne pas considérer seulement les prélèvements directs des industriels dans le milieu, mais de chercher à reconstituer l'ensemble des prélèvements liés aux besoins des industries. Une recherche plus poussée sur ce secteur permettrait même par la suite de séparer cette demande pour chaque type d'industrie entre la demande en eau brute (pour le refroidissement, le nettoyage), la demande en eau potable (ajout au produit fini dans le cas des industries alimentaires) et l'eau ultra-pure (industrie électronique).

4.6 Conclusions de la comparaison

4.6.1 Synthèse générale des résultats de la comparaison pour les 4 secteurs

Le tableau suivant synthétise la comparaison des prélèvements modélisés par rapport aux données AE pour les 4 secteurs :

Secteurs d'activité	Données BdD AE (Mm ³)	Modélisation STRATEAU (Mm ³)	Différence (Mm ³)	Différence (en %)	Part BdD AE (en %)	Part STRATEAU (en %)
Energie	19 072	18 622	-449	-2%	59%	60%
Eau potable	5 854	5 517	-337	-6%	18%	18%
Agriculture	4 743	4 233	-510	-11%	15%	14%
Industrie (hors AEP pour STRATEAU)	2 852	2 514	-339	-12%	9%	8%
TOTAL	32 522	30 886	-1 636	-5%	100%	100%

**Tableau 18 : Synthèse de la comparaison des résultats modélisés avec les données de prélèvements de l'Agence de l'Eau
Année 2006**

Le résultat de cette comparaison générale est à analyser au regard des données utilisées pour la réaliser.

Pour le secteur de l'énergie et de l'eau potable, les données de prélèvement correspondent bien à ce que l'on a cherché à modéliser, les différences constatées peuvent donc servir à critiquer le modèle, pour chercher à l'adapter en conséquence.

Pour le secteur de l'industrie et celui de l'agriculture, on peut difficilement chercher à caler le modèle sur ces données, puisqu'elles ne correspondent pas à ce que l'on a cherché à modéliser et manquent de précision.

En outre, on remarque qu'un faible pourcentage d'écart sur les prélèvements globaux d'un secteur peut correspondre à un volume non négligeable à l'échelle de l'ensemble des prélèvements (cas de l'énergie et de l'AEP).

Mais s'il est important d'avoir cette vision d'ensemble pour la comparaison quantitative des prélèvements, il est aussi essentiel de considérer ces volumes au regard des enjeux propres à chaque secteur. En effet chaque volume d'eau prélevé est associé à des problématiques quantitatives et qualitatives différentes, indissociables des usages.

Dans le cas de l'énergie, les volumes prélevés sont très importants, mais il s'agit d'une eau brute qui, de plus, est très rapidement restituée au milieu et en grande quantité (faible part de consommation).

Pour le secteur agricole, les volumes prélevés ne sont pas les plus importants, mais c'est surtout la part de cette eau qui est consommée par évapotranspiration et ne retourne pas directement au « cycle de l'eau continentale » qu'il faut prendre en considération. Le secteur agricole est en effet celui qui consomme le plus d'eau. L'eau d'irrigation qui est amenée en surplus de la demande des cultures, retourne au milieu par infiltration ou ruissellement, mais sa qualité peut être affectée par les phytosanitaires et les engrais. Enfin, il est essentiel de considérer la répartition de la demande en eau des cultures dans le temps.

Un des apports fondamentaux de STRATEAU est de pouvoir temporaliser les demandes, prélèvements et consommations à l'échelle du mois, informations qui n'est pour l'instant pas accessible dans une base de données nationale homogène. Cela est un enjeu énorme au regard des périodes d'étiage qui sont infra-annuelles.

Pour le secteur de l'eau potable, la qualité de l'eau prélevée est importante puisqu'elle dimensionne les traitements à effectuer pour sa potabilisation.

Enfin pour l'industrie, si ce secteur représente la plus petite part des volumes prélevés, c'est la question de la qualité des rejets de l'eau après usage qui est la plus sensible.

Au regard de ces différentes questions, on conçoit bien l'avantage de réunir dans un même modèle la demande en eau des différents secteurs sur un même territoire et de la répartir dans le temps, afin d'évaluer l'effet combiné des différentes problématiques et d'analyser ces volumes prélevés en terme de gestion de cycle.

4.6.2 Analyse critique de la méthodologie utilisée

La comparaison des résultats modélisés avec les données de prélèvements a été faite sur la seule année 2006, il faudrait naturellement poursuivre l'analyse critique des résultats du modèle en le testant sur d'autres années.

L'étude a été effectuée selon une approche globale, avec une comparaison des résultats obtenus dans les sous bassins versants. Il serait intéressant de se concentrer sur un bassin versant en particulier, et de caler exactement les résultats de la modélisation à cette échelle plus réduite. Ainsi, une fois qu'un état des lieux « validé » est reconstruit, il est possible de s'affranchir des données de compteur et de jouer sur les différents paramètres qui ont permis la reconstitution des volumes prélevés pour évaluer les effets de différents leviers d'actions sur la demande en eau et donc les prélèvements.

Le travail effectué permet néanmoins d'ores et déjà de saisir les atouts et limites du modèle dans son état actuel de développement et au regard de l'investissement fourni en terme d'entrée de données.

On montre ainsi que dans le cadre d'une étude sur un territoire plus petit (par exemple celui d'un SAGE) il serait possible de rentrer dans une analyse plus fine des données de prélèvements pour mieux adapter les résultats produits par l'outil aux spécificités de ce territoire.

5 ANNEXES

5.1 Comparaison des données de prélèvements en eau pour le secteur énergétique

Le tableau suivant recense les données présentes dans la BdD AE et les données reconstituées par STRATEAU à la maille de la commune. STRATEAU ne recense que 12,7 % des communes prélevant pour le secteur énergétique mais cela représente 97,7% des prélèvements dans la BdD AE.

Code INSEE de la commune	Nom de la commune	Modélisation STRATEAU (1000 m3)	Données BdD AE (1000 m3)	Ecart (en %)	Ecart (1000 m3)
01004	Ambérieu-en-Bugey	-	7	-	7
01010	Anglefort	-	2 484	-	2 484
01043	Beynost	-	257	-	257
01093	Châtillon-sur-Chalaronne	-	90	-	90
01142	Dagneux	-	9	-	9
01179	Grièges	-	456	-	456
01202	Lagnieu	-	38	-	38
01213	Leyment	-	7	-	7
01304	Pont-d'Ain	-	302	-	302
01376	Saint-Maurice-de-Beynost	-	4 420	-	4 420
01390	Saint-Vulbas	3 054 621	3 045 467	0%	-9 154
01396	Sault-Brénaz	-	9	-	9
01405	Servas	-	60	-	60
01427	Trévoux	-	122	-	122
04049	Château-Arnoux-Saint-Auban	-	27 910	-	27 910
07076	Cruas	512 060	511 131	0%	-930
07116	Labégude	-	80	-	80
07150	Mariac	-	11	-	11
07228	Saint-Désirat	-	1 248	-	1 248
07255	Saint-Julien-en-Saint-Alban	-	530	-	530
07308	Sarras	-	228	-	228
07324	Tournon-sur-Rhône	-	161	-	161
08122	Chooz	194 249	200 026	3%	5 777
10268	Nogent-sur-Seine	122 061	123 790	1%	1 729
11262	Narbonne	-	1 585	-	1 585
13004	Arles	-	22 833	-	22 833
13039	Fos-sur-Mer	-	2 545	-	2 545
13074	Peyrolles-en-Provence	-	74	-	74
13087	Rousset	-	8 501	-	8 501
13103	Salon-de-Provence	-	18	-	18
13117	Vitrolles	-	13	-	13
18026	Belleville-sur-Loire	203 431	207 708	2%	4 277

2B148	Lucciana	-	220	-	220
21292	Genlis	-	3	-	3
25031	Audincourt	-	53	-	53
25367	Mandeure	-	808	-	808
26006	Allex	-	241	-	241
26058	Bourg-lès-Valence	-	346	-	346
26116	Donzère	-	318	-	318
26144	Grane	-	48	-	48
26156	Larnage	-	60	-	60
26165	Livron-sur-Drôme	-	139	-	139
26198	Montélimar	-	131	-	131
26235	Pierrelatte	-	12 846	-	12 846
26252	Portes-lès-Valence	-	1 217	-	1 217
26271	La Roche-de-Glun	-	5	-	5
26324	Saint-Paul-Trois-Châteaux	5 187 354	5 194 667	0%	7 313
26333	Saint-Vallier	-	101	-	101
26345	Suze-la-Rousse	-	1	-	1
26347	Tain-l'Hermitage	-	276	-	276
26362	Valence	-	184	-	184
30012	Aramon	131 315	135 784	3%	4 468
30081	Chusclan	357 345	359 432	1%	2 086
31555	Toulouse	-	227	-	227
33073	Braud-et-Saint-Louis	-	24	-	24
34019	Avène	-	268	-	268
37072	Chinon	163 527	163 497	0%	-30
38012	Aoste	-	2 095	-	2 095
38027	Barraux	-	602	-	602
38034	Beaurepaire	-	86	-	86
38051	Bougé-Chambalud	-	162	-	162
38053	Bourgoin-Jallieu	-	1 592	-	1 592
38058	Brézins	-	62	-	62
38064	Cessieu	-	19	-	19
38082	Charavines	-	34	-	34
38087	Chasse-sur-Rhône	-	125	-	125
38100	Le Cheylas	-	1 767	-	1 767
38139	Creys-Mépieu	36 311	36 334	0%	22
38140	Crolles	-	135	-	135
38181	Goncelin	-	136	-	136
38185	Grenoble	-	43 070	-	43 070
38239	Moirans	-	184	-	184
38316	Pont-de-Chéruy	-	21	-	21
38337	Rives	-	246	-	246
38344	Roussillon	-	45 805	-	45 805
38401	Saint-Jean-de-Soudain	-	613	-	613
38412	Saint-Laurent-du-Pont	-	324	-	324

38425	Saint-Maurice-l'Exil	3 587 704	3 589 942	0%	2 238
38439	Saint-Pierre-d'Allevard	-	109	-	109
38468	Salaise-sur-Sanne	-	317	-	317
38517	Tullins	-	6	-	6
38540	Veurey-Voroize	-	93	-	93
38544	Vienne	-	3 537	-	3 537
38565	Voreppe	-	39	-	39
41220	Saint-Laurent-Nouan	93 066	93 165	0%	99
42053	Châteauneuf	-	138	-	138
44045	Cordemais	1 161 119	1 159 614	0%	-1 505
45122	Dampierre-en-Burly	204 140	204 258	0%	118
50402	Les Pieux	-	368	-	368
54079	Blénod-lès-Pont-à-Mousson	373 164	372 556	0%	-608
57124	Cattenom	264 462	265 193	0%	731
57452	La Maxe	307 813	307 353	0%	-460
57463	Metz	-	31 091	-	31 091
57582	Richemont	-	67 116	-	67 116
57606	Saint-Avold	-	10 298	-	10 298
59092	Bouchain	2 352	2 396	2%	44
59314	Hornaing	-	402	-	402
59350	Lille	-	5	-	5
59632	Wallers	-	23	-	23
68091	Fessenheim	2 029 552	2 030 799	0%	1 247
69013	Arnas	-	92	-	92
69064	Condrieu	-	94	-	94
69096	Grigny	-	81	-	81
69100	Irigny	-	627	-	627
69115	Limas	-	33	-	33
69123	Lyon	-	2 732	-	2 732
69142	La Mulatière	-	26	-	26
69143	Neuville-sur-Saône	-	96	-	96
69152	Pierre-Bénite	-	18 588	-	18 588
69163	Quincieux	-	8	-	8
69199	Saint-Fons	-	32 286	-	32 286
69211	Saint-Jean-d'Ardières	-	31	-	31
69243	Tarare	-	64	-	64
69259	Vénissieux	-	776	-	776
69266	Villeurbanne	-	114	-	114
69276	Feyzin	-	1 908	-	1 908
69277	Genas	-	8	-	8
69282	Meyzieu	-	10	-	10
69296	Solaize	-	462	-	462
69297	Ternay	-	66	-	66
70167	Conflandey	-	1 513	-	1 513
70339	Mélisey	-	2	-	2

70489	Servance	-	45	-	45
71543	Tournus	-	485	-	485
73002	Aiguebelle	-	890	-	890
73032	La Bâthie	-	1 574	-	1 574
73067	La Chambre	-	11 980	-	11 980
73109	Épierre	-	910	-	910
73187	La Léchère	-	2 023	-	2 023
73202	Plancherine	-	14	-	14
73236	Saint-Genix-sur-Guiers	-	55	-	55
73248	Saint-Jean-de-Maurienne	-	4 534	-	4 534
73298	Tours-en-Savoie	-	5	-	5
73303	Ugine	-	2 776	-	2 776
74010	Annecy	-	38	-	38
74042	Bonneville	-	168	-	168
74093	Cran-Gevrier	-	2 447	-	2 447
74123	Faverges	-	4	-	4
74208	Passy	-	1 780	-	1 780
74224	La Roche-sur-Foron	-	25	-	25
74266	Servoz	-	5 306	-	5 306
74276	Taninges	-	3	-	3
75101	Paris 1er Arrondissement	-	0	-	0
75102	Paris 2e Arrondissement	-	0	-	0
75103	Paris 3e Arrondissement	-	0	-	0
75104	Paris 4e Arrondissement	-	0	-	0
75105	Paris 5e Arrondissement	-	1	-	1
75106	Paris 6e Arrondissement	-	0	-	0
75107	Paris 7e Arrondissement	-	1	-	1
75108	Paris 8e Arrondissement	-	0	-	0
75109	Paris 9e Arrondissement	-	1	-	1
75110	Paris 10e Arrondissement	-	1	-	1
75111	Paris 11e Arrondissement	-	2	-	2
75112	Paris 12e Arrondissement	-	2	-	2
75113	Paris 13e Arrondissement	-	2	-	2
75114	Paris 14e Arrondissement	-	1	-	1
75115	Paris 15e Arrondissement	-	2	-	2
75116	Paris 16e Arrondissement	-	2	-	2
75117	Paris 17e Arrondissement	-	2	-	2
75118	Paris 18e Arrondissement	-	2	-	2
75119	Paris 19e Arrondissement	-	2	-	2
75120	Paris 20e Arrondissement	-	2	-	2
76217	Dieppe	-	384	-	384
76493	Paluel	-	923	-	923
77166	Écuellles	-	1 451	-	1 451
78146	Chatou	-	1 041	-	1 041
78501	Porcheville	164 690	158 645	-4%	-6 046

81004	Albi	-	34 604	-	34 604
82072	Golfech	217 418	217 560	0%	142
84007	Avignon	-	3	-	3
84031	Carpentras	-	112	-	112
84035	Cavaillon	-	0	-	0
84054	L'Isle-sur-la-Sorgue	-	1 546	-	1 546
84080	Monteux	-	14	-	14
84087	Orange	-	701	-	701
84092	Le Pontet	-	1 382	-	1 382
84138	Valréas	-	2	-	2
84149	Violès	-	3	-	3
86077	Civaux	108 463	108 080	0%	-384
90033	Delle	-	2	-	2
94081	Vitry-sur-Seine	146 132	145 756	0%	-376
TOTAL		18 622 350	19 072 156	2,42%	449 806

Tableau 19 : Prélèvements reconstitués et issus de la BdD AE par commune pour le secteur énergétique