



Analyse des prélèvements en eau dans le bassin versant de l'Allier (France) : Cas d'application du modèle STRATEAU

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE DE
MASTER

**SPECIALITE : GENIE DE L'EAU DE L'ASSAINISSEMENT ET DES
AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES (GEAAH)**

Présenté et soutenu publiquement le 23 Janvier 2025

Tailé Joana Kevine SINGBEU (20200243)

**Directeur de mémoire : Dr. BIAOU Chabi Angelbert, Maître de Conférences (CAMES),
2iE**

Encadrant 2iE : Dr. YONABA Ousmane Roland, Maître-Assistant (CAMES), 2iE

Maîtres de stage :

- **Mme Catherine FRANCK-NEEL, Directrice de projets Gestion Résiliente des Hydrosystèmes au Cerema**
- **M. Pascal MAUGIS, Enseignant-chercheur à IPSL Paris-Saclay**

**Structure (s) d'accueil du stage : Centre d'études et d'expertise sur les risques
l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema)**

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Dr. Harinaivo Anderson ANDRIANISA, Maître de conférences (CAMES),

Membres et correcteurs :

Dr Tazen FOWE, Maître-Assistant (CAMES), 2iE

M. Nestor KABORE

Promotion :2024/2025

DEDICACES

Je dédie ce présent rapport à :

Mon père **LOUA SINGBEU** et à ma mère **DIOMANDE BERTINE épouse SINGBEU**.

Vous êtes pour moi un sujet de fierté. Vous m'avez toujours appris le sens de la responsabilité, de la raison, du devoir et de la confiance en soi. Au-delà des mots et des phrases, aucune parole ne saurait exprimer mon éternel attachement, mon profond amour, ma perpétuelle affection et l'infinie gratitude que je vous dois. Je sais que vous avez été toujours fière de moi et j'espère que vous le serez plus aujourd'hui.

A tous mes frères, sœurs, et ami(es) pour tout votre soutien, que l'amour et la paix nous unisse et protège davantage.

A toutes ces personnes qui auraient contribué de près ou de loin à ma réussite, un sincère merci.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier sincèrement toutes ces personnes qui m'ont soutenu de près ou de loin pour le succès et la réussite de mon stage et qui m'ont guidé de par leur connaissance lors de la rédaction de ce mémoire. Nous souhaiterions adresser mes sincères remerciements à :

- ✓ L'administration de l'Institut 2iE pour le suivi académique ;
- ✓ L'ensemble du corps professoral pour la qualité des enseignements dispensés ;
- ✓ Notre Chef de Département, Pr. Harinaivo A. ANDRIANISA, Chef du département Génie de l'Eau de l'Assainissement et des Aménagements Hydroagricoles (GEAAH), pour avoir validé mon thème de stage ;
- ✓ Notre Directeur de mémoire Dr. BIAOU Chabi Angelbert, Maître de Conférences (CAMES), 2iE
- ✓ Notre encadreur interne, Dr. Ousmane Roland YONABA, Maître-Assistant (CAMES), 2iE pour sa disponibilité et les différentes directives et conseils communiqués afin de perfectionner notre travail ;
- ✓ Notre maître de stage Mme. Catherine FRANCK-NEEL, Directrice de projets Gestion Résiliente des hydrosystèmes et M. Pascal MAUGIS Chercheur au laboratoire des Sciences du climat et de l'environnement à Paris Saclay ;
- ✓ Toute l'équipe du bureau CEREMA de l'agence de Clermont-Ferrand pour leur accueil l'opportunité et leur accueil chaleureux ;
- ✓ Sans oublier d'exprimer notre profonde gratitude à mes très chers parents, qui m'apporte leur soutien jour et nuit ;
- ✓ Aussi mes amis et mes collègues qui m'ont apporté leur soutien intellectuel et moral tout au long de ma démarche

Ces remerciements vont également à l'endroit de toutes ces personnes dont les noms ne sont pas cités ci-dessus mais qui contribué à l'élaboration du présent document.

RESUME

Les prélèvements en eau dans les différents secteurs d'activités notamment résidentiel, industriel, agricole évolue et impact la ressource en eau. Dans le souci d'apporter des solutions à cette problématique, notre étude a pour objectif d'évaluer la demande/ prélèvement de l'eau dans le bassin versant de l'Allier avec un outil numérique STRATEAU. Pour atteindre cet objectif, une modélisation des prélèvements en eau dans les secteurs d'activités (résidentiel, tertiaire, industriel, agricole) et une évolution des prélèvements aux horizons 2030 et 2050 ont été réalisés premièrement. Nous constatons un écart de 1.82% pour le secteur résidentiel et tertiaire. Pour le secteur de l'industrie et celui de l'agriculture nous avons un écart de plus de 60% entre les données de prélèvements publiques et ceux modéliser par STRATEAU. Dans le tendancier, les prélèvements en globaux s'élèvent à moyen terme 2030 à 962 989 millions de m³ par an. A l'horizon 2050, ces prélèvements atteindront les 970 488 millions de m³ par an. En outre, la revue de littérature montre que STRATEAU est le seul outil à proposer une plateforme d'échange offrant une reconstitution 'rapide' de la demande en eau sur la base de déterminants prédéfinis, indépendant de données de prélèvements, et avec des hypothèses modulables à façon ainsi qu'une pré-scénarisation possible des évolutions du climat et/ou du territoire.

Mots Clés :

- Allier
- Gestion intégrée de la ressource en eau
- Outil numérique
- Prélèvement d'eau
- STRATEAU

ABSTRACT

Water abstraction in various sectors, notably residential, industrial and agricultural, is evolving and impacting water resources. With a view to finding solutions to this problem, our study aims to assess water demand/withdrawal in the Allier watershed, using the STRATEAU digital tool. To achieve this objective, we first modeled water withdrawals in the various sectors of activity (residential, tertiary, industrial and agricultural), and assessed the evolution of withdrawals in the 2030 and 2050 timeframes. We note a difference of 1.82% for the residential and tertiary sectors. For the industrial and agricultural sectors, there is a discrepancy of over 60% between public data and the STRATEAU model. In the trend scenario, total withdrawals in the medium term to 2030 amount to 962,989 million m³ per year. By 2050, this will rise to 970,488 million m³ per year. In addition, the literature review shows that STRATEAU is the only tool to offer an exchange platform providing a 'rapid' reconstitution of water demand on the basis of predefined determinants, independent of abstraction data, and with customizable assumptions, as well as possible pre-scenarioization of climate and/or territorial evolutions.

Keywords:

- **Allier**
- **Digital tool**
- **Water withdrawal**
- **STRATEAU**

LISTE DES ABREVIATIONS

CEREMA	: Centres d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement,
ECPI	: Etablissements de Coopération Intercommunale
FAO	: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
GEAAH	Génie de l'Eau de l'Assainissement et des Aménagements Hydroagricoles,
GIRE	: Gestion intégrée de la ressource en eau,
HMUC	: Etudes hydrologie, milieux, usages, climat,
INSEE	: Institut national de la statistique et des études économiques
NAF	: Nomenclature d'activités française,
SAGE	: Schéma d'aménagement et de gestion de l'eau,
SIG	: Système d'Information Géographique,

SOMMAIRE

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS.....	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES ABREVIATIONS.....	v
SOMMAIRE	1
LISTE DES TABLEAUX	2
LISTE DES FIGURES.....	3
I.INTRODUCTION	4
I.1 Contexte de l'étude	4
I.2 Problématique	4
I.3 Objectif global	5
I.4 Objectifs spécifiques	5
II. METHODOLOGIE DE L'ETUDE	5
II.1 Matériels.....	5
II.2 Méthodologie	9
III. RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	28
III.1 Modélisation des prélèvements en eau avec l'outil STRATEAU pour l'année de référence 2020	28
III.2 Evaluation du modèle STRATEAU	31
III.3 Evolution des prélèvements en eau à l'horizon 2030 et 2050	33
CONCLUSION.....	34
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	35
ANNEXES	vi

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Bassins versant de l'étude réalisée à l'échelle de la France	5
Tableau 2: Liste des critères d'inclusion et d'exclusion employés dans cette étude.....	11
Tableau 3: Outils étudiés dans les articles retenus et leurs références.....	14
Tableau 4: Outils retenus dans les articles retenus et leurs références.....	16
Tableau 5: Liste des cultures pratiquées dans le Bassin de l'Allier.....	26
Tableau 6: Liste des élevages pratiqués dans le Bassin de l'Allier	26
Tableau 7: Liste du secteur résidentiel dans le Bassin de l'Allier	27
Tableau 8: Liste des types d'industrie dans le Bassin de l'Allier.....	27
Tableau 9: Confrontation des résultats modélisés et des données publiques de prélèvements pour le secteur résidentiel.....	31
Tableau 10: Confrontation des résultats modélisés et des données publiques de prélèvements pour le secteur agricole	32
Tableau 11: Confrontation des résultats modélisés et des données publiques de prélèvements pour le secteur industriel	32

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Bassin versant de l'Allier	7
Figure 2: Occupation de sol du bassin de l'Allier (Source : SAGE du bassin versant de l'Allier)	8
Figure 3: Evolution du nombre de publications par année.....	12
Figure 4: Distribution par continent étudié	13
Figure 5: Schéma du fonctionnement global de STRATEAU	20
Figure 6: Eléments calculés par STRATEAU.....	20
Figure 7: Interface hypothèses du scénario	21
Figure 8: Interface affichage des résultats.....	22
Figure 10: Interface cartographique	23
Figure 11: Prélèvements d'eau pour le secteur résidentiel.....	28
Figure 12 : Prélèvements d'eau pour le secteur industriel	29
Figure 13 : Prélèvements d'eau pour le secteur tertiaire	30
Figure 14 : Prélèvements d'eau pour le secteur agricole	30
Figure 15: Evolution des prélèvements modélisés par STRATEAU avec l'année de référence 2020 et les horizons 2030 et 2050	33

I. INTRODUCTION

I.1 Contexte de l'étude

La stratégie gouvernementale Française sur l'eau lancée en mars 2023 (appelé Plan Eau), vise à coordonner les politiques de l'eau, de sorte à favoriser la sobriété des usages et un meilleur partage de la ressource.

Pour la mise en œuvre du plan eau, France Stratégie qui est une institution autonome placée auprès du Premier Ministre qui contribue aux décisions publiques par ses interventions et ses propositions sur les enjeux sociaux, économiques et environnementaux a été chargée pour mener une étude prospective de la demande/prélèvement en eau à l'horizon 2030 et 2050 à l'échelle de la France entière.

Cette étude est réalisée avec l'appui Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement (CEREMA), qui est chargé de la mise en place du logiciel numérique STRATEAU qui est utilisé pour l'étude. STRATEAU est destiné à éclairer les collectivités territoriales sur l'évolution à moyen terme de leurs besoins en eau, pour les aider à construire une stratégie permettant de réduire leur vulnérabilité aux stress hydriques. STRATEAU vise à établir une prospective sur la demande et les prélèvements en eau. Dans le but de tester la fiabilité de l'outil que s'inscrit la présente étude qui a pour thème « **Analyse des prélèvements en eau dans le bassin versant de l'Allier (France) : Cas d'application du modèle STRATEAU** ».

I.2 Problématique

En France, les prélèvements en eau s'effectuent principalement dans les eaux de surface (rivières, lacs...) et mobilisées pour différents secteurs d'activités dont 50% des prélèvements pour le refroidissement de centrale de production d'électricité, 16% pour l'alimentation des canaux de navigation, 17% utilisé pour l'alimentation en eau potable, 10% pour l'irrigation, et 8% pour l'industrie. (*L'eau en France, 2020*).

Cependant, tous ces chiffres donnés à l'échelle annuelle et nationale n'ont pas de portée opérationnelle. Afin d'améliorer la gestion intégrée de la ressource en eau, il faut regarder au moins avec une saisonnalité mensuelle et par bassin versant les prélèvements effectués.

I.3 Objectif global

La présente étude vise à contribuer à l'analyse de la demande/prélèvement de l'eau dans le bassin versant de l'Allier (en France) à l'aide du modèle STRATEAU.

I.4 Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques définis pour notre étude sont les suivants :

- Faire une modélisation des prélèvements en eau avec l'outil STRATEAU ;
- Comparer les prélèvements modéliser par STRATEAU et les données de prélèvements d'eau publiques sur l'année 2020 ;
- Analyser l'évolution des prélèvements à l'horizon 2030 et 2050.

II. METHODOLOGIE DE L'ETUDE

II.1 Matériels

II.1.1 Justification de choix de la zone d'étude

La France est constituée de 40 bassins versant (voir tableau 1). Notre étude est portée sur le bassin versant de l'Allier sur la base de certains critères définis ci-dessous.

Tableau 1: Bassins versant à l'échelle de la France

Nom bassin	Superficie	Nombre d'habitants
Adour	16 880	1 080 000
Allier	14 310	818 827
Charente	10 549	585 400
Corse	8 680	330 000
Creuse	9 570	250 000
Dordogne	23 957	1 200 000
Doubs	7 710	45 676
Durance	14 225	3 000 000
Escaut	21 863	10 000 000
Garonne	55 846	3 000 000
Isère et Drôme	11 800	47 840
Loire	117 000	11 005 000
Lot	11 254	360 000
Mayenne	5 820	303 500

Meuse	36 000	700 000
Moselle	28 286	1 050 721
Oise	16 667	130 000
Rhin	185 000	4 004 000
Rhône	95 500	15 008 000
Sambre	2 740	642 000
Saône	29 950	108 400
Seine	78 650	18 003 000
Tarn	15 700	825 000
Vallée de la Marne	12 920	1 200 000
Vienne à la Maine	21 105	114 150
Vilaine	10 882	1 000 000

Pour une analyse plus fine, une sélection de bassin versant a été faite sur la base des critères suivants :

- Un bassin versant dont le point d'intersection aval (intersection entre les lignes des bassins versants et les cours d'eau naturels) est proche d'un point de simulation des débits.
- Un bassin versant avec une disponibilité d'information sur les éléments manquants (géologie du bassin, bilan des ressources en souterrain et à la surface, l'occupation du sol)
- Un bassin versant sans risque de transfert d'eau souterraine allant d'un bassin à un autre bassin notamment les bassins frontaliers avec d'autres pays ou ceux appartenant à un système aquifère bien connecté aux territoires voisins
- Un bassin versant sans risque de transfert d'eau en surface entre bassins

II.1.2 Présentation du bassin versant de l'Allier

Situé principalement dans le massif central, le bassin versant de l'Allier couvre majoritairement l'ancienne région d'auvergne et inclus les départements d'amont en aval de la Lozère, l'Ardèche, la Nièvre et le Cher (voir figure 1).

Il est d'une superficie de 14 310 km² et s'étend sur un cours d'eau de 425 km en partant de sa source la Lozère jusqu'à sa confluence avec la Loire au bec d'allier. Quant au climat, il est soumis à une variation de la pluviométrie, due à son relief et à sa géographie (*Sage Allier, 2017*).

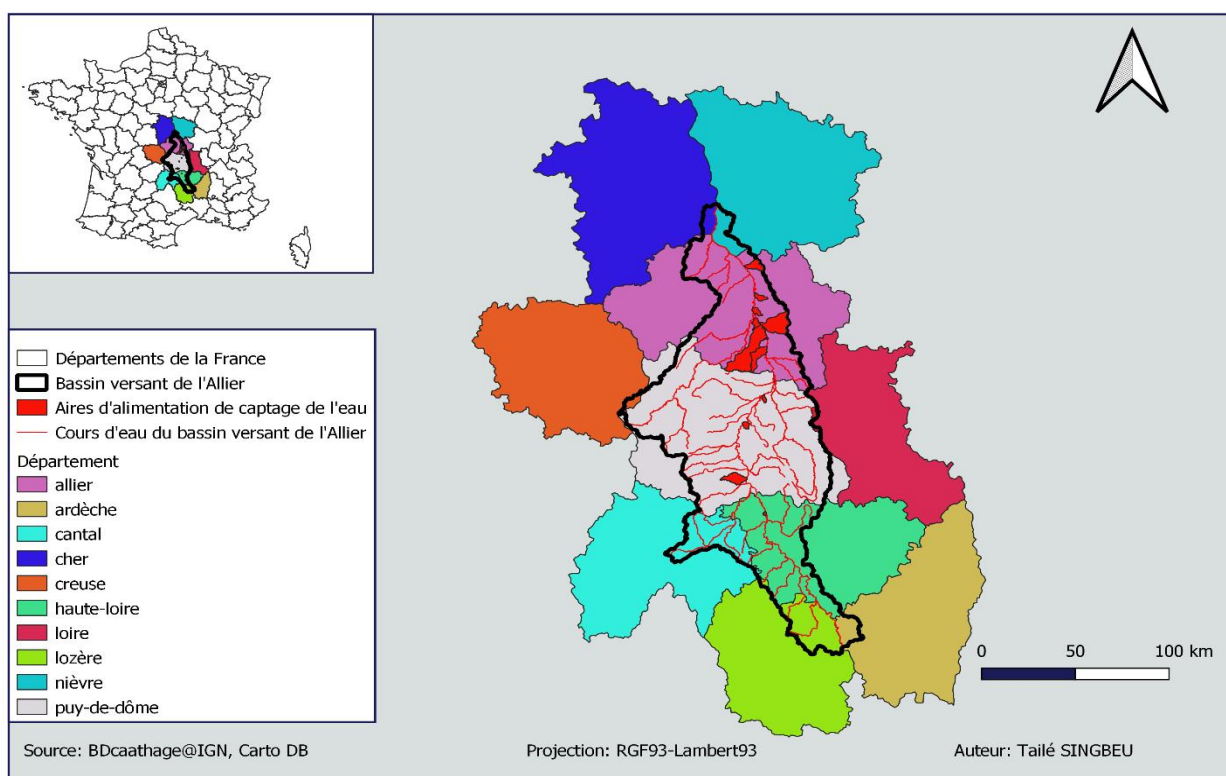


Figure 1: Bassin versant de l'Allier

❖ Usages anthropiques de l'eau

L'aval du bassin de l'Allier est composé de 70 % de terres agricoles dont 22.9% sont les terres arables et cultures permanentes. Le territoire est marqué en particulier par les cultures intensives de maïs. 31.62 % destiné à l'élevage domine dans le Nord de l'Allier. La végétation occupe 20.35% du bassin. (Voir figure 2).

Nous enregistrons également la présence sites urbains importants dont l'Issoire, Clermont-Ferrand, Vichy, Moulins qui occupe 5.38 % du territoire et de nombreuses activités socio-économiques (*Sage Allier, 2017*).

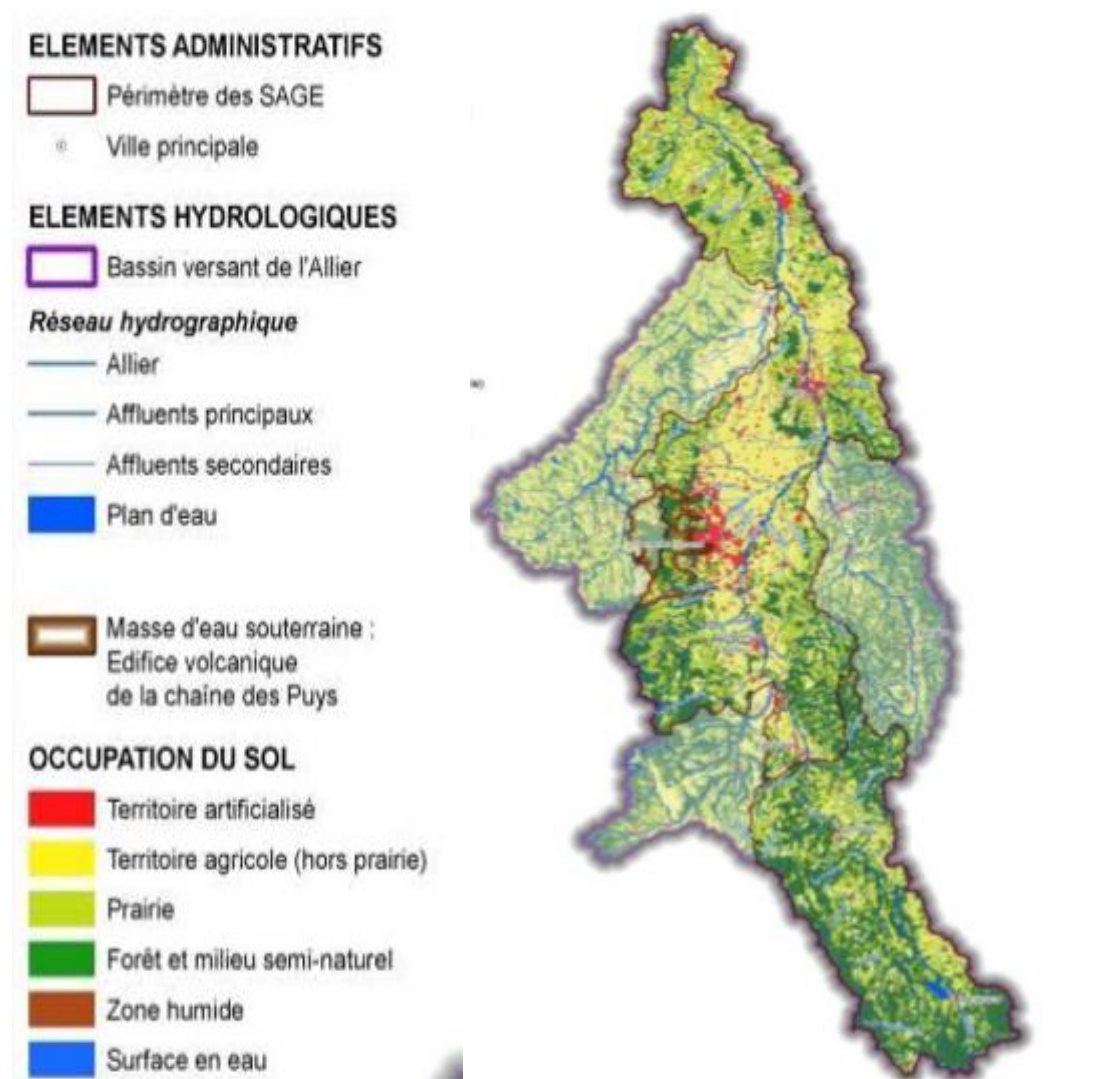


Figure 2: Occupation de sol du bassin de l'Allier

❖ **Géologie du Bassin versant de l'Allier**

Elle est constituée par :

- Un socle cristallin ancien (fin protérozoïque et paléozoïque),
- Des bassins cénozoïques à dominante marno-calcaire en Limagne recouverts par les formations alluviales de l'allier et de ses affluents,
- Des édifices volcaniques des monts dore et du Cézallier au sud-ouest et de la chaîne des puys à l'ouest.

❖ **Hydrogéologie du Bassin versant de l'Allier**

Quatre grands types d'entités hydrogéologiques sont représentés sur le périmètre du bassin versant de l'Allier (*Sage allier, 2017*) :

- Une entité composée de l'aquifère des alluvions de l'Allier qui ne couvre que 2 % de la surface du bassin versant de l'Allier,
- Une entité composée d'aquifères sédimentaires qui couvre le quart de la surface du bassin versant de l'allier,
- Une entité composée d'aquifères de socle répartie en bordure est et ouest et sur l'extrémité sud du bassin versant,
- Une entité composée d'aquifères volcanique essentiellement localisée dans le quart sud-ouest du bassin versant

II.2 Méthodologie

II.2.1 Revue sur les outils de modélisation de la demande/prélèvement de l'eau

L'objectif de la revue de la littérature est d'identifier les outils de modélisation de la demande/prélèvements en eau afin d'évaluer leurs différentes fonctionnalités avec l'outil STRATEAU.

❖ **Construction d'une base de données d'outils existants sur certains critères (gestion intégrée de la ressource en eau, outils d'aide à la décision)**

Cette étape de construction de la base de données consiste à trouver les travaux de recherches les plus appropriées et d'une haute qualité en rapport avec notre recherche. Nous avons tenté d'avoir une base de données complète et exhaustive et développer un fondement solide pour notre revue de littérature systématique.

Notre Stratégie de recherche a commencé d'abord par identifier les sites internet à utiliser pour la recherche. Pour maximiser les chances d'identifier les études pertinentes, plusieurs bases de données ont été explorées :

- Web of science
- Google scholar

❖ **Choix des mots clés**

Pour construire nos requêtes, quatre listes de mots-clés ont été identifiés :

- N°0 : 'Integrated Water Resource Management' 'Decision Support System' avec 1729 documents à son actif,
- N°1: 'Integrated Water Resource Management' 'Decision Support System' 'water demand' future 'water sustainability' avec 36 documents à son active,
- N° 2: 'Integrated Water Resource Management' 'Decision Support System' 'water demand' avec 378 documents à son active,
- N° 3: 'Integrated Water Resource Management' 'Decision Support System' 'water demand', future' avec 107 documents à son active,

Nous avons opté pour la liste N° 3 car nous visons au maximum 50 articles pour l'étude bibliographique. Ainsi 107 articles ont découlé avec l'usage de cette liste au quelle on ajoute 40 autres articles provenant de la base de données google scholar.

Nous nous retrouvons avec 147 documents provenant des moteurs de recherche web of science et google scholar.

❖ **Critères d'inclusions et d'exclusions**

Le choix des critères permet de centrer la recherche pour un meilleur résultat selon l'objectif désiré de l'étude. Les critères énumérés dans le tableau 2 ci-dessous au niveau des titres et des résumés des articles trouvés ont permis de supprimer ceux qui ne satisfaisaient pas quelques critères supplémentaires.

Tableau 2: Liste des critères d'inclusion et d'exclusion employés dans cette étude

Critères d'inclusions	Critères d'exclusions
Type de document est : thèse, mémoire, article, rapport, acte de conférence Titre contient : 'DSS' ou 'Decision support system' ou 'Integrated Water Resource Management' 'IWRM', Tool, 'Water Resource', 'water demand', 'Water sustainability' future, 'water availability' 'water supply', Le résumé contient : Integrated Water Resource Managment', IWRM, 'Decision support systems', DSS, ou 'water demand' future, Tool, 'water availability', 'water supply' Langue : Français, anglais, Allemand	Type de document n'est pas : Articles courts de référence, ateliers, chapitres de livres, article de presse, sites web. Titre ne contient pas : 'energy system management', Oil, flood, Le résumé ne contient pas : 'aquatic biodiversity' ni 'oil resource' 'energy system', Flood, Langue : ni Français, ni anglais, ni Allemand

❖ Documents analysés

La sélection d'articles constitue une étape cruciale pour identifier les articles pertinents à retenir dans la liste finale. Cette étape comprend cinq phases à savoir : la sélection préliminaire, l'application des critères d'exclusion, le premier tour de sélection, le deuxième tour de sélection et l'ajout d'articles provenant d'une bibliographie classique sur des outils préalablement identifiés.

En effet, après la sélection préliminaire ayant dégagée 147 articles provenant des moteurs de recherches, nous avons appliqué les critères d'inclusion et d'exclusion. Un premier balayage est venu supprimer les doublons, les articles dans une langue autre que le français, l'anglais et l'allemand. Un tout premier tour de sélection analysant le titre, le résumé et les mots-clés a été

fait manuellement, suivis par le deuxième tour de sélection qui consiste à vérifier le corps du texte. A la fin de cette étape 45 publications ont été retenues.

❖ Tendances d'évolution

Les travaux de recherche inclus dans notre analyse ont été publiés au cours d'une période de 28 ans (1996-2023). Le nombre de publications a augmenté au fil du temps : un d'eux ont été publiées pendant la période 1996-2000, 19 pendant la période 2001-2010 et 37 de 2010 à 2021 (voir figure 3).

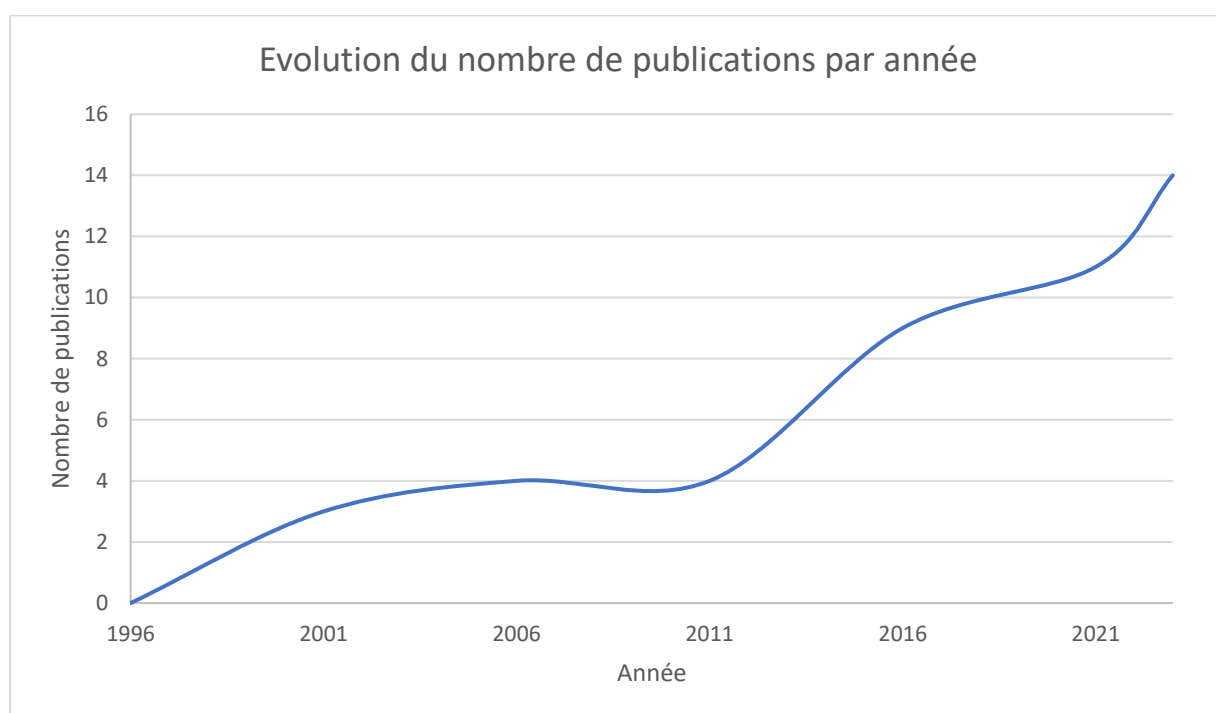


Figure 3: Evolution du nombre de publications par année

❖ Distribution géographique

La majorité des études (dans les articles) ont été menées (voir figure 4) en Europe (n=20), les études les plus nombreuses ayant été réalisées en Allemagne (n=6) et au Royaume uni (n=4), tandis que des études en France (n=3), d'Espagne(n=3), d'Italie (n=1), de la Grèce (n=1), de la Géorgie (n=1), et du Pays-Bas (n=1) y ont contribué dans une moindre mesure. En outre, d'autres études ont été réalisées en Asie (n=3 : Taiwan n=1, Malaisie=1, Pakistan n=1, Chine=1). Le reste des études ont été menées en Amérique (n=12), ces articles étaient celles des USA, du Canada, de la Colombie, du Brésil et de la Chili, en Océanie (n=3 : Australie), au

Moyen Orient (n=2 : Liban et Les Emirats Arabes Unis). Et finalement en Afrique (n= 5 : Ghana, Afrique du Sud, Algérie, Nigéria).

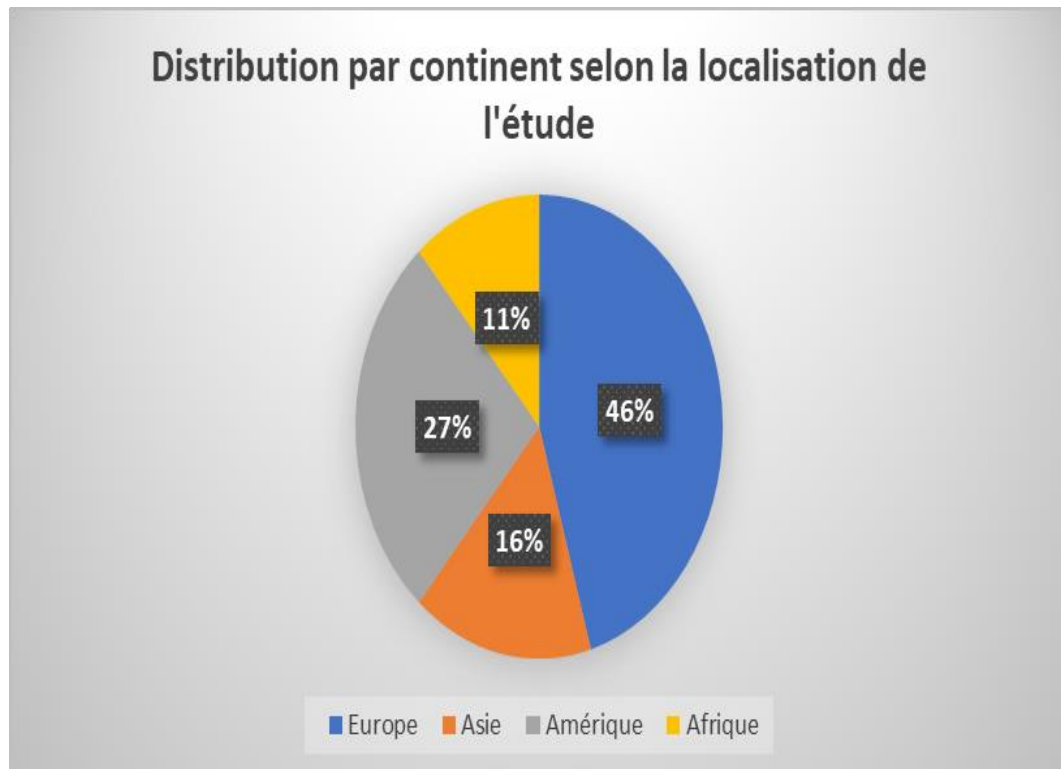


Figure 4: Distribution par continent étudié

❖ **Outils numériques étudiés dans les articles retenus**

Nous avons 25 outils étudiés dans les articles retenus (voir tableau 3).

Tableau 3: Outils étudiés dans les articles retenus et leurs références

Outils	Référence
WEAP	(Harma et al., 2012), (Saleem et al., 2021), (Purkey et al., 2007), (Leong & Lai, 2017), (Massmann et al., 2012), , (Dlamini et al., 2023), (Mensah et al., 2022), (Mounir et al., 2021), (Zhang et al., 2023), (Candido et al., 2022), (Badraoui, 2019.), (Assaf et al., 2008),
IWR-MAIN	(Froukh, 2001), (Mohamed & Al-Mualla, 2010)
MODFLOW	(Yu et al., 2014), (Massmann et al., 2012), (Ragab et al., 2010)
AQUATOOL	(Suarez et al., 2014), (Ruperez-Moreno et al., 2017), (Andreu et al., 1996), (Candido et al., 2022)
IRAS-2010	(Matrosov et al., 2011), (Candido et al., 2022)
JAMS/J2000-S	(Bende-Michl et al., 2007)
CATCHMOD	(Walsh et al., 2016)
BenIMPACT	(M'barek et al., 2005)
SWAT	(Worqlul et al., 2019), (P. W. Gassman et al., 2007), (Psomas et al., 2016)
MULINO	(Mysiak et al., 2005), (Candido et al., 2022), (Teodosiu et al., 2009)
MIKE HYDRO	(Gourbesville et al., 2016), (Oukaci, 2018), (Teodosiu et al., 2009), (Assaf et al., 2008),
MODSIM	(Assaf et al., 2008), (Teodosiu et al., 2009), (Candido et al., 2022)
RIBASIM	(Assaf et al., 2008), (Teodosiu et al., 2009)
WBalMo	(Assaf et al., 2008),

MOSDEW	(Godinez-Madrigal et al., 2019),
HEAL	(Alcoforado de Moraes et al., 2021)
REALM	(Perera et al., 2006)
SEWEM	(Bekchanov & Lamers, 2016)
BRIM	(Wang et al., 2019)
GIBSI	(Rousseau et al., 2000)
BHIWA model	(Mu & Khan, 2007)
SyDWEM	(Su et al., 2018)
EPIC	(Udias et al., 2018)
DANUBIA	(Barthel et al., 2005), (Soboll et al., 2011)
APEX models	(Worqlul et al., 2019)

❖ Grille des publications sélectionnées

Les critères d'analyse de Candido ont été modifiés pour mettre en lumière certaines fonctionnalités modernes de STRATEAU et en abandonner d'autres, moins pertinents pour le spectre d'application de l'outil. Les critères ont été basés sur la capacité de l'outil à faire le calcul de la demande en eau dans plusieurs secteurs d'activités notamment agricole, industriel, domestique, énergétique et loisirs.

Sur la base de ces critères 11 logiciel ont été retenues (voir le tableau 4 suivant) :

Tableau 4: Outils retenus dans les articles retenus et leurs références

OUTILS	REFERENCES
WEAP	(Assaf et al.,2008), (Badraoui, 2019), (Candido et al., 2022), (Dlamini et al., 2023) (Harma et al., 2012), (Leong & Lai, 2017), (Massmann et al., 2012), (Mensah et al., 2022), (Mounir et al., 2021), (Psomas et al., 2016), (Purkey et al., 2007), (Saleem et al., 2021), (Zhang et al., 2023)
AQUATOOL	(Andreu et al., 1996), (Candido et al., 2022), (Sechi et al., 2010), (Rupérez-Moreno et al., 2017), (Suárez et al., 2014)
MIKE HYDRO	(Gourbesville et al., 2016), (Oukaci, 2018),
RIBASIM	(Assaf et al.,2008), (Notice application, 2006)
MOSDEW	(Gaiser et al., 2006), (Jagelke et al., 2005), (Gotzinger et al., 2005), (Godinez-Madrigal et al., 2019),
HEAL	(Alcoforado de Moraes et al., 2021), (Borrego-Marin et al., 2020)
SEWEM	(Cai et al, 2003), (Bekchanov et Lamers., 2016), (Rosegrant et al, 2000),
BRIM	(Wang et al., 2019), (Wang et al., 2017)
BHIWA	(Khan et al., 2020), (Mu et al., 2017),
DANUBIA	(Barthel et al., 2005), (Flugel et al 2011), (Sechi et Sulis 2009), (Soboll et al., 2011), (Sechi et Sulis 2009)

❖ Grille détaillée des publications sélectionnées

L'analyse c'est basée sur la démarche de (Candido et al., 2022), un article sur l'examen des systèmes d'aide à la décision, de l'allocation et des modèles de GIRE qui met l'accent sur les défis majeurs de la GIRE pour classer les outils et les principales caractéristiques de ces modèles.

En effet d'après Candido et al. (2022), il existe deux principales approches de modélisation dans les outils d'aide à la décision d'une stratégie de gestion de la ressource en eau :

- **Approche descriptive** pour les outils qui montrent ce qu'il se produira pour une stratégie donnée.
- **Approche prescriptive** qui détermine la stratégie la mieux adaptée pour satisfaire des critères d'objectifs ou de décisions prédéfinis

Aussi des défis majeurs caractérisant chaque outil notamment :

- **L'optimisation économique (EC)** est la répartition des ressources en eau entre tous les usages/utilisateurs, en maximisant les bénéfices nets (ou en minimisant les coûts de rareté) obtenus par ces usages.
- **L'égalité (EQ)** concerne la justice sociale ou la garantie de l'accès de tous les utilisateurs (principalement les groupes marginalisés et les plus pauvres) à la quantité et à la qualité d'eau nécessaires pour garantir la dignité, les droits de l'homme et la qualité de vie.
- **Maximisation du bien-être social (SOC)** implique des éléments qui peuvent être mesurés par l'impact sur les principaux indicateurs sociaux, tels que le nombre d'emplois, la génération de revenus dans les différentes couches sociales et l'espérance de vie,
- **Quantité-qualité (QQ)** représente la gestion de la qualité de l'eau intégrée à la quantité, ou quantité-qualité de l'eau
- **Durabilité (SU)** concerne les aspects environnementaux

Sur la capacité à :

- Intégrer de fonctions SIG
- Intégrer automatiquement des données existantes d'entrée via API
- Un accès à l'outil via internet (pas besoin de ressources de mémoire et calcul)
- Un accès limité à certaines fonctionnalités selon profil utilisateur
- Accès aux données sur droits et login

Nous retrouvons les différents échelles calcul spatiale, temporelle, sectorielle.

Les différents éléments de la grille d'analyse détaillée se retrouvent dans l'annexe (voir annexe 1, 2, 3, 4).

❖ Justification du modèle retenu

Il ressort de la revue de littérature qu'il existe 2 grandes familles d'outils existants :

- **Famille n°1 : outils à base physique, déterministe** de simulation des évolutions de la ressource en eau, proposant ensuite une confrontation avec des scénarios d'évolution de la demande en eau - en général ces outils sont proposés sous forme logiciel, avec licence, et font appel à de nombreux sous-modules de calcul qui laisse penser qu'une utilisation en direct est difficilement envisageable. Il s'agit donc d'outils à émuler et à adapter en fonction d'un cahier des charges puis à exploiter selon ce cahier des charges.
- **Famille n° 2 : outils à base systémique fondés** sur les interactions entre la demande et d'autres déterminants tel le prix de l'eau, de l'énergie ou la réglementation, qui ne propose pas forcément de calcul de la demande en eau, ni même de la ressource mais une scénarisation possible de variations de règles ou de hiérarchie d'allocation en fonction d'hypothèses prédéfinies. Ces outils ont plus vocation à donner à voir des impacts de choix de politiques de gestion / partage de l'eau, ou de l'agriculture, ou de l'énergie, sur le bilan ressource / demande en eau. Ils ont été appliqués mais rarement confrontés à des gestionnaires.

Comparativement aux 11 autres outils STRATEAU est le seul outil à proposer une plateforme d'échange offrant une reconstitution 'rapide' de la demande en eau sur la base de déterminants prédéfinis, indépendant de données de prélèvements, et avec des hypothèses modulables à façon ainsi qu'une pré-scénarisation possible des évolutions du climat et/ou du territoire. De plus, comparativement à des outils tels AQUATOOL, HEAL ou BRIM, il y a une réelle volonté à ce que STRATEAU ne soit pas un outil "académique" mais bien un outil opérationnel.

STRATEAU est l'un sur les 11 outils comparés qui calcul la demande en eau sans recours à des données de mesures de prélèvement. Il fait aussi partie des outils, permettant de comparer des scénarios d'évolution du climat et du territoire pour tous les secteurs d'activités. En termes de résolution de calcul (maille d'échelle spatiale et temporelle minimale de calcul de la demande en eau), STRATEAU fait partie des outils présentant le plus de capacité à moduler le niveau d'agrégation des simulations (de l'échelle de la commune à la nation) et à intégrer la

saisonnalité sur plusieurs années sans « trop » de temps de calcul. D'où notre choix sur l'outil STRATEAU.

II.2.2 Présentation de l'outil STRATEAU

II.2.2.1 Description de l'outil STRATEAU

STRATEAU est un outil d'aide à la décision développé en octobre 2009 par le bureau d'études des énergies de demain suite à une commande de l'Ambassade de l'eau qui est une association de type loi 1901 qui s'intéresse aux problématiques de gestion de l'eau dans les pays émergents du bassin méditerranéen et actuellement amélioré par le CEREMA.

STRATEAU est un outil numérique et une plateforme destinée à aider les territoires à concevoir leur stratégie d'économie et de partage de l'eau. Il offre une évaluation prospective de la demande en eau en fonction de scénarios climatique et d'hypothèses d'évolution du territoire, indépendamment des données factuelles de prélèvements d'eau.

II.2.2.2 Principales fonctionnalités

STRATEAU offre un calcul de la demande en eau indépendamment des données de prélèvements et permet de voir simultanément ces calculs à plusieurs niveaux d'imbrications d'échelle de temps et d'espace (Maugis et al., 2015) comme illustre la figure 5 :

- Une échelle spatiale, agrégeant la maille élémentaire communale à plusieurs niveaux emboîtés comme les EPCI (Etablissements de Coopération Intercommunale)
- Une échelle temporelle, évaluant la demande en eau mensuelle. Ceci permet d'accéder aux dynamiques saisonnières indispensables pour capturer les périodes de tension comme l'été,
- Une échelle d'activité par secteurs d'activité emboîtés notamment en affichant la consommation en eau sur l'ensemble des secteurs d'activité,

Il est possible d'agréger et de désagréger à façon selon ces 3 échelles. Cette imbrication simultanée d'échelles demande une interface ad hoc pour les rendus cartographiques.

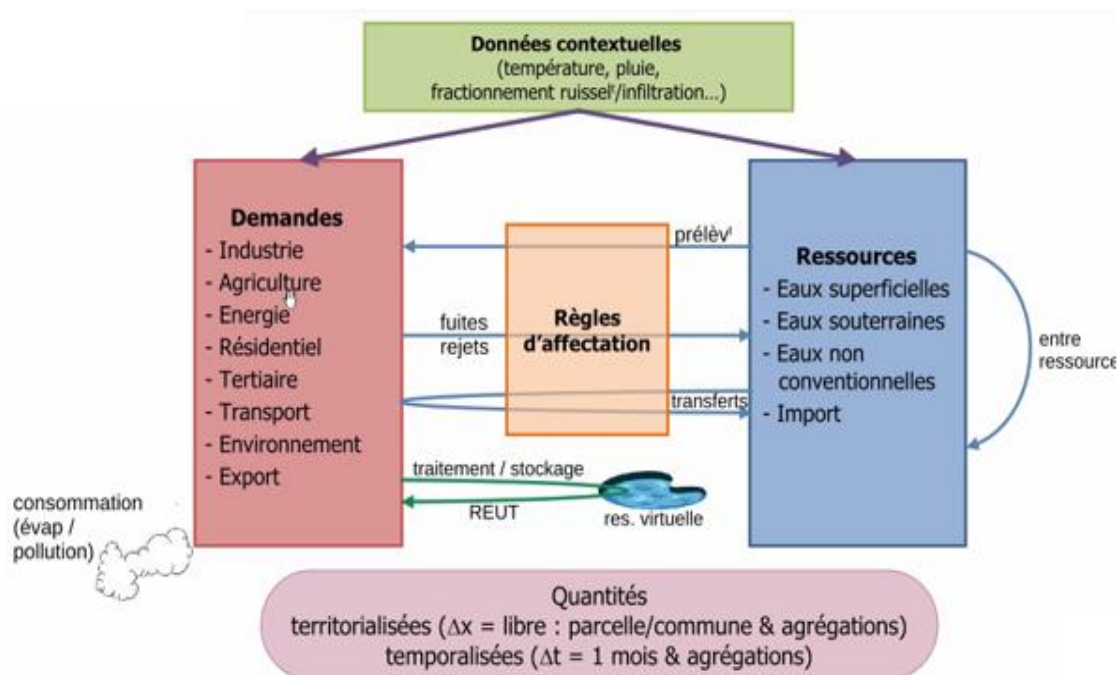


Figure 5: Schéma du fonctionnement global de STRATEAU

II.2.2.3 Approche méthodologique STRATEAU

Actuellement, la reconstitution des demandes et prélèvements en eau est calculée à partir des informations démographiques, des activités économiques et industrielles, de l'équipement, etc. Les paramètres de cette reconstitution ultrafine sont modifiables en fonction du contexte de développement et des scénarios de l'utilisateur (voir figure 6).

D'une façon générale, toutes sortes de modules de calcul peuvent enrichir ou se substituer à l'estimation des variables finales.

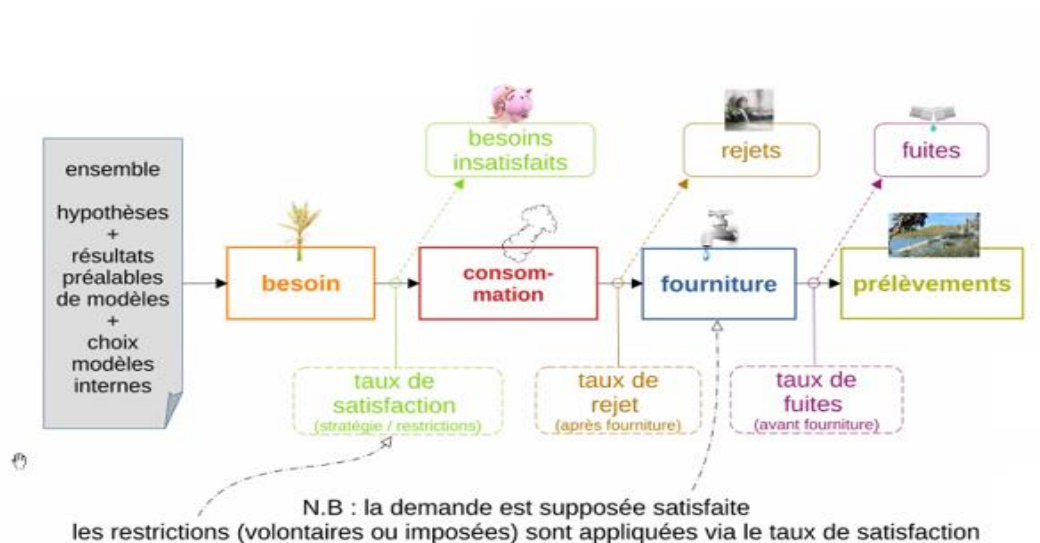


Figure 6: Eléments calculés par STRATEAU

II.2.2.4 Structure du logiciel STRATEAU

STRATEAU possède une représentation cartographique et graphique, un affichage des données et des résultats et une interface hypothèses scénarios. Ces affichages sont présentés par des icônes graphiques sur la barre d'affichage située à gauche de l'écran.

Hypothèses des scénarios

Les variables définies par l'utilisateur servent de clés principales pour faire l'analyse visible à travers la figure 7 :

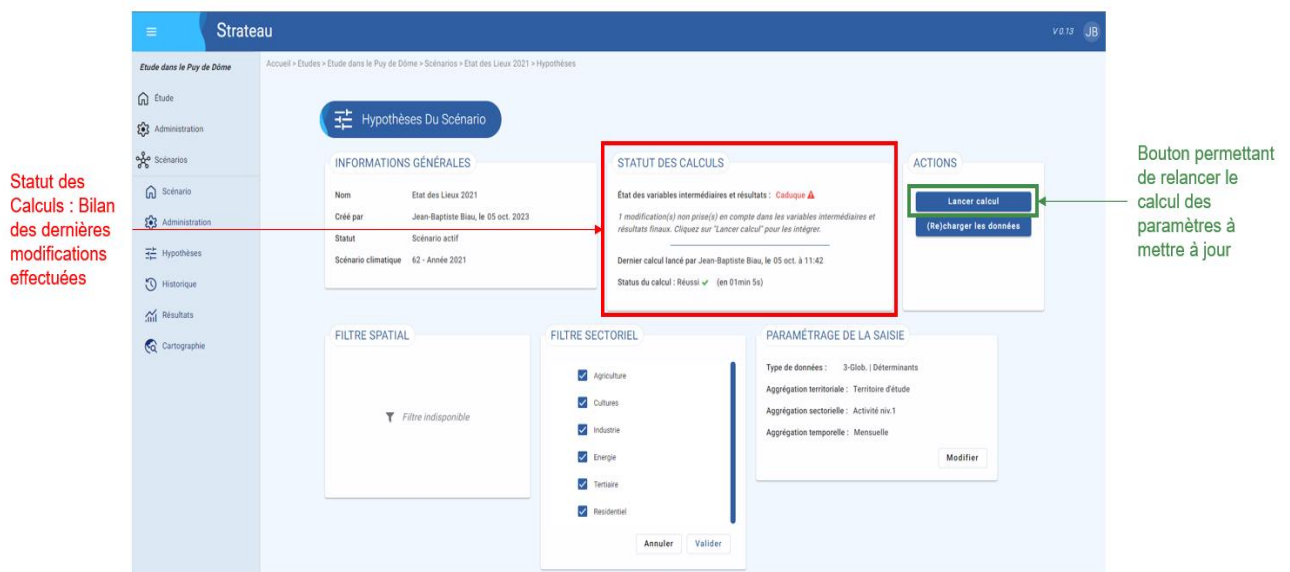


Figure 7: Interface hypothèses du scénario

Affichage des résultats

Les résultats sont sous forme de graphe et (ou) de tableau (voir figure 8).

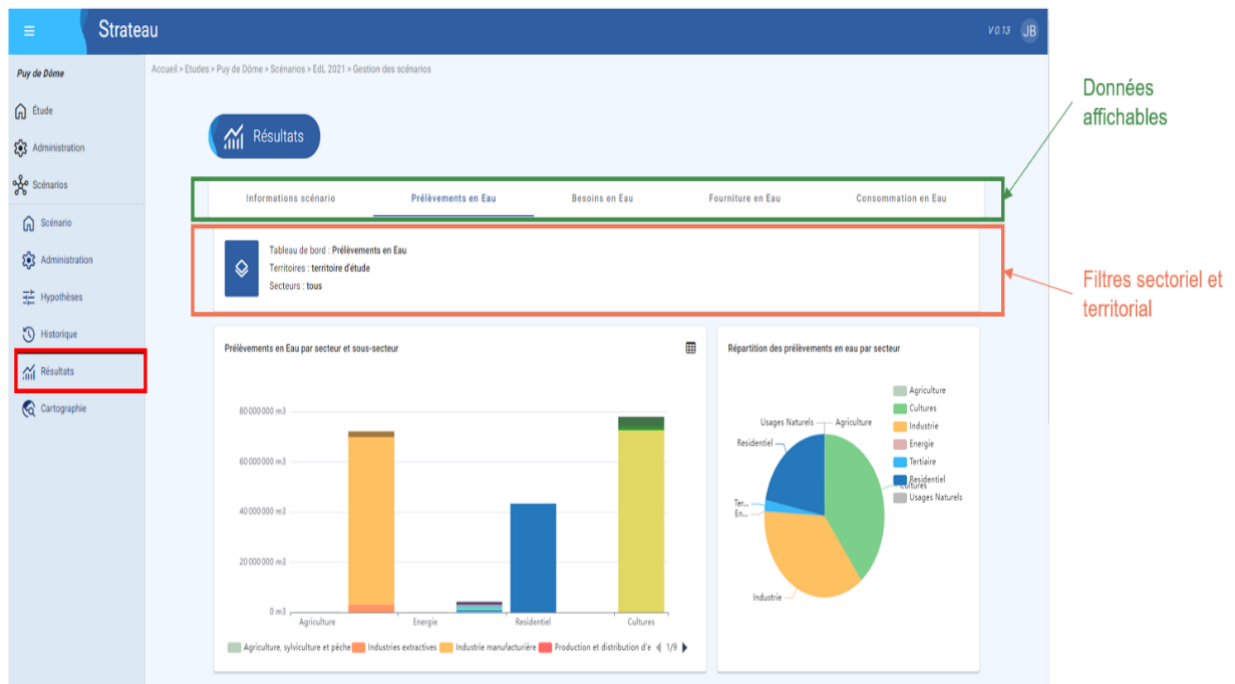


Figure 8: Interface affichage des résultats

Cartographie

Elle permet de créer, éditer ou aussi ajouter des couches SIG standard de la zone d'étude comme couche de fond. De ce fait, nous pouvons accéder rapidement à l'analyse des données et à l'affichage des résultats pour n'importe quel secteurs d'activités et zone géographique qui nous concerne (voir figure 9).

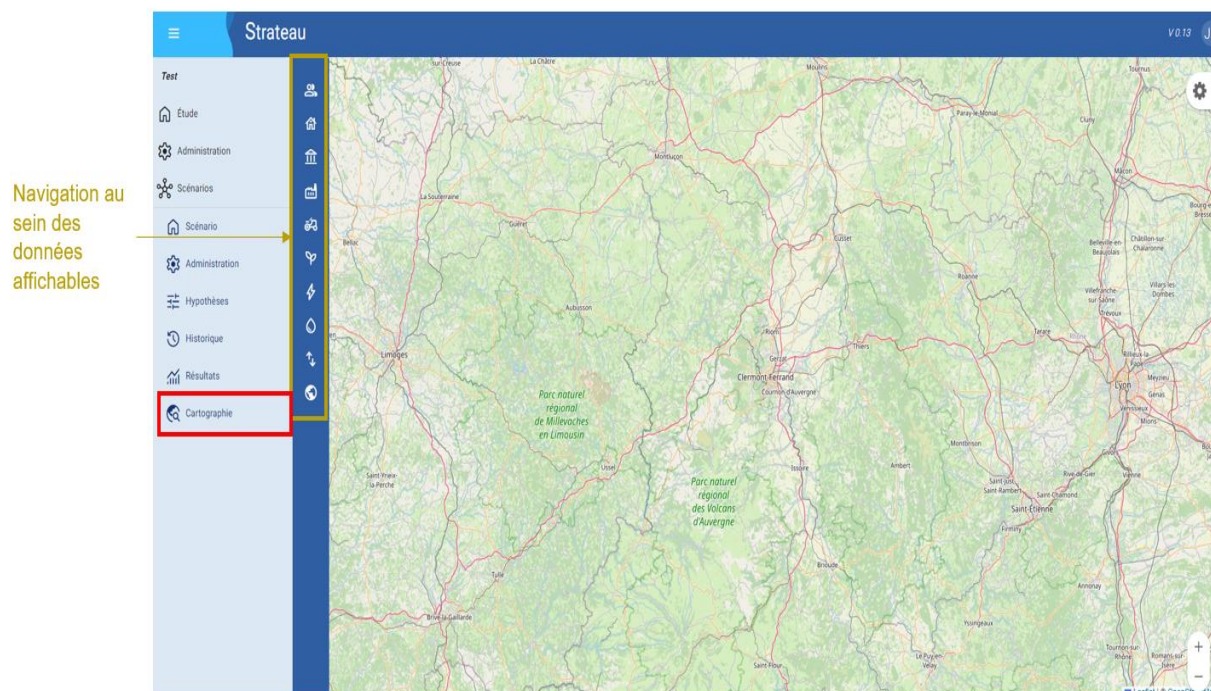


Figure 9: Interface cartographique

II.2.3 Modélisation des prélèvements en eau avec l'outil STRATEAU

II.2.3.1 Données de prélèvements d'eau pour les différentes activités

Les données collectées concernent les prélèvements en eau agricole, résidentiel, tertiaire, industriel, centrales électriques pour l'année 2020 dans le bassin de l'Allier. Ces données ont été collectées au niveau de :

- Registre Parcellaire Graphique (RPG) pour les déterminants et par la méthode CROPWAT pour les besoins unitaires au niveau des cultures,
- Recensement général de la population de l'INSEE pour la population et de l'observatoire des services publics d'eau et d'assainissement et de la banque nationale de prélèvements en eau pour les consommations unitaires pour le secteur résidentiel,
- Base de données SIRENE de l'INSEE pour le secteur industriel et tertiaire,

Selon le schéma d'aménagement de la gestion de l'eau (SAGE), le bassin versant de l'Allier est composé de 622 communes. Ci-dessous le tableau 5 montrant les volumes de prélèvements pour les différents secteurs d'activités.

Tableau 5: Volume de prélèvement pour les différents secteurs d'activités en 2020

Secteurs d'activités	Volume (m ³)
Industriel	7 980 000
Agricole	42 270 000
AEP	63 190 000

II.2.3.2 Hypothèse de calculs

II.2.3.2.1 Prélèvements en eau pour le secteur de l'eau potable

On observe des disparités importantes d'évolution démographique (scénario Omphale INSEE) selon les territoires. Globalement, la population décroît dans les territoires où il y a le plus d'eau et croît dans les territoires où il y a moins d'eau.

Pour l'utilisation au sein d'un ménage et aux taux de fuites des réseaux, on considère que les personnes utilisent de l'eau comme aujourd'hui. On considère aussi une légère diminution des taux de fuites (poursuite de la tendance observée actuellement).

II.2.3.2.2 Prélèvements en eau pour le secteur agricole

Pour estimer le taux d'irrigation, Nous avons utilisé les données issues du recensement général agricole 2010 et 2020 avec une poursuite des tendances à 2030 et une poursuite moindre pour 2030-2050.

Pour les fuites du matériel d'irrigation, dans le tendanciel elles seront de 30 %. Il est prévu au maximum une baisse de 10 points, car il semblerait surprenant que le taux de fuite des réseaux d'irrigation devienne inférieur à celui des réseaux d'eau potable (à 20 % actuellement).

On observe le développement de la micro-irrigation pour les cultures à haute valeur ajoutée (recensement agricole 2010 et 2020).

II.2.3.2.3 Prélèvements en eau pour le secteur énergétique

Nous nous sommes appuyés sur les évolutions 2012-2020 pour en déduire une tendance avec quelques ajustements. On applique une baisse structurelle de la production nucléaire jusqu'en 2030 (250 TWh), moindre jusqu'à 2050. Les 250 TWh concernent seulement les centrales en bord de fleuve.

Facteur de consommation en circuit fermé d'environ 20% et bien moindre en circuit fermé (environ 0,8 %).

II.2.3.2.4 Modélisation de la demande en eau

La modélisation utilisée permet une reconstitution des prélèvements en eau à partir d'un croisement des données de déterminants d'activité issues de l'Institut National de la Statistique (INSEE) et des études économiques et du Registre Gravitare Parcellaire (RGP) pour l'agriculture et des consommations d'eau issues de la bibliographie ou calculées.

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

- **Les Prélèvements en eau**

Les Prélèvements en eau représentent la quantité d'eau abstraite d'une ressource donnée (rivière, nappe, virtuelle) pour un usage spécifique. Ils sont directement issus du croisement entre :

Prélèvements en eau = Fourniture en eau * Taux de fuite des réseaux

- **La Fourniture en eau**

La Fourniture en Eau représente la quantité d'eau réellement utilisée par les Usagers. Elle est directement issue du croisement entre :

Fourniture en eau = Besoins en eau * Taux de satisfaction des besoins

- **Taux de fuite des réseaux**

Les Taux de fuite des réseaux sont issus de deux sources différentes :

- Résidentiel, Tertiaire et Industrie : Indicateur P104.3 sur les Rendements du réseau de distribution d'eau potable fourni par le Système d'Information sur les services publics d'Eau et d'Assainissement SISPEA (<https://www.services.eaufrance.fr/indicateurs/P104.3>) et moyenné par département (au prorata de la population).
- Les Cultures : Hypothèse nationale de 30%.

- **Déterminants**

Les **Déterminants** décrivent les différents usagers du territoire. En fonction de la branche d'usagers concernée. Ils peuvent donc concerner des types de données très différents :

- **Cultures** : Dans le cas du secteur agricole, on distingue deux types de prélèvement en eau, les prélèvements en eau d'irrigation liées aux cultures et les prélèvements en eau liées à l'élevage (voir tableau 6 et 7).

Pour obtenir les prélèvements en eau des cultures irriguées, le modèle commence par calculer le besoin en eau mensuel de chacune des cultures. Ce besoin en eau des cultures est ensuite comparé aux précipitations sur des surfaces cultivées.

Tableau 6: Liste des cultures pratiquées dans le Bassin de l'Allier

Culture	Déterminant	Unité du déterminant
Légumes et fleurs	5	Ha
Fourrages, prairies, estives et landes	1	
Céréales	5	
Protéagineux	5	
Autres	2	
Oléagineux	4	
Fruits	25	
Vignes	2	

Tableau 7: Liste des élevages pratiqués dans le Bassin de l'Allier

Élevage	Déterminant	Unité du déterminant
Élevage d'autres bovins et de buffles	60 493	Individus
Élevage de chameaux et d'autres camélidés	13 663	
Élevage d'ovins et de caprins	267 600	
Élevage de porcins	82 569	
Élevage de volailles	3 848 311	

- **Résidentiel** : Pour le secteur résidentiel, le déterminant final est le nombre d'habitants par type de logement (maison ou appartements) (voir tableau 8). Le type de logement modifie certains taux d'équipement (comme ceux en piscines, jardins, baignoires...) et donc la consommation finale en eau. La demande en eau de chaque résident est reconstituée à partir des consommations unitaires d'eau pour la cuisine, l'hygiène, le nettoyage etc... Pour chacun des usages, nous affectons également un taux d'utilisation moyen, par exemple 1 douche par personne et par jour.

Tableau 8: Liste du secteur résidentiel dans le Bassin de l'Allier

Résidentiel	Déterminant	Unité du déterminant
Résidentiel	930 449	Résidents

- **Industrie et Tertiaire** : Le secteur de l'industrie est découpé en branches, puis en sous-branches selon les codes NAF de l'INSEE. Pour chaque sous-branche du secteur industriel une consommation d'eau par déterminant final est établie (combien de litres d'eau par tonne d'acier produite, par voiture produite ...) (voir tableau 9).

Le secteur tertiaire est également découpé en branches et sous-branches selon les codes NAF de l'INSEE. Pour ce secteur les déterminants finaux sont les effectifs : on considère une consommation d'eau moyenne par employé. Cette consommation unitaire d'eau dépend notamment de la taille de l'entreprise considérée.

Tableau 9: Liste des types d'industrie dans le Bassin de l'Allier

Industrie	Déterminant	Unité du déterminant
Industries extractives	362	Employés
Industrie manufacturière	53 039	
Production et distribution d'eau, d'assainissement, de la gestion des déchets et de la dépollution	2 850	
Construction	24 487	

III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

III.1 Modélisation des prélèvements en eau avec l'outil STRATEAU pour l'année de référence 2020

L'année 2020 a été choisie car elle a été l'année la plus touchée par les pénuries d'eau.

❖ Secteur résidentiel

Dans le secteur résidentiel, la quantité d'eau mensuelle utilisée varie selon le nombre d'habitants et la saison en raison de 818 827 hbts et d'une saison d'hiver et d'été. Au mois de février, la quantité d'eau prélevée est moins importante en raison de 16 442 000 m³ du fait de la période hivernale (voir Figure 10).

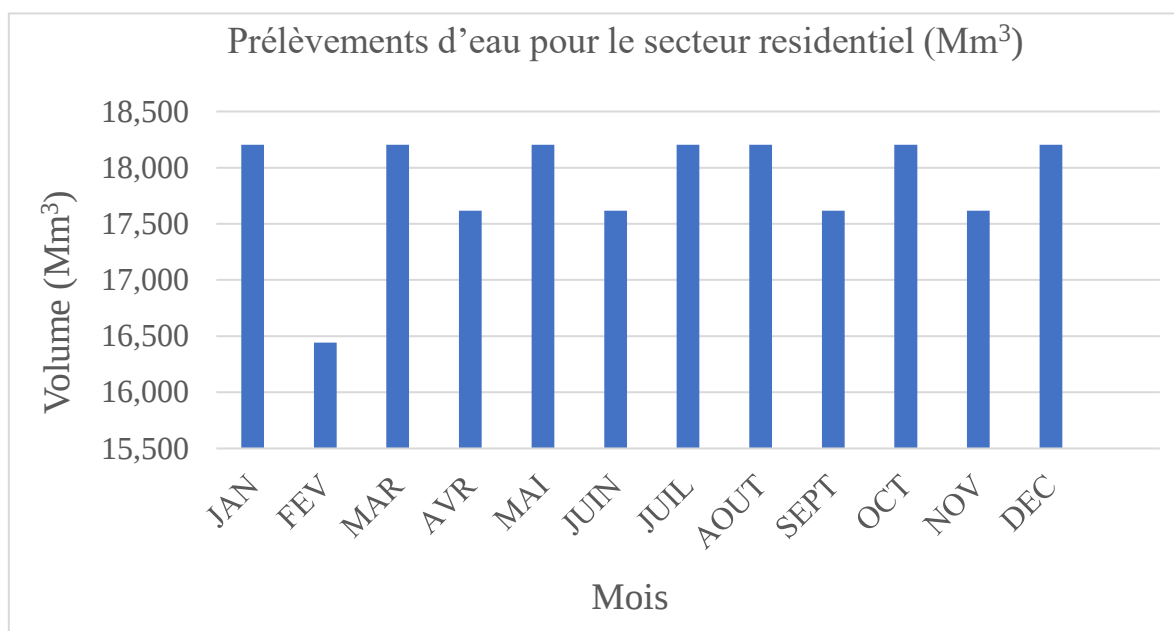


Figure 10: Prélèvements d'eau pour le secteur résidentiel

❖ Secteur industriel

Dans le secteur industriel, la quantité d'eau mensuelle utilisée varie selon les différentes activités notamment les Production et distribution d'eau, d'assainissement, de la gestion des déchets et de la dépollution et de la construction. Au mois de mars la quantité d'eau utilisée est plus importante (voir Figure 11).

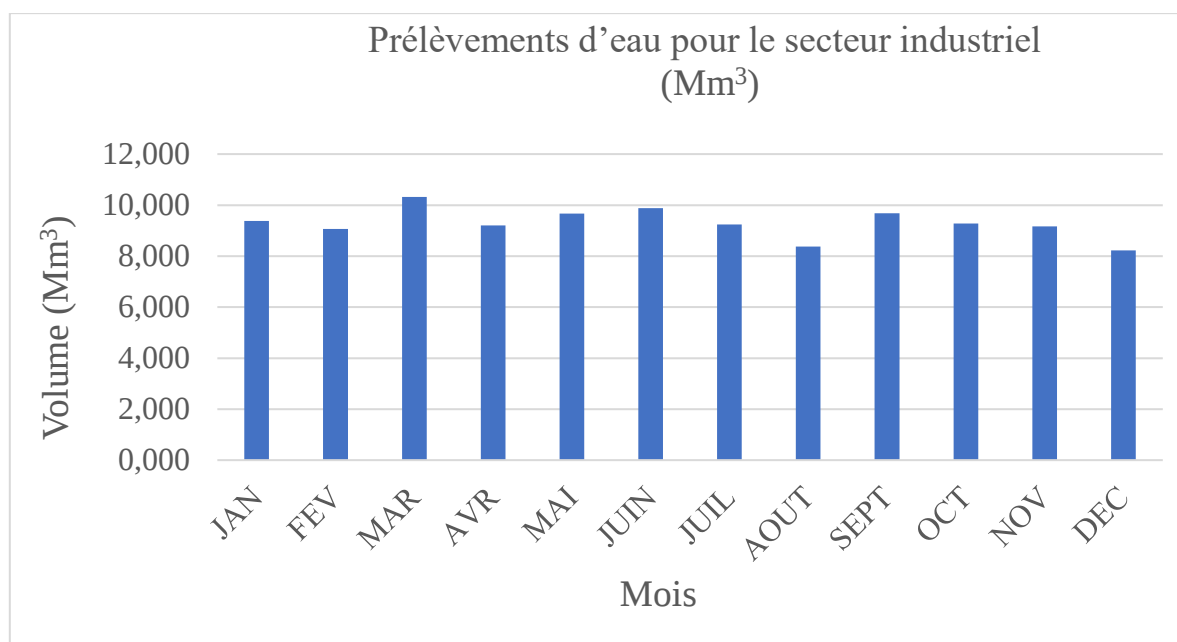


Figure 11 : Prélèvements d'eau pour le secteur industriel

❖ Secteur tertiaire

La quantité d'eau mensuelle utilisée varie selon les différentes activités notamment les arts, les activités récréatives et les spectacles dans le secteur tertiaire. La quantité d'eau utilisée par le secteur de la santé reste inchangée selon les mois car il n'existe pas de taux d'activité sur lequel se reporter. Le commerce enregistre par exemple une baisse de la quantité utilisée au mois de juillet due à la baisse du chiffre d'affaires, tandis que le secteur de l'hébergement et la restauration enregistre une hausse au mois de d'aout et de décembre due à l'augmentation du nombre de nuitées. (Voir figure 12).

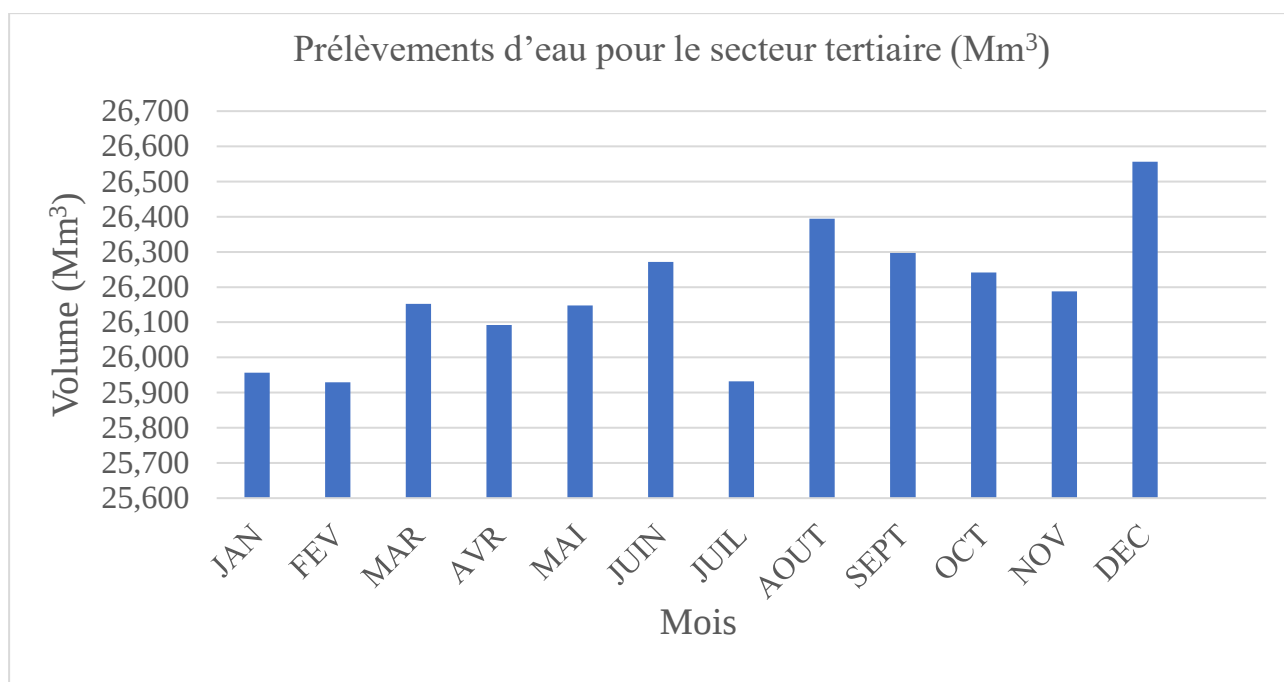


Figure 12 : Prélèvements d'eau pour le secteur tertiaire

❖ Secteur agricole

Dans le secteur agricole, la quantité d'eau sont utilisés pour les cultures permanentes et les cultures intensives de maïs qui ne représentent que 70% du bassin. Les prélèvements sont particulièrement importants au mois de juillet du fait de la période estivale (voir figure 13).

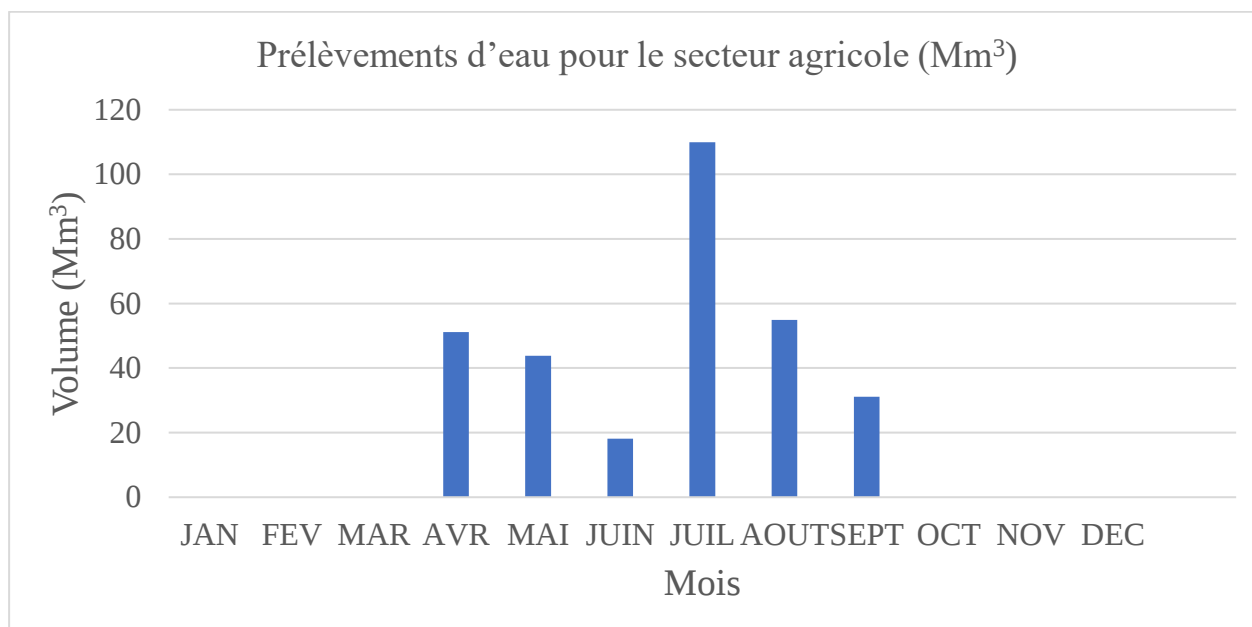


Figure 13 : Prélèvements d'eau pour le secteur agricole

III.2 Evaluation du modèle STRATEAU

III.2.1 Secteur résidentiel

Les prélèvements modélisés pour le secteur résidentiel sont de 1.8% supérieurs aux volumes prélevés renseignés dans le HMUC pour l'année de référence 2020. Ce qui correspond à une différence de 1 071 000 m³/an. L'écart est dû au fait que certaines données publiques de prélèvement en eau sont inaccessibles alors qu'avec STRATEAU ces données ont été recueillies par le ministère de la transition écologique d'où le fait que toutes ces données manquantes sont accessibles.

Nous avons un résultat globalement satisfaisant à l'échelle du bassin de l'Allier car nous avons un 1.82% inférieur au seuil de performance.

Dans l'ensemble, les prélèvements d'eau pour le secteur résidentiel sont bien reconstitués (voir tableau 10).

Tableau 10: Confrontation des résultats modélisés et des données publiques de prélèvements pour le secteur résidentiel

Secteurs d'activité	Modélisation STRATEAU (m ³)	Données SAGE (m ³)	Différence en pourcentage (%)	Différence en (m ³)
Résidentiel	58 959 000	57 888 000	1.82 %	1 071 000

III.2.2 Secteur Agricole

Les prélèvements modélisés pour le secteur agricole sont de 62,19% supérieurs aux volumes prélevés pour l'irrigation et de 67,03% supérieurs aux volumes prélevés pour l'irrigation renseignés dans le HMUC pour l'année 2020. Ce qui correspond à une différence de 61 341 000 m³/an pour l'irrigation et de 10 102 460 m³/an pour l'élevage (voir tableau 11).

L'énorme écart est dû au fait que certaines données publiques de prélèvement en eau sont inaccessibles alors qu'avec STRATEAU ces données ont été recueillies par le ministère de la transition écologique d'où le fait que toutes ces données manquantes sont accessibles.

Tableau 11: Confrontation des résultats modélisés et des données publiques de prélèvements pour le secteur agricole

Secteurs d'activité	Modélisation STRATEAU (m ³)	Données SAGE (m ³)	Différence en pourcentage (%)	Différence en (m ³)
Cultures (Irrigation)	98 641 000	37 300 000	62,19 %	61 341 000
Agricultures (Élevage)	15 072 460	4 970 000	67,03 %	10 102 460
Total	113 713 460	42 270 000	62,83 %	71 443 460

III.2.3 Secteur industriel

Les prélèvements modélisés pour le secteur industriel sont de 75,05% supérieurs aux volumes prélevés renseignés dans le HMUC pour l'année 2020. Ce qui correspond à une différence de 240 001 000 m³/an (voir tableau 12). L'écart est dû au fait que certaines données publiques de prélèvement en eau sont inaccessibles alors qu'avec STRATEAU ces données ont été recueillies par le ministère d'où le fait que toutes ces données manquantes sont accessibles.

Tableau 12: Confrontation des résultats modélisés et des données publiques de prélèvements pour le secteur industriel

Secteurs d'activité	Modélisation STRATEAU (m ³)	Données HMUC (m ³)	Différence en pourcentage (%)	Différence en (m ³)
Industriel	31 981 000	7 980 000	75.05%	240 001 000

III.2.4 Secteur énergétique

Les prélèvements modélisés pour le secteur industriel sont de 46 762 000 m³/an pour l'année de référence 2020. Nous n'avons pas de données sur les prélèvements industriels renseignés dans le HMUC, cela est dû au fait qu'il n'y a pas assez centrales électriques dans le secteur et les centrales existantes ne sont pas encore déclarées.

III.3 Evolution des prélèvements en eau à l'horizon 2030 et 2050

La figure 14 montre l'évolution annuelle globale à chaque année du scénario de référence dans le bassin de l'Allier. Elle est de près de 113 440 000 millions de m³ en 2020, dont 4,4 % sont des prélèvements agricole (élevage), 7,03% pour l'industrie, 55,70% pour le tertiaire et le résidentiel et 32,9% pour l'irrigation. Selon les projections de STRATEAU, les prélèvements en globaux s'élèveront à moyen terme (2030) à 962 989 000 millions de m³ par an. A l'horizon 2050, ces prélèvements atteindront les 1 401 989 000 de m³ par an, dont plus de 26.75 % sont proprement des prélèvements en eau d'irrigation.

Nous remarquons que les prélèvements en eau augmentent d'une façon très remarquable à l'horizon 2030 et 2050. Une telle différence de capacité montre l'impact des prélèvements sur la ressource en eau.

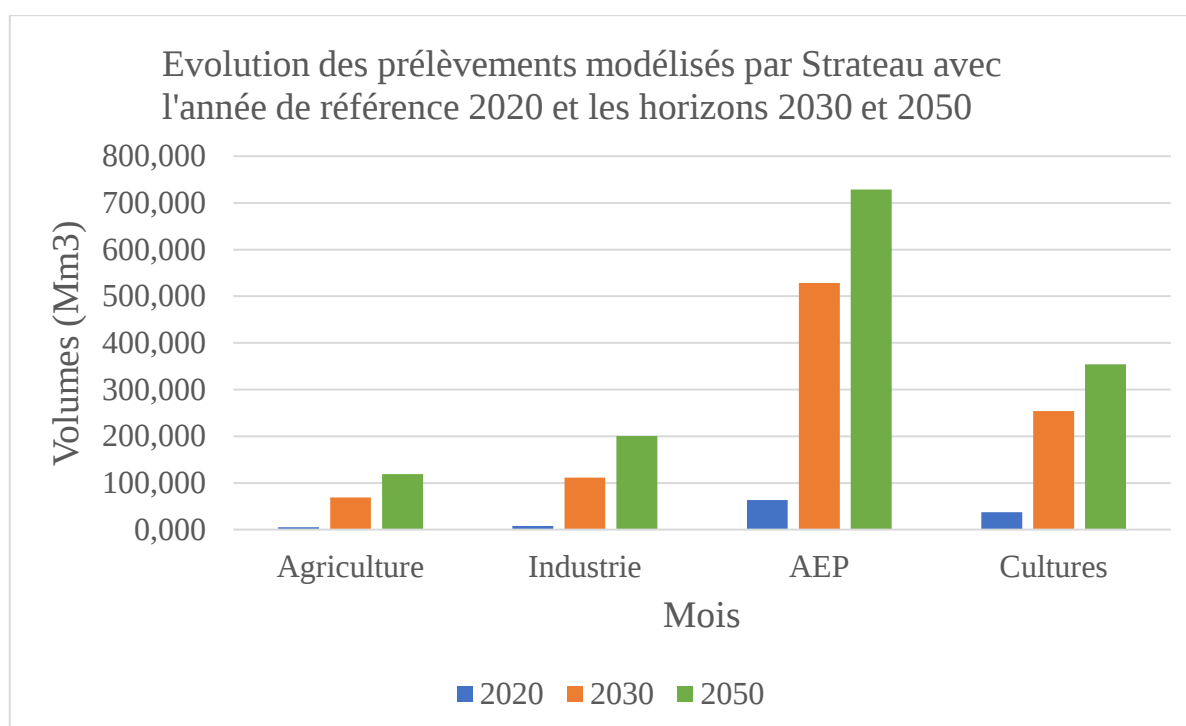


Figure 14: Evolution des prélèvements modélisés par STRATEAU avec l'année de référence 2020 et les horizons 2030 et 2050

CONCLUSION

La gestion intégrée s'impose aujourd'hui comme une approche incontournable pour une gestion durable des ressources en eau et une base nécessaire à toute politique raisonnée de l'eau. Le présent travail avait pour objectif l'étude de la demande/prélèvements en eau dans le bassin versant de l'Allier. Pour cela le logiciel STRATEAU a été utilisé comme outil d'aide à la décision.

Il s'agissait de déterminer les volumes de prélèvements dans les différents secteurs d'activités notamment le résidentiel, l'agricole, l'énergie et l'industrie. Tous ces volumes ont été déterminés par des hypothèses de calcul précédemment définies par France Stratégie. Il ressort de la modélisation par STRATEAU que la reconstitution est globalement supérieure aux prélèvements déclarés pour l'année 2020, se répartissant entre 1.82 % pour l'AEP, 62.83% pour l'agriculture, 75.05 % pour l'industrie et pas de données pour l'énergie. Cette surestimation significative en volume cache des disparités importantes au niveau des données publiques déclarées. Ces différences d'écart se justifie différemment selon les secteurs d'activités. Au niveau de l'AEP, les prélèvements d'eau sont globalement bien reconstitués en termes de volume contrairement au niveau de l'agriculture, l'industrie et de l'énergie.

Ensuite nous avons défini les besoins des usagers pour une période projetée de 30 ans (de 2030 jusqu'à 2050). Nous constatons qu'ils augmentent avec le temps et qu'ils arriveraient un moment où l'offre ne pourra plus répondre à la demande d'une manière convenable.

Une étude bibliographique a été réalisée pour voir les différents outils de modélisation de demande/prélèvements existants afin de déterminer l'outil utilisé pour notre étude. Il ressort que STRATEAU est le seul outil à proposer une plateforme d'échange offrant une reconstitution 'rapide' de la demande en eau sur la base de déterminants prédéfinis, indépendant de données de prélèvements, et avec des hypothèses modulables à façon ainsi qu'une pré-scénarisation possible des évolutions du climat et/ou du territoire.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Alcoforado de Moraes et al., 2021, Integration of a Network-Based and an Economy-Wide Water Model to Support Decision Making on Water Resources Planning and Management in Northeastern Brazil,

Andreu et al., 1996, AQUATOOL a generalized decision-support for water-resources planning and operational management,

Assaf et al., 2008, Generic Simulation Models for Facilitating Stakeholder Involvement in Water Resources Planning and Management: A Comparison, Evaluation, and Identification of Future Needs,

Badraoui, 2019, Apport du modèle WEAP dans l'étude prospective de la balance offre/demande en eau dans le bassin versant de la Tafna,

Barthel et al., 2005, Linking the physical and the socio-economic compartments of an integrated water and land use management model on a river basin scale using an object-oriented water supply model,

Bekchanov & Lamers, 2016, The effect of energy constraints on water allocation decisions: the elaboration and application of a system-wide economic-water-energy model (SEWEM),

Bende-Michl et al., 2007, Supporting natural resources management in Tasmania through spatially distributed solute modelling with JAMS/J2000-S,

Candido et al., 2022, Review of Decision Support Systems and Allocation Models for Integrated Water Resources Management Focusing on Joint Water Quantity-Quality,

Dlamini et al., 2023, Assessing climate change impacts on surface water availability using the WEAP model: a case study of the buffalo river catchment, South Africa,

Duvernoy, (2022) Panorama en Europe et en France des effets présents et à venir du changement climatique,

Froukh, 2001, Decision-Support System for Domestic Water Demand Forecasting and Management,

Godinez-Madrigal et al., 2019, Production of completing water knowledge in the face of water crises: revisiting the IWRM success story of the Lerma Chapala basin, Mexico

Gourbesville et al., 2016, DSS Architecture for Water Uses Management,

- Harma et al., (2012), Future water supply and demand in the Okanagan basin, British Columbia: A scenario-Based analysis of multiple, interacting stressors,
- L'eau en France. (2023) : ressource et utilisation – synthèse des connaissances 2023,
- Leong & Lai, (2017), Application of water evaluation and planning model for integrated water resources management: case study of langat river basin, Malaysia
- Notre environnement. (2023), Les prélèvements d'eau douce par usages en France en 2021,
- M'barek et al., 2005, Sustainable resource management in Benin embedded in the process of decentralization,
- Massmann et al., (2012), WEAP-MODFLOW à sa Decision Support System (DSS)for integrated water resources management: Design of the coupled model and results from a pilot study in Syria,
- Matrosov et al., 2011, A computationally efficient open-source water resource system simulator – Application to london and the thames basin,
- Mensah et al., 2022, Modeling current and future grounwater demands in the white volta River basin of ghana under climate change and socio-economic scenarios,
- Mohamed & Al-Mualla, 2010, Water Demand Forecasting in Umm Al-Quwain (UAE) Using the IWR-MAIN Specify Forecasting Model,
- Mounir et al., 2021, Investigating the value of spatiotemporal resolutions and feedback loops in water-energy nexus modeling,
- Mu & Khan, 2007, Stochastic Analysis of Water Supply and Demand at the River Basin Level,
- Mysiak et al., 2005, Towards the development of a decision support system for water resource management,
- Oukaci, 2018, Gestion intégrée des ressources en eau sous MIKE HYDRO Basin et essai contributif de développement d'un outil géostatistique spatialisant les données de stations pluviométriques. Application au barrage de Douera,
- Perera et al., 2006, Computer software tool REALM for sustainable water allocation and management,
- Psomas et al., 2016, designing water efficiency measures in a catchment in Greece using WEAP and SWAT models,

- P. W. Gassman et al., 2007, The soil and water assessment tool: historical development, applications, and future research directions,
- Purkey et al., (2007), Integrating a climate assessment tool into stakeholder-driver water management decision-making processes in California,
- Ragab et al., 2010, Integrated Hydrological Modelling System. Part 2. Application of linked unsaturated, DiCaSM and saturated zone, MODFLOW models on Kouris and Akrotiri catchments in Cyprus,
- Rousseau et al., 2000, GIBSI – An integrated modelling system prototype for river basin management,
- Ruperez-Moreno et al., 2017, Cost-Benefit Analysis of the Managed Aquifer Recharge System for Irrigation under Climate Change Conditions in Southern Spain,
- Saleem et al., (2021), A water evaluation and planning based framework for the long-term prediction of urban water demand and supply,
- Schéma d'aménagement et de gestion des eaux de l'allier aval (SAGE), 2017
- Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux de l'Allier aval (SAGE), 2017
- Soboll et al., 2011, Integrated regional modelling and scenario development to evaluate future water demand under global change conditions,
- Soubeyroux. (Octobre 2023), L'impact du changement climatique sur le cycle de l'eau à partir du nouveau portail DRIAS-Eau,*
- Su et al., 2018, Modeling the carbon-energy-water nexus in a rapidly urbanizing catchment: A general equilibrium assessment,
- Suarez et al., 2014, Integrated Water Resource Management and Energy Requirements for Water Supply in the Copiapó River Basin, Chile,
- Teodosiu et al., 2009, An overview of decision support systems for integrated water resources management,
- Udias et al., 2018, A decision support tool to enhance agricultural growth in the Mékrou river basin (West Africa,
- Walsh et al., 2016, Adaptation of water resource systems to an uncertain future,

Wang et al., 2019, Integrated water resources management and modeling: A case study of Bow river basin, Canada,

Worqlul et al., 2019, Water resource assessment, gaps, and constraints of vegetable production in Robit and Dangishta watersheds, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia,

Yu et al., 2014, development of an integrated computational tool to assess climate change impacts on water supply-demand and flood inundation,

Zhang et al., 2023, Improvement of Weap model considering regional and industrial water distribution priority and its application,

ANNEXES

Annexe 1 : Tableau comparatif des caractéristiques générales des logiciels analysés	vii
Annexe 2 : Tableau comparatif des caractéristiques générales des logiciels analysés	x
Annexe 3 : Tableau comparatif des caractéristiques générales des logiciels analysés	xiii
Annexe 4 : Tableau comparatif des caractéristiques générales des logiciels analysés	xvi

Annexe 1 : Tableau comparatif des caractéristiques générales des logiciels analysés

IDENTITE	Outils	STRATEAU	WEAP	MIKE HYDRO BASSIN
	Créateur	Energie de demain	Stockholm Environment Institute (SEI)	DHI (Danish Hydraulic Institute)
	Description	STRATEAU est un outil numérique et une plateforme destinée à aider les territoires à concevoir leur stratégie d'économie et de partage de l'eau. Il offre une évaluation prospective des prélèvements en eau en fonction de scénarios climatiques et d'hypothèses d'évolution du territoire, indépendamment des données factuelles de prélèvements.	WEAP est un logiciel semi-distribué qui offre un cadre détaillé, dynamique et convivial pour établir des bilans hydriques, générer des scénarios, planifier et analyser des politiques. Il peut être appliqué aux systèmes municipaux et agricoles, ainsi qu'à un seul bassin versant ou à un bassin transfrontalier complexe. Il simule le mouvement de l'eau à travers les composants du système biophysique et permet ensuite de comparer les options de stockage, d'allocation et de distribution de l'eau pour les besoins de consommation humaine et d'évaluer les impacts subséquents sur les écosystèmes aquatiques. Il intègre plusieurs modèles de calcul de la demande en eau incluant des variables économiques, technologiques et démographiques.	MIKE HYDRO est un modèle déterministe de réseaux (MIKE 2D) couplé à un modèle maillé 3D en souterrains (FEFLOW) dans lequel les rivières et leurs affluents principaux sont représentés par un réseau de branches et de nœuds. Il ne calcule pas la demande mais utilise des chroniques de prélèvements d'eau. Il traite de la répartition de l'eau entre les différents usages, de l'utilisation conjointe des ESU/ESO, de l'exploitation des réservoirs ou des problèmes de qualité de l'eau. Associé à ArcGIS, il permet de scénariser des crues de sécheresse avec 3 modalités de niveaux de ressource en eau. Il est largement utilisé pour analyser les questions de partage de l'eau pour fournir des solutions à l'échelle internationale, nationale ou locale des bassins hydrographiques.
CONFIGURATION	Intégration de fonctions SIG	+	Partielle (Interface graphique basée sur le copier-coller de SIG avec un modèle flexible d'affichage comme les cartes, les diagrammes et les tableaux)	Non (ARCGIS, ARCVIEW)

	Capacité d'interroger automatiquement des données existantes d'entrée via API	Partiel dans la version 1 et complet dans version 2	-	Partielle via Service bus mais besoins de beaucoup de données d'entrées à commencer par les chroniques de prélèvements et de systèmes 3D
	Accès à l'outil via internet (pas besoin de ressources de mémoire et calcul)	+	-	-
	Accès aux données sur droits et login	Oui pour les calculs agrégés	-	/
	Accès limité à certaines fonctionnalités selon profil utilisateur	+	-	2 à 3 niveaux grand public collectivités et Modélisateurs profils visualisation résultats scénarios
APPROCHES PRINCIPALES	Critères de décision	SU, SOC, QQ, EC	EC, SU, QQ, SOC	EC, SU, QQ, SOC
	Orientation outils	Descriptive	Descriptive /Prescriptive	Descriptive/ prescriptive
	Calcul de la demande en eau	+	+	+
ENTREES DES PARAMETRES	Echelle temporelle	Mois, jours	Mois, jours	Mois
	Echelle spatial	Communes, département, région, bassin versant, sous bassin versant	Communes, département, région, bassin versant, sous bassin versant	Communes, département, région, bassin versant, sous bassin versant
	Echelle par secteurs d'activités	Agricole, industriel, tertiaire, résidentiel, centrales électriques	Agricole, industriel, tertiaire, résidentiel, centrales électriques	Agricole, industriel, tertiaire, résidentiel, centrales électriques

	Données	Demande en eau (industrie, agriculture, énergie, résidentiel, tertiaire, transport, environnement), perte de réseau, climatique	Demande en eau (industrie, agriculture, énergie, résidentiel), Qualité de la ressource en eau, Qualité des eaux usées par des usines et eaux résiduaire, Climatique (précipitations, évapotranspiration, humidité, infiltration)	Demande en eau (industrie, agriculture, énergie, résidentiel), Qualité de la ressource en eau, Qualité des eaux usées par des usines et eaux résiduaire, Climatique (précipitations, évapotranspiration, humidité, infiltration)
MODELES	Modèle de calcul	Statistique	Sémi-distribué	Déterministe
	Sous modèles intégrés	/	QUAL2K, MODFLOW, MODPATH,	FEFLOW (simulation eau souterraine) Mike21 (pour les eaux de surface)
RESULTATS	Affichage	Tableau, graphique, diagrammes superposés sur carte. Sortie dynamique en fonction de certains paramètres modifiable (molette)	Graphiques, tableau et carte dynamique selon paramétrage scenario.	Graphiques, tableau et carte dynamique selon paramétrage scenario
	Finaliser de l'outil	Gestion prospective de l'eau par l'adaptation de la demande en eau face au changements climatiques	Evaluer, analyser, planifier et gérer la demande et l'approvisionnement en eau d'une zone d'intérêt,	Gestion de la ressource face aux enjeux du changement climatique, évaluation de la disponibilité demande/ressource

Annexe 2 : Tableau comparatif des caractéristiques générales des logistiques analysés

IDENTITE	Outils	RIBASIM	MOSDEW	HEAL
	Créateur	Delft Hydraulics aux Pays-Bas	Institute of Hydraulic Engineering, Germany	/
	Description	RIBASIM est un modèle réservoirs qui s'intéresse particulièrement à la description hydrologique et hydrographique des bassins fluviaux et relie les apports d'eau hydrologiques à différents endroits aux utilisateurs d'eau spécifiques dans le système d'approvisionnement. Il analyse et compare les demandes en eau actuelles et futures à différents horizons avec des indicateurs économiques. Il intègre un module de calcul pour la demande pour l'hydronergie et un calcul de l'ETR pour l'agriculture et les milieux aquatiques. Il est largement utilisé depuis 20 ans à l'échelle internationale	MODSEW est un modèle statistique composé d'une cascade de neuf sous-modèles (Weap, Modflow, Larsim, Qual 2k, moneris, Epic, Casimir, Acre) couvrant l'hydrologie à grande échelle, l'écoulement des eaux souterraines, la demande en eau, la production agricole, la pollution ponctuelle et diffuse et la qualité chimique et biologique de l'eau. Il est ajusté et testé pour la planification stratégique de la gestion des ressources en eau dans trois bassins fluviaux en Europe, en Asie centrale et en Afrique de l'Ouest.	HEAL est un modèle systémique en réseaux de nœuds utilisé pour analyser les questions de sécurité de l'eau, en donnant des indicateurs de l'impact socio-économique (valeur de l'eau et maturité économique), à l'échelle de bassin versant, associées aux décisions d'allocation. Il crée des scénarios en partant d'une demande de référence et en faisant variés les allocations entre usages mais ne calcule pas la demande en eau. Cependant modules la demande en eau de référence par des déterminants économiques.
CONFIGURATION	Intégration de fonctions SIG	+	Oui (via sous modèles Weap-Modflow)	+
	Capacité d'interroger automatiquement des données existantes d'entrée via API	Oui via un plugin python externe pour préparer la modélisation hydro	-	Oui Inputs/outputs

	Accès à l'outil via internet (pas besoin de ressources de mémoire et calcul)	-	-	Oui (Network-base models)
	Accès aux données sur droits et login	/	/	/
	Accès limité à certaines fonctionnalités selon profil utilisateur	Non pas de profil différencié	Non (Académique)	-
APPROCHES PRINCIPALES	Critères de décision	SU, SOC, QQ, EC	EC, SU, QQ, SOC, EQ	EC, SU, QQ, SOC
	Orientation outils	Prescriptive	Prescriptive	Prescriptive
	Calcul de la demande en eau	+	+	+
ENTREES DES PARAMETRES	Echelle temporelle	Mois,	Jours, saison, année (selon le module de calcul)	Mois, Année
	Echelle spatiale	Communes, département, région, bassin versant, sous bassin versant	Communes, bassin versant, sous bassin versant	Communes, bassin versant, sous bassin versant
	Echelle par secteurs d'activités	Agricole, industriel, tertiaire, résidentiel, centrales électriques	Agricole, industriel, tertiaire, résidentiel, centrales électriques	Agricole, industriel, tertiaire, résidentiel, centrales électriques
	Données	Demande en eau (industrie, agriculture, énergie, résidentiel), Qualité de la ressource en eau, Qualité des eaux usées par des usines et eaux	Demande en eau (industrie, agriculture, énergie, résidentiel), Qualité de la ressource en eau, Qualité des eaux usées par des usines et eaux résiduaire,	Demande en eau (industrie, agriculture, énergie, résidentiel),

		résiduaire, Climatique (précipitations, évapotranspiration, humidité, infiltration)	Climatique (précipitations, évapotranspiration, humidité, infiltration)	
MODELES	Modèle de calcul	Réservoirs	Statistique	Systémique
	Sous modèles intégrés	Hymos (Module hydrologique), delwaq (Qualité de l'eau)	MODFLOW (eau souterraine), ACRE (S secteur agroéconomique), SLISYS (ressources du sol et de la terre) Moneris (qualité de l'eau des eaux de surface), Weap, QUAL2K (qualité de l'eau), Casimir (morphologie des rivières économie écologie des eaux douces), EPIC (productivité des cultures)	Matrix économique
RESULTATS	Affichage	Tableau, graphique, diagrammes superposés sur carte. Sortie dynamique en fonction de certains paramètres modifiable (molette)	Graphiques, tableau et carte dynamique selon paramétrage scenario.	Courbe de production économique Cartes, diagrammes
	Finaliser de l'outil	Evaluation des options et du potentiel de développement des ressources en eau, questions relatives à la répartition de l'eau, évaluation des infrastructures et des mesures opérationnelles et de gestion de la demande	Evaluation des impacts du développement économique et démographique, des effets du climat mondial et des changements d'utilisation des sols sur la disponibilité et la qualité à long terme des masses d'eau	Soutenir la conception et l'évaluation des politiques d'allocation de l'eau.

Annexe 3 : Tableau comparatif des caractéristiques générales des logiciels analysés

IDENTITE	OUTILS	DANUBIA	BHIWA MODEL	AQUATOOL
	Créateur	/	Commission Internationale des Irrigations et du Drainage	/
	Description	DANUBIA est un modèles systémique multi-agents avec une approche orienté objets fondée sur les usages de l'eau (action model). Il intègre un module de génération de scénarios multisectoriels (éco, socio et environnement et pour trois usages farming, agricoles et industriel) avec une base SIG qui permet de moduler le climat et des scénarios de développement territorial. Il ne simule ni la demande ni la ressource mais module des règles et des hiérarchisations d'utilisation de la ressource pour les différents usages sur base de données de référence. Son objectif principal est de fournir une approche intégrée pour décrire, modéliser et prévoir les processus physiques, sociaux, économiques et politiques liés au cycle hydrologique, en particulier en ce qui concerne le changement	BHIWA est un modèle réservoirs de la ressource qui analyse l'impacts du changement climatique et du changement d'usage des sols sur la ressource et finalement qui optimise l'allocation de l'eau entre usages agricoles industriels et environnemental. Il calcul la demande en eau à travers de l'ETR. Il aborde spécifiquement les futurs scénarios de l'eau pour le développement alimentaire et rural à l'échelle du bassin versant par une approche stochastique qui permet de calculer des indicateurs de risques. Il intègre un modèle systémique pour indiquer la sécurité alimentaire. Il a été utilisé à l'échelle de bassins. Il fournit l'état actuel de la disponibilité et de l'utilisation de l'eau en décrivant l'interaction entre les systèmes d'eau de surface et d'eau souterraine. Son but est d'analyser les impacts de l'utilisation	AQUATOOL est un modèle hydrologique systémique développé pour les bassins fluviaux complexes contenant des éléments de surface et souterrains pour le stockage et la régulation de l'eau, le transport, la prise d'eau, la consommation et la recharge artificielle. Il permet la simulation et la comparaison de politiques et de données hydrologiques. De plus, il offre une possibilité d'évaluer les risques. Il permet de simuler des variations de demande en eau sur la base de données existantes

		global à l'échelle du bassin hydrographique, afin de répondre aux exigences de la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE)	des terres et du changement climatique sur les ressources en eau	
CONFIGURATION	Intégration de fonctions SIG	+	Non (Indicateurs globaux)	Non ArcGIS
	Capacité d'interroger automatiquement des données existantes d'entrée via API	+	-	-
	Accès à l'outil via internet (pas besoin de ressources de mémoire et calcul)	Oui Web based graphical user interface (GUI)	Non (Académique)	-
	Accès aux données sur droits et login	/	/	/
	Accès limité à certaines fonctionnalités selon profil utilisateur	/	Non (Académique)	-
APPROCHES	Critères de décision	SU, SOC, QQ, EC	SU, QQ, SOC,	EC, SU, QQ,
	Orientation outils	Prescriptive	Prescriptive	Descriptive

PRINCIPAL ES	Calcul de la demande en eau	+	+	+
ENTREES DES PARAMETRES	Echelle temporelle	Mois,	Mois	Mois,
	Echelle spatial	Commune, cours d'eau, aquifères, bassin versant	Bassin versant, sous bassin versant	Bassin versant, sous bassin versant
	Echelle par secteurs d'activités	Agricole, industriel, tertiaire, résidentiel, centrales électriques	Agricole, industriel, tertiaire, résidentiel, centrales électriques	Agricole, industriel, tertiaire, résidentiel, centrales électriques
	Données	Informations sur l'approvisionnement, informations sur l'extraction, prix de l'eau, coûts de l'approvisionnement en eau	/	Données hydrologiques et hydrogéologiques
MODELES	Modèle de calcul	Systémique	Réservoirs stochastique	Systémique
	Sous modèles intégrés	Acteurs model (watersupply, household et tourism), Mulino Dss (modèle systémique géolocalisée)	Couplé au modèle systémique Vensim pour Food security et Popuim (ETR model)	SIMRISK (Pour l'évaluation des risques), SIMGES (Pour la modélisation des eau souterraine), OPTIGES (pour l'optimisation)
RESULTATS	Affichage	Tableau, graphique, diagrammes superposés sur carte. Sortie dynamique en fonction de certains paramètres modifiable (molette)	Tableau, graphique, diagrammes superposés sur carte	Courbe, diagramme demande/ressource
	Finaliser de l'outil	Développer et à évaluer des stratégies d'adaptation intégrées et durables pour différents secteurs de l'activité humaine Aider les décideurs politiques dans l'estimation initiale des conséquences des décisions stratégiques (d'investissement)	Analyser les impacts de l'utilisation des terres et du changement climatique sur les ressources en eau	Gestion conjointe des ressources en eau, gestion recharge Contrôle de nappe

Annexe 4 : Tableau comparatif des caractéristiques générales des logiciels analysés

IDENTITE	OUTILS	BRIM	SEWEM
	Créateur	Department of Civil and Environmental Engineering University of Alberta	International Food Policy Research Institute, Environment & Production Technology Division, 2033 Street NW Washington DC 20006, USA
	Description	BRIM est un modèle mathématique basé sur la dynamique du système qui peut quantifier et communiquer les effets des stratégies de gestion de l'eau à l'échelle annuelle du bassin. Il simule les demandes sectorielles en eau, alloue l'approvisionnement en eau pour satisfaire les demandes et génère finalement la consommation d'eau et les flux de sortie. En outre, Il ne simule pas la ressource en eau. Et sur la base du bilan hydrique, Il simule des résultats socio-économiques et environnementaux dont un indicateur de sustainability pour trois scénarios (haut, bas, référence de demande en eau calculés sur la base de courbe de prix) à l'échelle du bassin.	SEWEM est un modèle systémique sur base hydro-économiques à l'échelle du bassin jusqu'à l'échelle de plusieurs nations (Chili, Asie Centrale), qui simule les relations entre réservoirs d'eau, énergie et production alimentaire. Il permet d'évaluer le rapport optimal entre l'extraction des eaux de surface et des eaux souterraines par le biais du pompage pour les usages agricoles, industrielles et municipaux, tout en prenant en compte les demandes d'énergie pour ces extractions et l'approvisionnement en eau. Il restitue des bilans coût et consommation d'eau d'énergie de scénarios prédéfinis. Part de données ou d'hypothèses pour la ressource, mais calcule la demande sous forme de perte d'évaporation. Il teste l'importance de la prise en compte de la dépense énergétique dans la stratégie de gestion de l'eau en actionnant un module d'optimisation énergétique.

CONFIGURATION	Intégration de fonctions SIG	-	-
	Capacité d'interroger automatiquement des données existantes d'entrée via API	-	/
	Accès à l'outil via internet (pas besoin de ressources de mémoire et calcul)	Non (utilise un logiciel MODSYST)	-
	Accès aux données sur droits et login	/	/
	Accès limité à certaines fonctionnalités selon profil utilisateur	/	-
APPROCHES PRINCIPALES	Critères de décision	SU, SOC, QQ, EC, EQ	SU, QQ, EC,
	Orientation outils	Prescriptive	Descriptive
	Calcul de la demande en eau	+	+
ENTREES DES	Echelle temporelle	Année	Mois
	Echelle spatial	Bassin versant, sous bassin versant	Cours d'eau, aquifères

PARAMETRES	Echelle par secteurs d'activités	Agricole, industriel, tertiaire, résidentiel, centrales électriques	Agricole, industriel, tertiaire, résidentiel, centrales électriques
	Données	Démographiques, secteurs d'activité, climatique	/
MODELES	Modèle de calcul	Mathématique	Systémique
	Sous modèles intégrés	/	/
RESULTATS	Affichage	Courbe demande/prix	Courbe bénéfice /Coût
	Finaliser de l'outil	Gestion de la ressource en eau, gestion de la sécheresse, évaluation et l'élaboration de la politique de l'eau	Gestion de l'eau dans la zone de la Mer d'Aral, Asie centrale, Trois nation