

Juillet 2024

RAPPORT PHASE 1 ET 2

*PRESENTATION DES UNITES DE GESTION ET POINTS
NODAUX ET CARACTERISATION DU FONCTIONNEMENT
HYDROLOGIQUE DES UGS*



SDDEA



eaucea

72 rue Riquet

31000 TOULOUSE

Tel. 05 61 62 50 68

eaucea@eaucea.fr

WWW.EAUCEA.FR

TABLE DES MATIERES

1	OBJECTIFS DE LA PHASE	3
2	PRESENTATION DES UNITES DE GESTION ET POINTS NODAUX DU TERRITOIRE.....	4
	2.1 PERIMETRE DE L'ETUDE ET UNITE DE GESTION	4
	2.2 LES POINTS NODAUX SELECTIONNEES DANS LES PHASES PRECEDENTES DU SAGE.....	6
	2.3 PROBLEMATIQUES LIEES AUX FONCTIONNEMENTS HYDROGEOLOGIQUES HETEROGENES ENTRE LA RIVE DROITE ET GAUCHE DE LA SEINE	8
	2.4 PROBLEMATIQUES LIEES A L'(ABSENCE) DE METROLOGIE	9
3	CARACTERISATION DU FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE DES UNITES DE GESTIONS.....	11
	3.1 DESCRIPTION DE LA RESSOURCE EN EAU SUPERFICIELLE	11
	3.1.1 <i>L'hydrologie actualisée en 2024.....</i>	11
	3.1.2 <i>Historique des phénomènes de sécheresse</i>	27
	3.1.3 <i>Les modélisations pluies débits : Une approche pour les bassins non jaugés ?.....</i>	30
	3.2 DESCRIPTION DE LA RESSOURCE EN EAU SOUTERRAINE.....	39
	3.2.1 <i>Contexte hydrogéologique</i>	39
	3.2.2 <i>Les calcaires Eocène de la nappe de Champigny.....</i>	44
	3.2.3 <i>Le Crétacé de la nappe de la Craie</i>	54
	3.2.4 <i>Conclusions.....</i>	65
4	CARACTERISATION PRELIMINAIRE DES PRINCIPAUX PRELEVEMENTS SUR LE TERRITOIRE DU SAGE	67
	4.1 BILAN GENERAL DES PRELEVEMENTS D'APRES LES DONNEES BNPE	67
	4.1.1 <i>Cartographie des prélèvements</i>	67
	4.1.2 <i>Bilan par usage.....</i>	69
	4.1.3 <i>Bilan par UGs et par usage.....</i>	72
	4.2 L'IRRIGATION COMME UN DES PRELEVEURS PRINCIPAUX : MODELISATION DES BESOINS AGRICOLES	74
	4.2.1 <i>Données disponibles et objectifs de la modélisation</i>	74
	4.2.2 <i>Les volumes prélevés : données de l'Agence de l'Eau Seine Normandie.....</i>	74
	4.2.3 <i>Principe du modèle Irrid</i>	75
	4.2.4 <i>Les hypothèses d'entrées.....</i>	78
	4.2.5 <i>La modélisation des besoins d'irrigation</i>	83
	4.2.6 <i>Conclusion</i>	87
5	ANNEXES.....	88
	5.1 ANALYSE HYDROLOGIQUE ACTUALISEE DES STATIONS DE LA SEINE	88
	5.1.1 <i>La Seine à Pont-sur-Seine</i>	88
	5.1.2 <i>La Seine à Bazoches-lès-Bray.....</i>	93
	5.2 FICHE DETAILLEE DES OUVRAGES PIEZOMETRIQUES	96
	5.2.1 <i>Ouvrages de la nappe de Champigny.....</i>	96
	5.2.2 <i>Ouvrages de la nappe de la Craie.....</i>	99

5.3	DEBITS D'IRRIGATION SIMULES PAR SOUS BASSINS.....	102
5.4	COMPARAISON DES DONNEES AGENCE DE L'EAU ET DE LA SIMULATION DES BESOINS D'IRRIGATION SUR LE PERIMETRE DU SAGE DE LA BASSEE VOULZIE.....	106
5.5	MESURES DE GESTION DES USAGES AGRICOLES	109

1 OBJECTIFS DE LA PHASE

Ce rapport synthétise les travaux effectués en phase 1 et 2 de l'étude de définition des volumes prélevables et des débits objectifs d'étiage sur le périmètre du SAGE Bassée Voulzie :

- Phase 1 : Unités de gestion et points nodaux.
- Phase 2 : Caractérisation des sous-bassins et aquifères et recueil des données complémentaires.

Ces deux phases consistent à la présentation du contexte géographique et hydrologique du territoire du SAGE, à l'exception des unités de gestion de la Seine (Seine amont et Seine aval) qui ont été exclus de cette étude volumes prélevables.

Il a été ainsi réalisé :

- La récupération et la mobilisation des bases de données disponibles sur le secteur du SAGE Bassée-Voulzie ; On note qu'à ce stade, les données d'usages (agriculture et aep notamment) n'ont pas encore été reçus. Une analyse préliminaire sur la base des données de redevance de l'Agence Seine Normandie a été conduite.
- L'analyse les données collectées et l'identification des éventuels manques ;
- L'analyse les relations entre les ressources superficielles et souterraines ;
- La caractérisation des ressources présentes, qu'elles soient superficielles ou souterraines.

Une mise à jour de la caractérisation du fonctionnement hydrologique des UGs du SAGE est réalisée. Des modélisations de type pluie-débit ont été calées sur les bassins disposants de métrologies, notamment afin de vérifier la possibilité d'utiliser une telle approche pour estimer les ressources sur les bassins non jaugés.

Une mise à jour identique est réalisée sur le compartiment souterrain. Une analyse statistique de la tendance piézométrique sur les points nodaux, ainsi que des cyclicités pluriannuelles et des statistiques de niveaux sont réalisés.

Enfin, un bilan préliminaire des prélèvements à l'échelle du périmètre du SAGE est réalisé. Ce bilan sera mis à jour à la réception des données plus précises sur les prélèvements des chambres d'agriculture, ddt et acteurs AEP. Une modélisation plus spécifique du volet irrigation est également réalisée.

2 PRESENTATION DES UNITES DE GESTION ET POINTS NODAUX DU TERRITOIRE

2.1 Périmètre de l'étude et unité de gestion

Le découpage du territoire du SAGE a été réalisé sur la base d'une analyse multicritères dans les phases précédentes du SAGE. Les critères utilisés sont les suivants :

- Le critère hydrologique (découpage sur la base des bassins versants hydrologiques) ;
- Le critère hydrogéologique (découpage sur la base des caractéristiques et des limites des entités aquifères présentes) ;
- Les usages (correspondance entre les découpages défini sur les critères précédents et la localisation des points de prélèvements d'eau superficielle et souterraine, mais aussi des transferts d'eau via les canaux et aqueducs) ;
- Le critère écologique (correspondance entre le découpage défini sur les critères précédents et la localisation des corridors écologiques et réservoirs de biodiversité) ;
- La métrologie (concordance du découpage avec les stations de mesures hydrologiques et hydrogéologiques).

Cette étude de définition des volumes prélevables concernent l'ensemble des UGs à l'exception des deux UGs Seine aval et Amont.

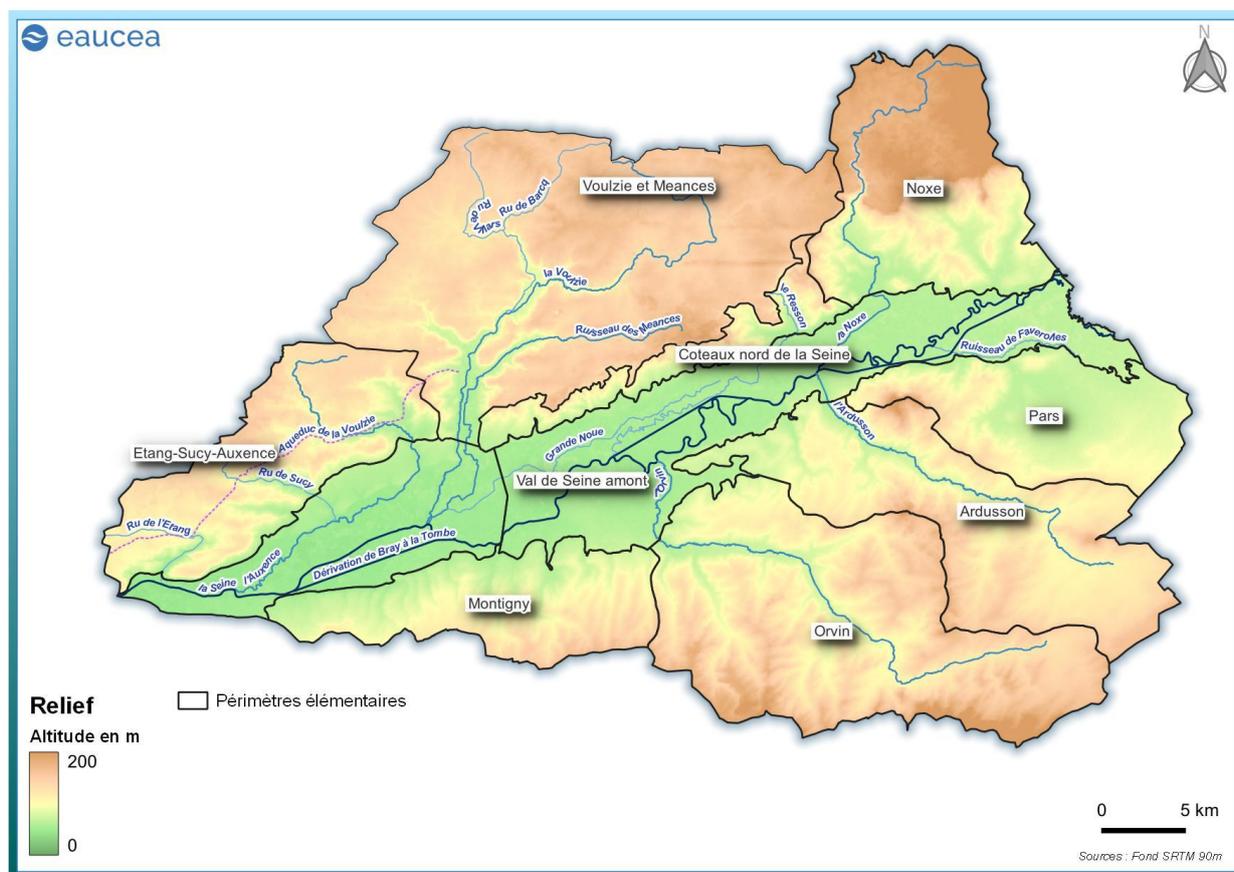


Figure 1 : Découpage final des unités de gestions (UG) sur le périmètre du SAGE sur fond topographique (IGN)

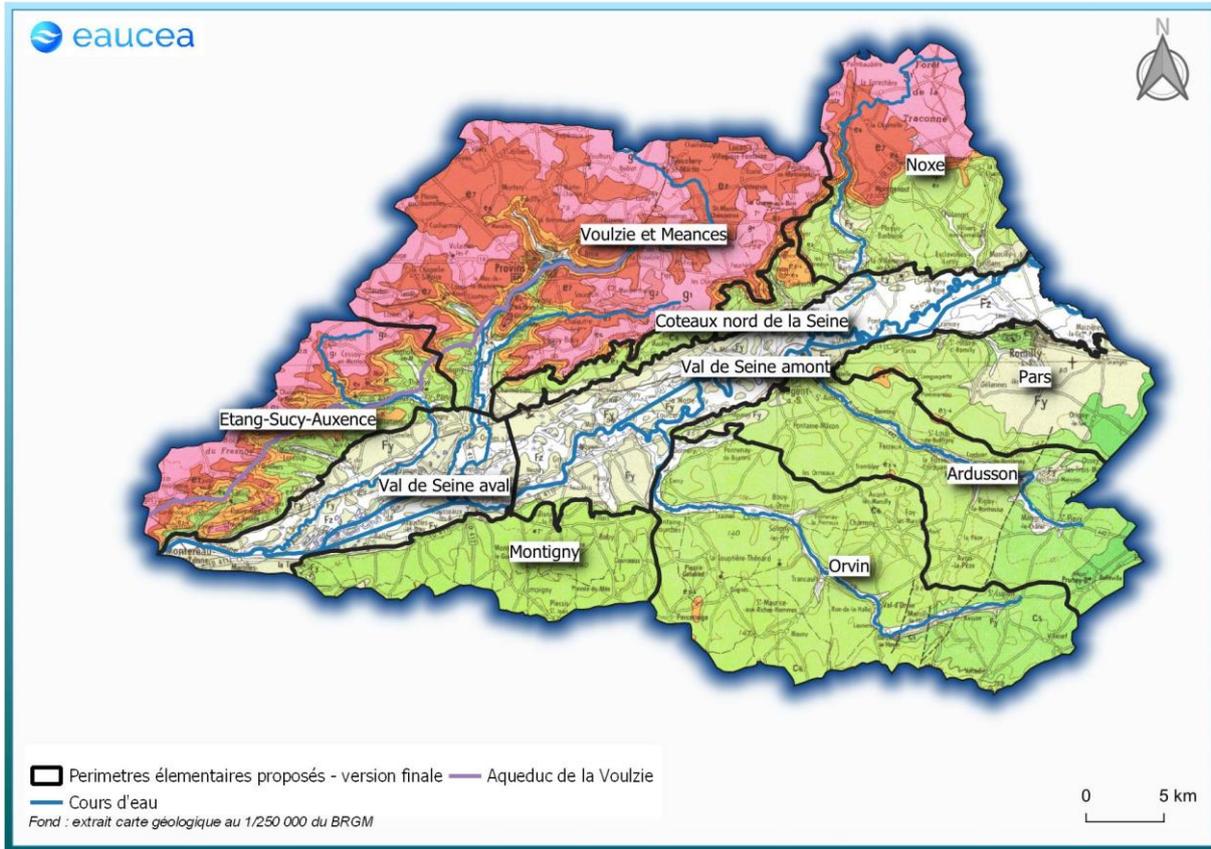


Figure 2 : Découpage final sur fond géologique

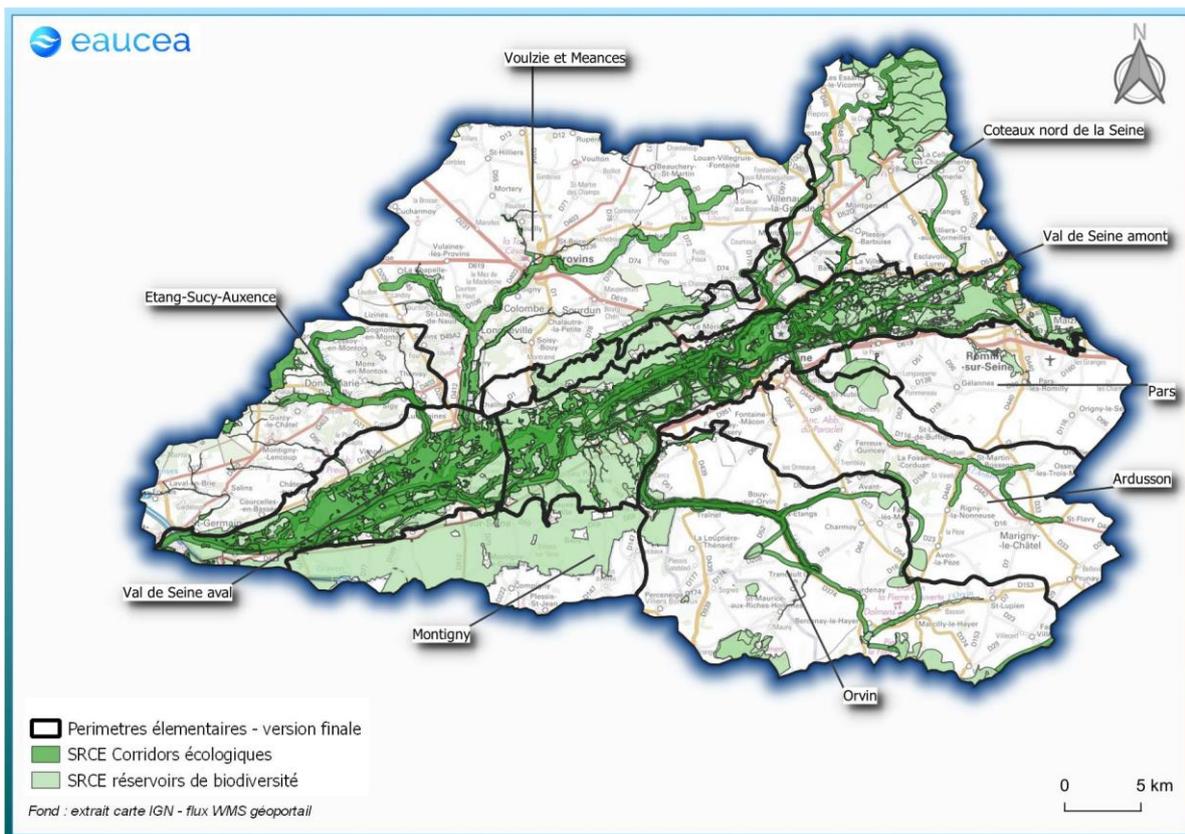


Figure 3 : Découpage final et corridors écologiques

2.2 Les points nodaux sélectionnés dans les phases précédentes du SAGE

Les points nodaux correspondent à des points de référence nécessaires à la caractérisation des sous-bassins. En effet, la gestion quantitative nécessite de pouvoir « quantifier » c'est-à-dire chiffrer de nombreux paramètres. Elle est donc basée sur la définition de points de référence disposant de chroniques de mesure. Il peut s'agir de stations hydrométriques comme de piézomètres.

Les points nodaux servent ainsi à de nombreux usages (Figure 4) et permettent littéralement de « détricoter » les signaux hydrologiques et hydrogéologiques permettant ainsi de comprendre les différents phénomènes régissant les écoulements souterrains et de surface.

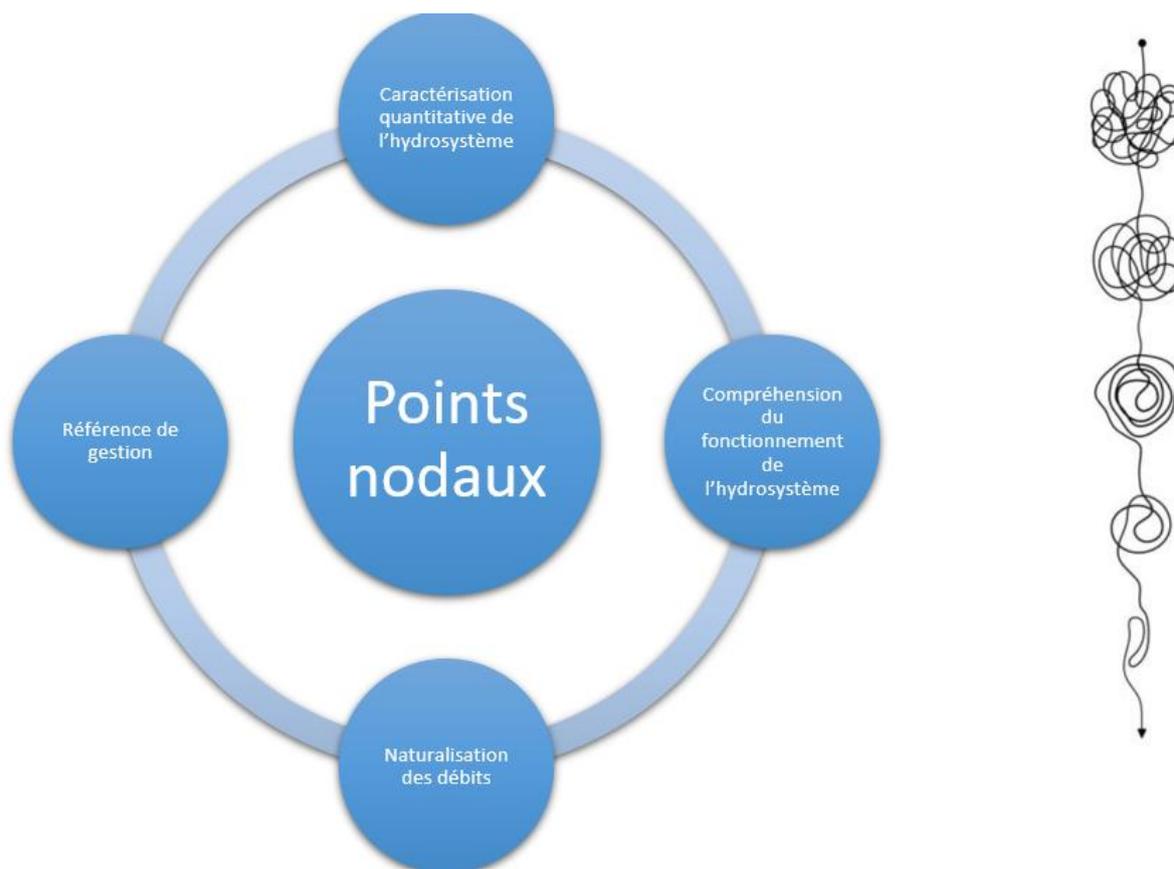


Figure 4 : L'utilité des points nodaux

Les points nodaux ont été sélectionnés à partir :

- De l'inventaire et de l'analyse des stations hydrométriques existantes gérées par la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Champagne-Ardenne et la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie (DRIEE) Ile de France ;
- Des stations installées par les Voies Navigables de France (VNF) dans le cadre du projet de mise à grand gabarit du tronçon fluvial Bray-Nogent. A ce stade, les données de ses stations ne sont pas disponibles ;
- Des données piézométriques du réseau ADES (Accès aux Données sur les Eaux Souterraines) du BRGM (Bureau des Recherches Géologiques et Minières).

Ainsi, les points nodaux hydrologiques et hydrogéologiques retenus en COPIL du 17 juin 2020 correspondent à (Figure 5) :

- 6 stations hydrologiques dont 4 existantes et opérationnelles et 2 à pérenniser :
 - La Seine à Pont-sur-Seine (station n° H1700010). Cette station est gérée par la DREAL Champagne-Ardenne et dispose de mesures de débits depuis 1979. Elle correspondrait au point nodal de l'entité Val de Seine amont ;
 - La Seine à Bazoches-les-Bray (station n° H1940020). Cette station est gérée par la DRIEE Ile de France et dispose de mesures de débits depuis 2004. Elle correspondrait au point nodal de l'entité Val de Seine aval ;
 - L'Ardusson à Saint-Aubin (station n° H1713010). Cette station est gérée par la DREAL Champagne-Ardenne et dispose de mesures de débits depuis 1970. Elle correspondrait au point nodal de l'entité Ardusson ;
 - La Voulzie à Jutigny (station n° H1932020). Cette station est gérée par la DRIEE Ile de France et dispose de mesures de débits depuis 1974. Elle correspondrait au point nodal de l'entité Voulzie-Méances. A noter que cette station ne prend en compte que les débits de la Voulzie, la Méances passe en effet à proximité immédiate mais a été canalisée par le passé pour limiter le risque de crue.
 - Deux stations VNF sont actuellement en service et situées en aval des entités de l'Orvin (station Orvin) et de la Noxe (station du canal de Courtavant, la Noxe devenant canal au niveau de Courtavant). Ces stations ne sont aujourd'hui pas disponibles.

- 7 piézomètres, tous existants et opérationnels géré par le BRGM :
 - Le piézomètre 02225X0016/S1 (BSS000RTKT), disposant de données depuis 1971 et représentatif de la masse d'eau du Tertiaire – Champigny en Brie et Soissonnais pour l'entité Voulzie et Méances ;
 - Le piézomètre 02606X0112/G5 (BSS000UFPT), disposant de données depuis 1971 et représentatif des entités du Val de Seine amont et aval ;
 - Le piézomètre 02603X1064/P (BSS000UEWA), disposant de données depuis 1969 et représentatif de l'entité Coteaux nord de la Seine ;
 - Le piézomètre 02615X0020/S1 (BSS000UHZE), disposant de données depuis 1969 et représentatif des entités Pars et Ardusson ;
 - Le piézomètre 02972X0062/P (BSS000WJYJ), disposant de données depuis 2012 et représentatif des entités Ardusson et Orvin ;
 - Le piézomètre 02962X1004/F (BSS000WHWN), disposant de données depuis 2005 et représentatif des entités Orvin et Montigny ;
 - Le piézomètre 02961X1003/S1 (BSS000WHWN), disposant de données depuis 1965 et représentatif de l'entité Montigny.

A noter que tous les sous-bassins sont ainsi couverts par au moins un point nodal hydrologique ou hydrogéologique excepté le sous-bassin Etang-Sucy-Auxence.

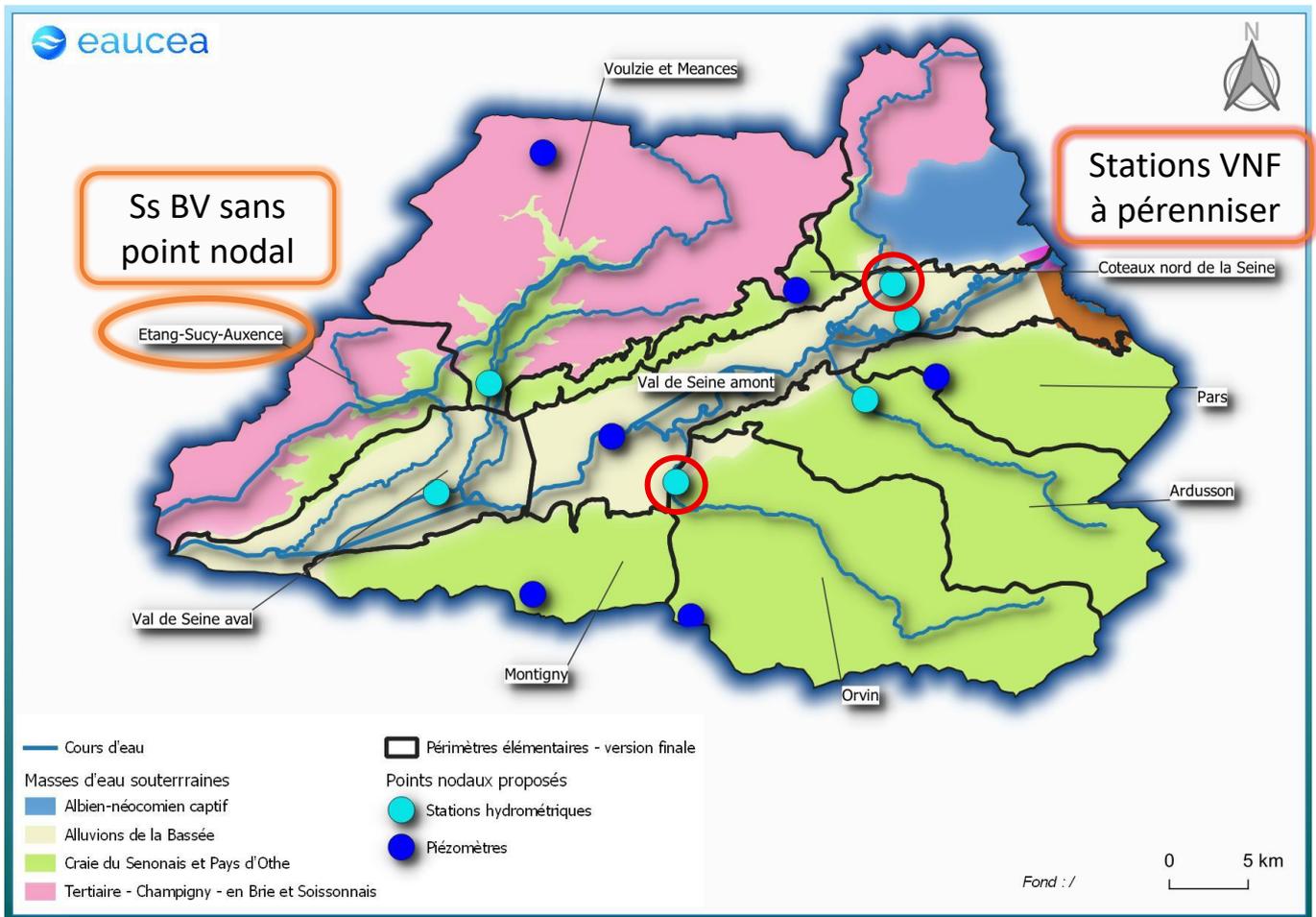


Figure 5 : Points nodaux retenus

2.3 Problématiques liées aux fonctionnements hydrogéologiques hétérogènes entre la rive droite et gauche de la Seine

Sur le périmètre du SAGE, l'hydrogéologie est déterminante dans le stockage et la circulation des eaux souterraines, principale ressource disponible hors de l'axe Seine. Néanmoins les interactions avec les eaux superficielles sont essentielles. Les zones de débordement des nappes de la craie et de l'Eocène supérieur alimentent des sources dont certaines sont exploitées (exemple de la Voulzie et de ses affluents). Les petits cours d'eau comme l'Orvin, l'Ardusson et le Pars drainent ces nappes et sont très sensibles aux variations des niveaux piézométriques.

Si l'on excepte la plaine de la Bassée, plaine alluviale de la Seine, deux compartiments au comportement distinct existent :

- Au nord, **les calcaires de l'Eocène supérieur de la nappe de Champigny**. Il s'agit de calcaires d'origine lacustre présentant des circulations karstiques (prédominance des écoulements des eaux souterraines par chenaux et conduits de grandes dimensions). Le réservoir des calcaires de l'Eocène a une extension majoritairement au-delà des limites du SAGE.
- Au sud, **les calcaires de la nappe de la Craie** (masse d'eau de la Craie du Senonais et Pays d'Othe). Cette aquifère crétacé s'étend de la vallée de l'Aisne, au Nord, à celle de l'Aube, au

sud. Il plonge au niveau du périmètre du SAGE sous la nappe de Champigny, et devient alors très peu productif.

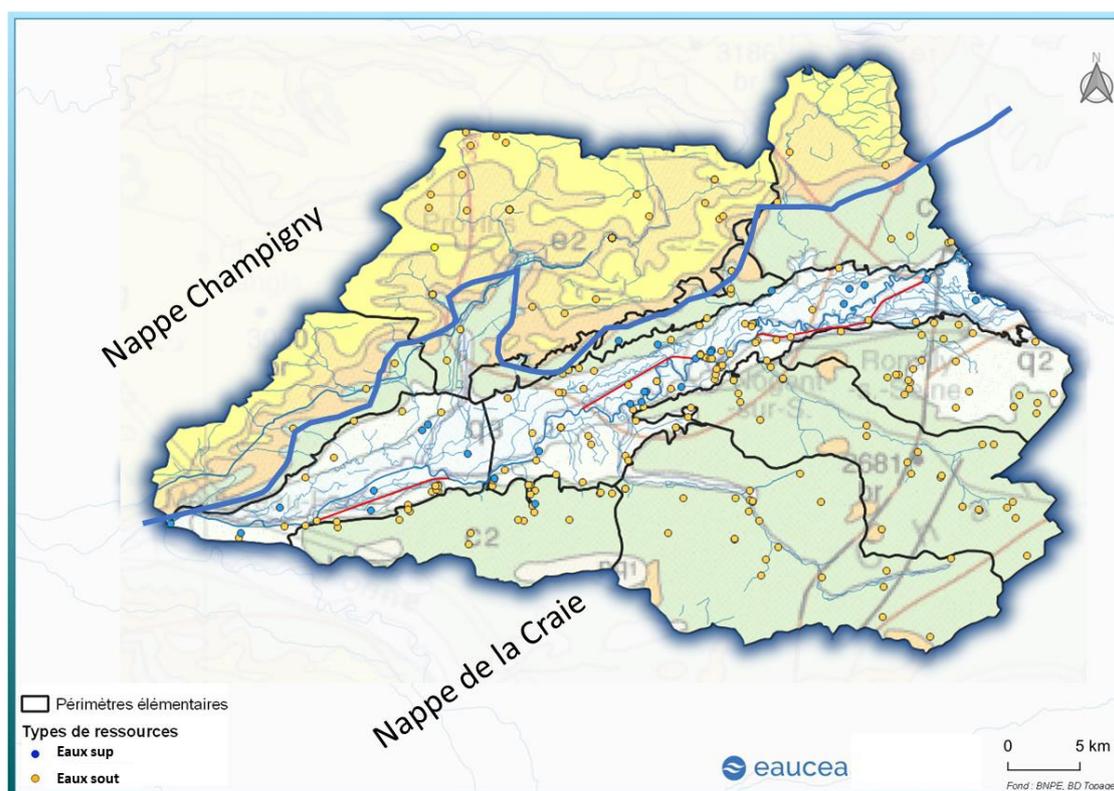


Figure 6 : Délimitation entre la nappe de Champigny et la nappe de la Craie sur le périmètre du SAGE

Un des points importants est donc **la dimension régionale** des unités hydrogéologiques présentes sur le SAGE, dont l'extension sur le périmètre du SAGE ne représente qu'une part infime. Le **fonctionnement hydrologique de ces deux unités n'est donc pas indépendant de cause et d'effets en dehors des limites du SAGE.**

2.4 Problématiques liées à l'(absence) de métrologie

On note que l'ensemble des sous-bassins n'est pas couvert par une métrologie de qualité identique (Figure 7). En ce qui concerne les stations hydrologiques, seulement deux sont disponibles (UGs Voulzie Méances et Ardusson). Les données VNF ne sont aujourd'hui pas disponible.

Le manque de jaugeage entraîne une difficulté majeure dans la définition des volumes prélevables, et des stratégies d'évaluation de la ressource en eau disponible devront être recherchée dans les phases suivantes. **On note d'ores et déjà que la composante hydrogéologique prépondérante sur le territoire ne permet pas de bénéficier de façon fiable d'estimation par régionalisation des débits ou par modélisation de type pluie-débit.**

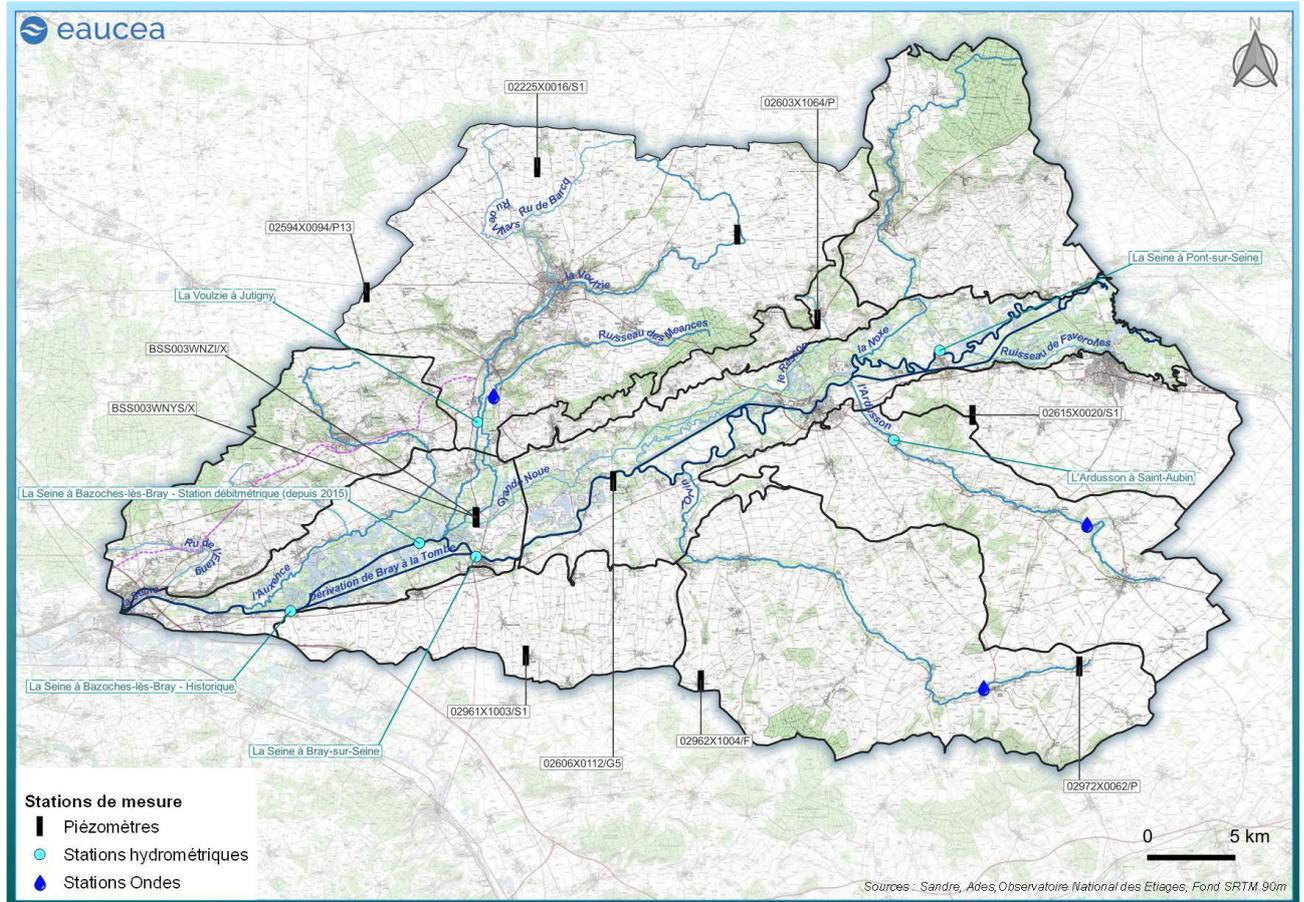


Figure 7 : Cartographie des points de mesures disponibles sur le périmètre du SAGE.

3 CARACTERISATION DU FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE DES UNITES DE GESTIONS

3.1 Description de la ressource en eau superficielle

3.1.1 L'hydrologie actualisée en 2024

Ce chapitre actualise les données produites dans le cadre de l'étude sur « l'inventaire des ressources disponibles et caractérisation des sous-bassins » réalisé par Eaucéa en avril 2021.

3.1.1.1 Débits mesurés

Une analyse statistique des débits mesurés pour chacune des stations dont les données sont disponibles sur hydroportail est réalisée en suivant. Il s'agit s'une analyse descriptive des débits mesurés avec une approche statistique permise par plusieurs années d'observations et actualisées à la date du 1^{er} mai 2024.

Sur le périmètre du SAGE, seules 4 stations hydrométriques avec des mesures de débits sont présentes avec des données disponibles (cf. figure 8) :

- 2 stations sur la Seine ;
- Une station sur l'Ardusson ;
- Une station sur la Voulzie.

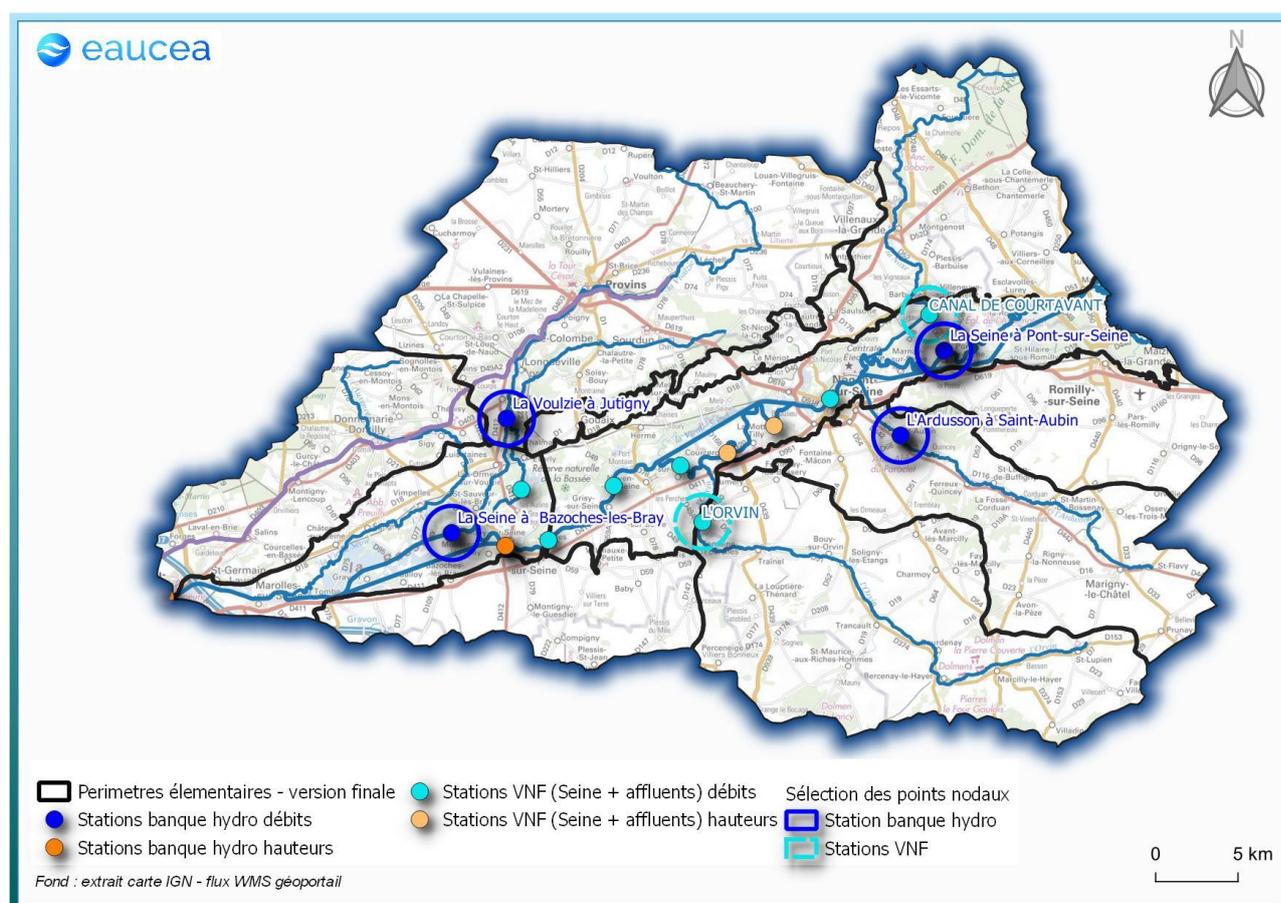


Figure 8 : Réseau hydrographique et stations de mesure des débits

3.1.1.2 Les indicateurs d'étiages

Les événements historiques d'étiage et de manière générale la caractérisation des étiages, diffèrent grandement de l'analyse des crues :

- Les crues sont des événements extrêmes brefs et de courte durée s'étalant sur une période allant de quelques heures pour les bassins versants les plus réactifs, jusqu'à plusieurs jours pour les bassins versants les plus lents ;
- Les étiages sont quant à eux des événements assez lents comparés aux crues. Un événement d'étiage dans le temps dure en général plusieurs mois.

La dynamique temporelle des étiages incite à choisir un indicateur représentatif par rapport à leurs durées. Dans les analyses hydrologiques plusieurs indicateurs annuels sont utilisés fréquemment :

- Le VCN3 : minimum annuel des moyennes glissantes sur 3 jours consécutifs du débit moyen journalier ;
- Le VCN10 : minimum annuel des moyennes glissantes sur 10 jours consécutifs du débit moyen journalier ;
- Le VCN30 : minimum annuel des moyennes glissantes sur 30 jours consécutifs du débit moyen journalier ;
- Le QMNA : minimum annuel du débit moyen mensuel calendaire (débit moyen de chaque mois, allant de janvier à décembre).

La période d'étiage étant centrée sur l'été, il est pratique et possible de réaliser ces analyses annuelles en considérant l'année calendaire à partir du 1^{er} janvier jusqu'au 31 décembre.

Par construction, la relation entre ces indicateurs pour une même année est la suivante :

$$VCN3 < VCN10 < VCN30 < QMNA$$

Dans le cadre de l'analyse menée dans cette étude, les indicateurs pertinents sont ceux qui réagissent de manière cohérente avec les modes de gestion des usages de l'eau et de la ressource en eau pour la période de l'étiage. Le VCN3 est ainsi un indicateur trop « versatile » pour être contrôlable par des actions de gestion de l'eau alors que le VCN10, le VCN30 ou QMNA paraissent plus pertinents.

Les valeurs statistiques de chaque indicateur d'étiage sont calculées sur la base d'une chronique de valeurs annuelles sur plusieurs décennies. Par exemple le QMNA5 est calculé comme la probabilité d'occurrence du QMNA annuel de 0,2 (c'est-à-dire 1 année sur 5) sur une chronique pluri-décennale. Cette probabilité est calculée par un ajustement statistique avec la loi de Galton (méthode des moments).

Sur le bassin Seine-Normandie, différentes actions de gestion reposent sur ces indicateurs :

- VCN3 de périodes de retours de 2 ans, 5 ans et 10 ans. Ces valeurs sont utilisées pour définir les seuils de vigilance, d'alerte et de crise pour l'arrêté cadre sécheresse (établi en 2015 sur le bassin de la Seine-Normandie) ;
- QMNA5 (QMNA de période de retour 5 ans). Sur certains cours d'eau soumis à des débits minimum biologiques, l'indicateur QMNA5 pour les débits naturels reconstitués est une valeur de référence. Dans le cadre du SDAGE de l'Agence de l'eau Seine-Normandie, la valeur de QMNA5 est aussi utilisée pour évaluer l'état des masses d'eau en particulier les pressions anthropiques liées aux prélèvements (le rapport en débit de prélèvement et QMNA5 est alors pris en compte). Le QMNA5 est aussi utilisé par les services de la Police de l'Eau dans le cadre

du traitement des dossiers de rejets et de prélèvement des eaux superficielles ou dans les nappes d'accompagnement.

3.1.1.3 La Seine

Les unités de gestion concernant la Seine (Val de Seine Amont et Val de Seine Aval) ne sont pas concernées par la définition de volumes prélevables pour cette étude. L'hydrologie de la Seine n'est donc pas spécifiquement abordée dans cette partie, bien qu'une actualisation des données et analyse est proposée en ANNEXE 5.1.

On note que l'hydrologie actuelle du système Seine est fortement influencée par la gestion des lacs réservoirs (Figure 9), entraînant une lecture différente de l'hydrologie de ces affluents présents sur le territoire du SAGE.

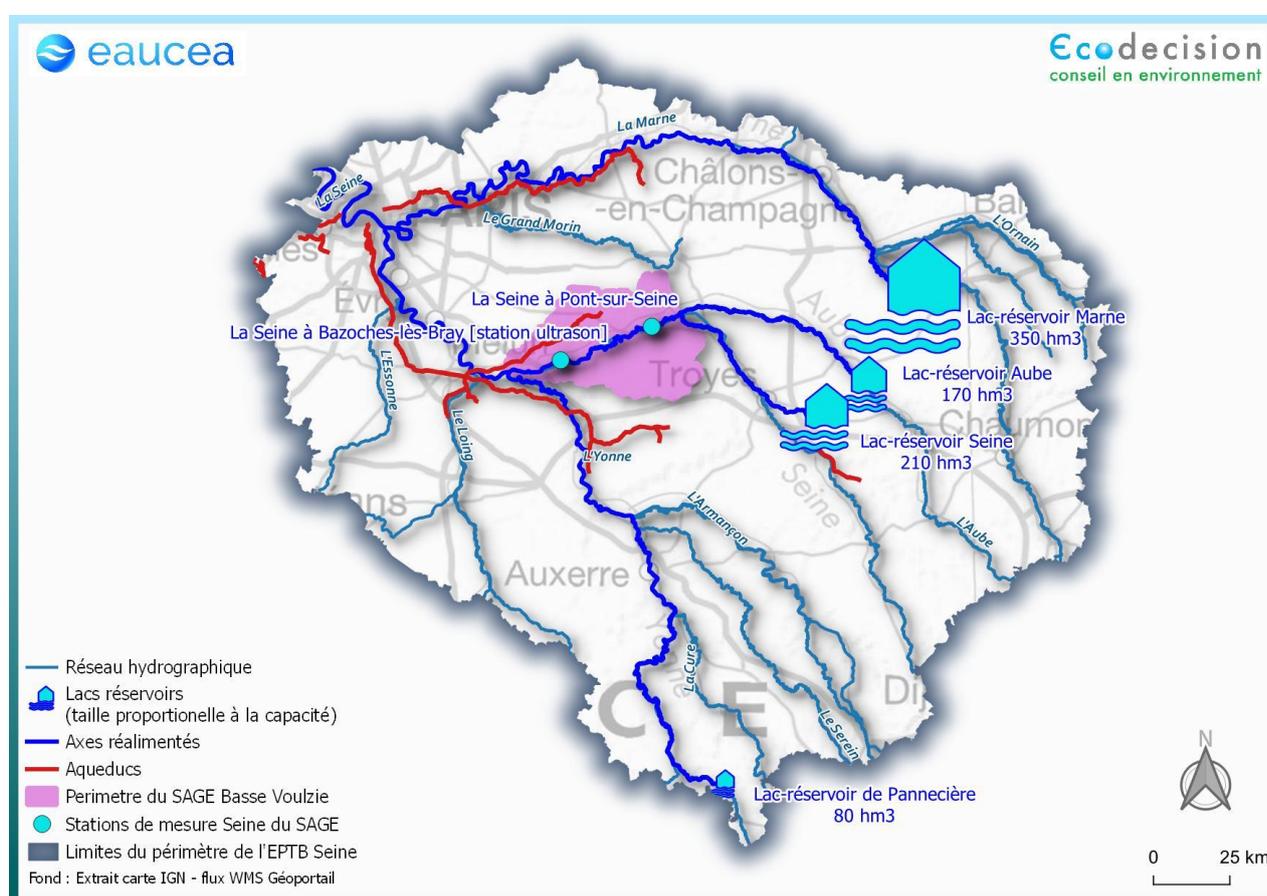
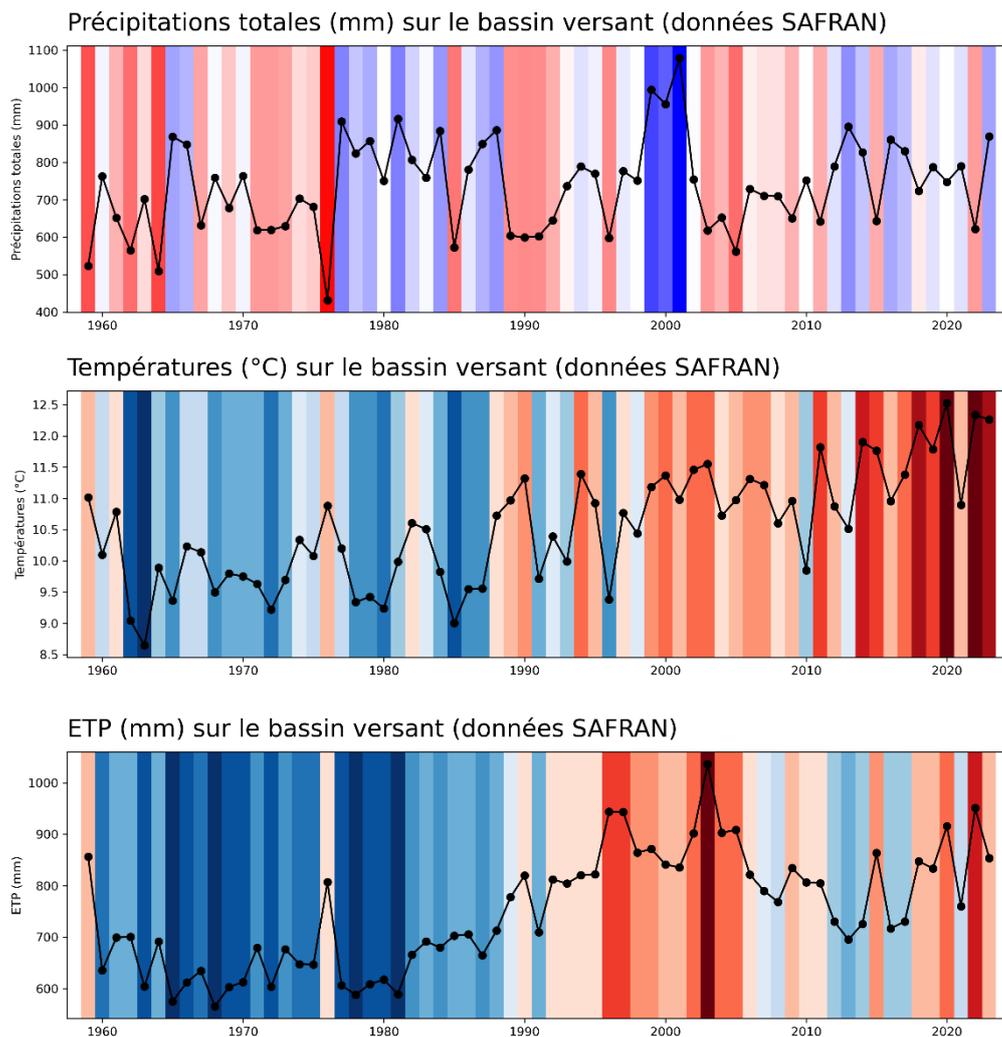


Figure 9 : Localisation des lacs réservoirs et des stations Seine du périmètre du SAGE Bassée-Voulzie

3.1.1.4 L'Ardusson à Saint-Aubin

- Les variables climatiques du bassin de l'Ardusson

Le diagramme ci-dessous présente les valeurs moyennes annuelles des paramètres clés de l'hydrologie à savoir la pluie, la température et l'évapotranspiration potentielle (ETP). Ces valeurs sont comparées à la moyenne 1981/2010 inclus avec un code couleur permettant de distinguer des anomalies dans un sens ou dans l'autre, le rouge traduisant une situation défavorable aux écoulements et le bleu une situation plus favorable. Le rapprochement des graphes montre à l'évidence que le bilan hydrologique se joue de plus en plus au niveau du sol avec peu de variations pluviométriques mais une évaporation en augmentation constante.



■ Régime général

Une station hydrométrique est présente sur l'Ardusson au niveau de la commune de St-Aubin (cf. **figure 8**). Même si le régime hydrologique de ce cours d'eau est aussi de type pluvial océanique avec des hautes eaux en hiver et les étiages en été (cf. **figure 10**), il présente forcément de nombreuses différences avec celui de la Seine présenté précédemment. L'avantage de cette station à l'instar de la Voulzie, est de témoigner du fonctionnement de la ressource eau du bassin versant du SAGE issu des plateaux crayeux.

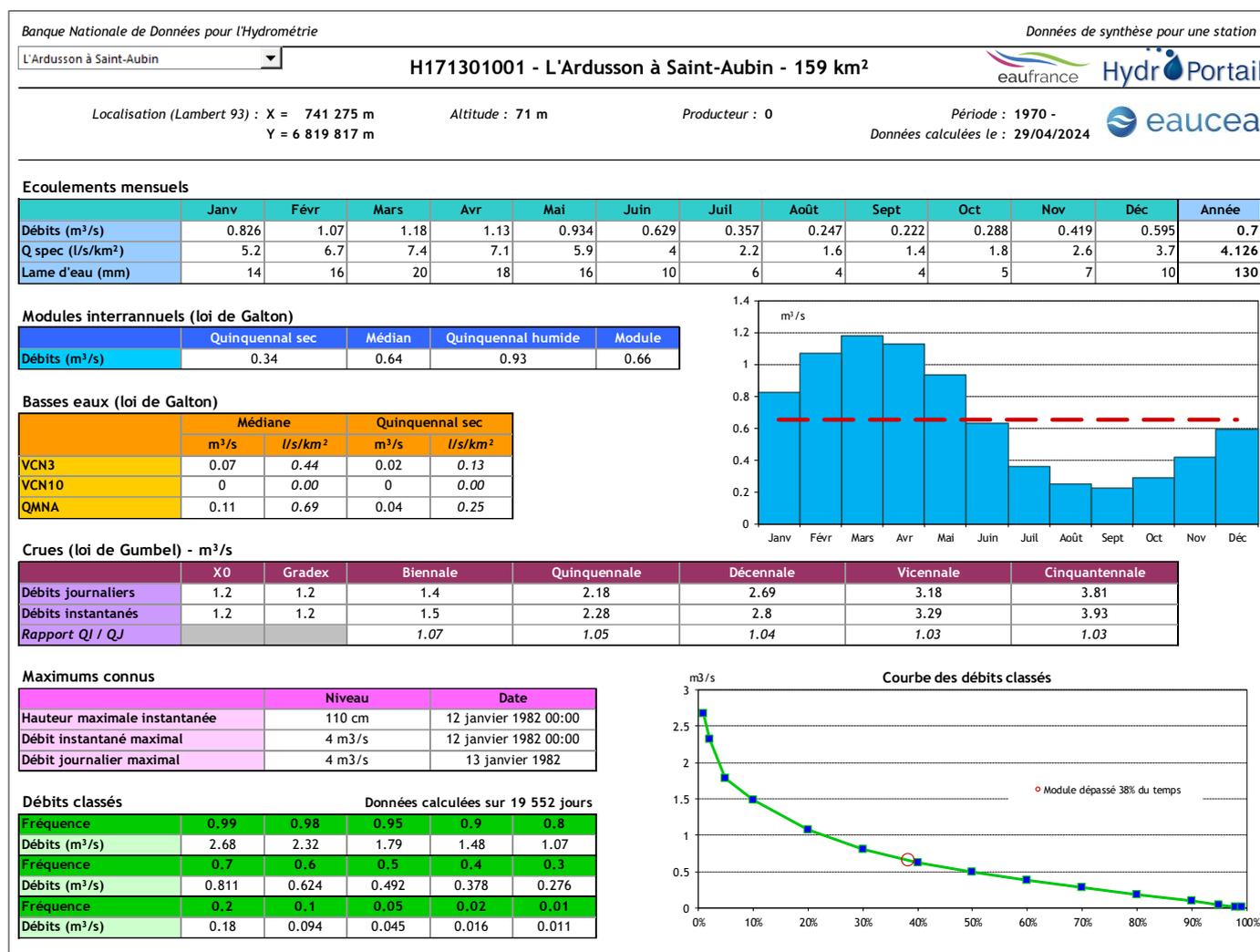


Figure 10 : Fiche de synthèse de la station de mesure de l'Ardusson à Saint-Aubin

L'analyse statistique des débits sur la station de St-Aubin permet de voir immédiatement les caractéristiques majeures de ce petit cours d'eau qui draine la nappe de craie.

Le module est de 656 L/s sur la période 1970/2023, ce qui correspond à un débit spécifique de 4,12 L/s/km² soit une abondance spécifique moitié plus faible que la Seine à Pont sur Seine (8,7 L/s/km²). La lame d'eau écoulee est de 130 mm par an en moyenne pour une pluviométrie de l'ordre de 650 mm sur la même période. Le différentiel (520 mm) est soit évapo-transpiré par la végétation et le sol, soit infiltré et exporté en dehors du bassin de l'Ardusson.

Le rapprochement du diagramme des pluies et de la lame d'eau écoulee réalisée lors de la précédente étude reste pertinent puisque le module écoulé ainsi que le régime des écoulements moyens ne sont

pas significativement modifiés avec les 4 années de suivi complémentaire (2020 à 2023) (cf. **tableau 1 et figure 11**). Il offre un premier indice du lien étroit entre nappe et l'écoulement de l'Ardusson. En effet, le maximum hydrologique hivernal ne coïncide pas avec le maximum pluviométrique. La nappe continue de se remplir jusqu'en mars-avril (avant la reprise de végétation) et l'augmentation de sa cote piézométrique se traduit par une augmentation conjointe des volumes d'eau drainés par le cours d'eau.

	Lame d'eau en mm			Interprétation hydrologique sommaire
	Précipitée	Ecoulée	Exportée	
Janv	52	13	39	Recharge nappe
Fev	46	16	30	
Mars	50	19	31	
Avr	47	18	29	Evapotranspiration
Mai	61	15	46	
Jui	62	10	52	
Jui	52	6	46	
Aou	54	4	50	
Sep	50	3	47	
Oct	60	4	56	
Nov	56	6	50	Recharge nappe
Dec	60	9	51	
Année	651	130	521	

Tableau 1 : Bilan mensuels des lames d'eau interannuelles sur le bassin de l'Ardusson (1970-2019)

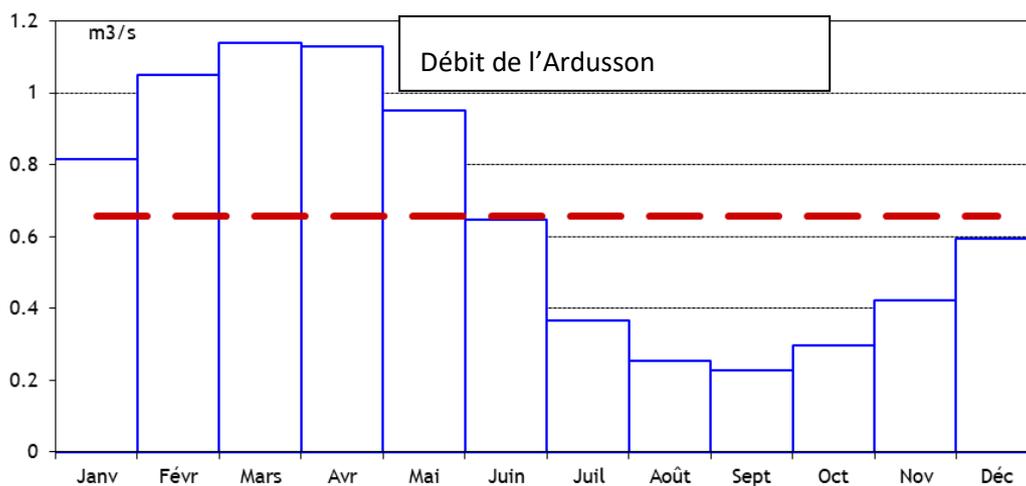
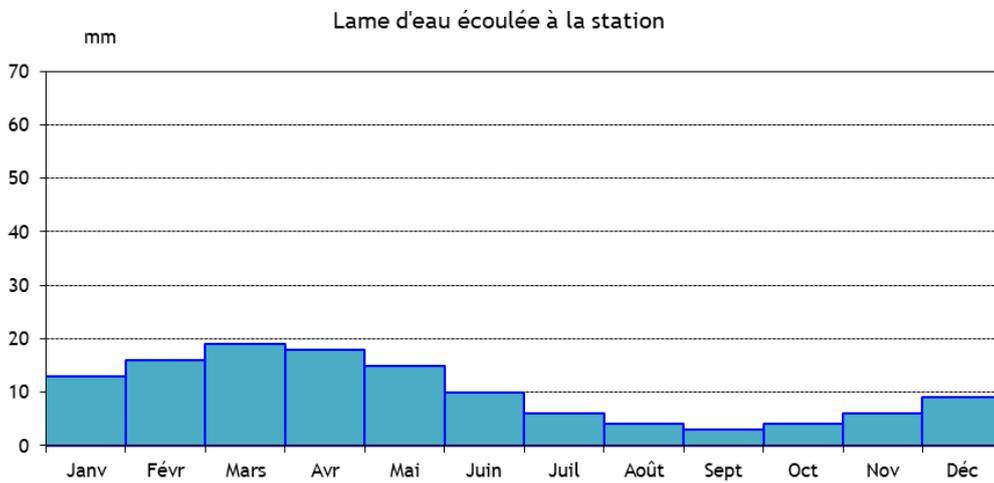
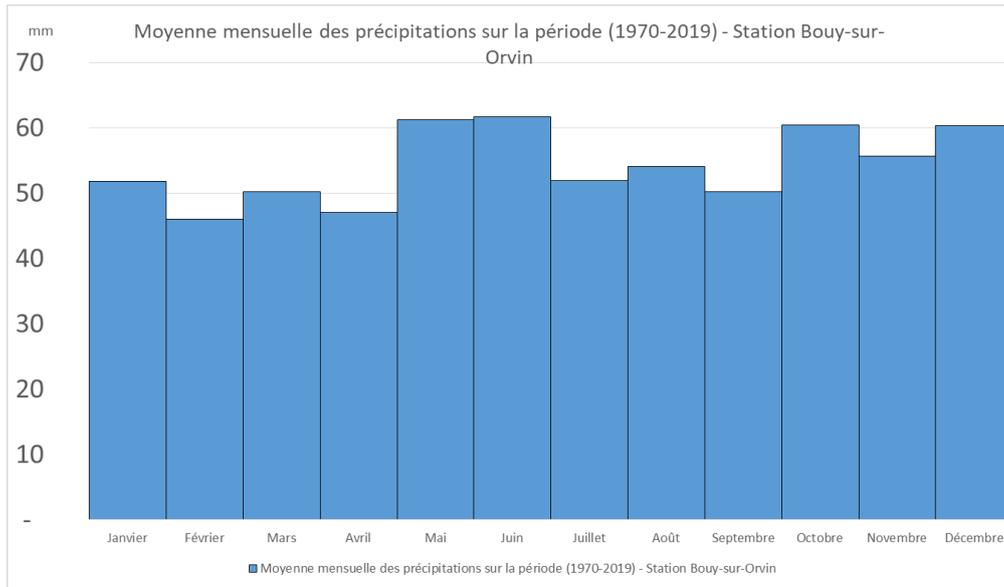


Figure 11 : De la pluie au débit sur l'Ardusson

Les variations interannuelles du module sont très fortes et s’expliquent là aussi très directement par le régime des pluies. L’historique des modules annuels est présenté dans le graphe ci-dessous. Une analyse statistique (test de Mann Kendall) ne montre aucune tendance significative sur la période.

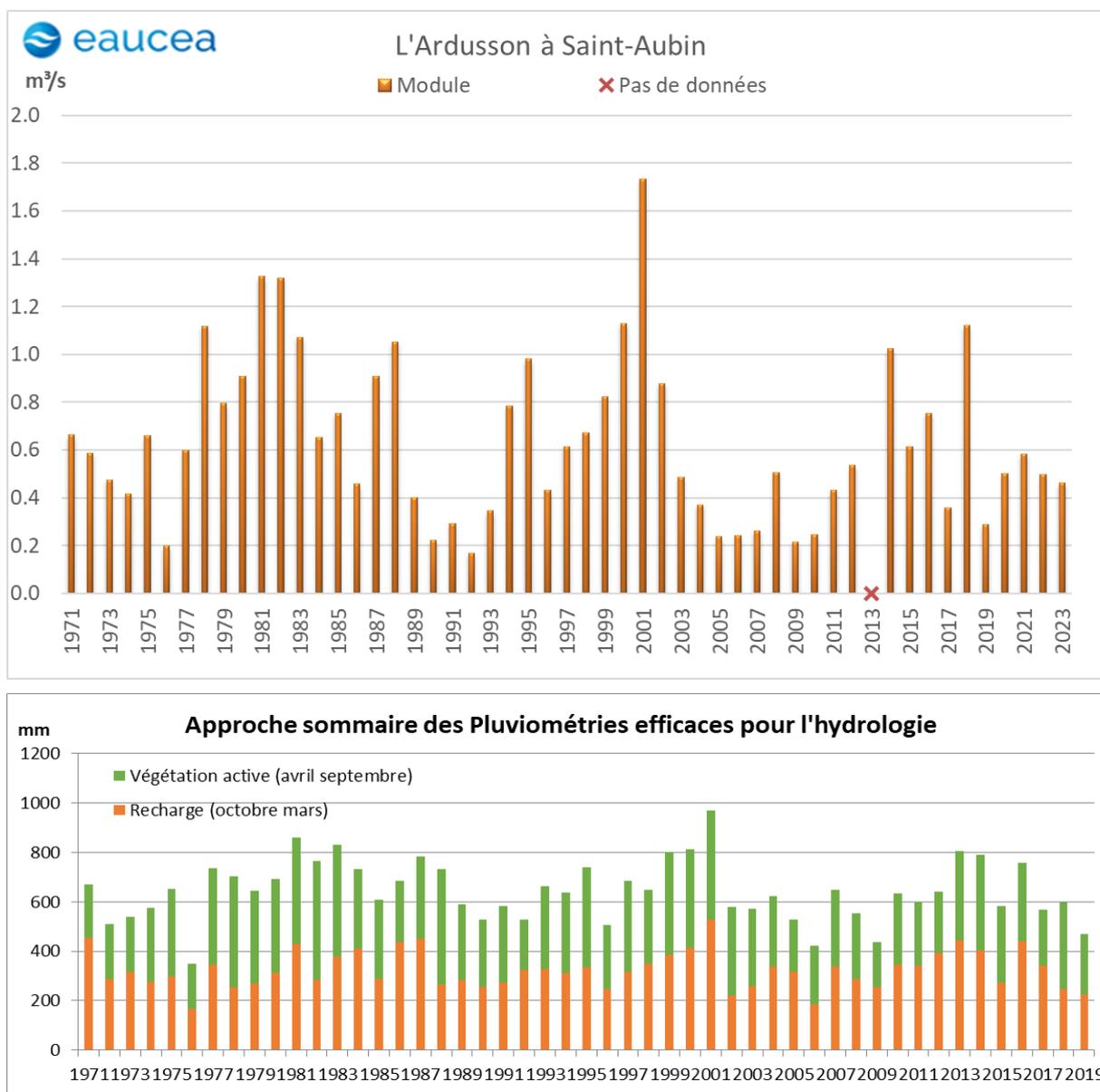


Figure 12 : Régime interannuel de l’Ardusson et précipitations associées

▪ Régime en étiage

Les VCN3 de l’Ardusson (cf. **figure 13**) mesurés depuis la création de la station en 1970 présentent des valeurs très variables selon les années et passent d’un débit quasiment nul les années sèches à près de 0,8 m³/s les années très humides. Les dernières années sont plutôt sèches.

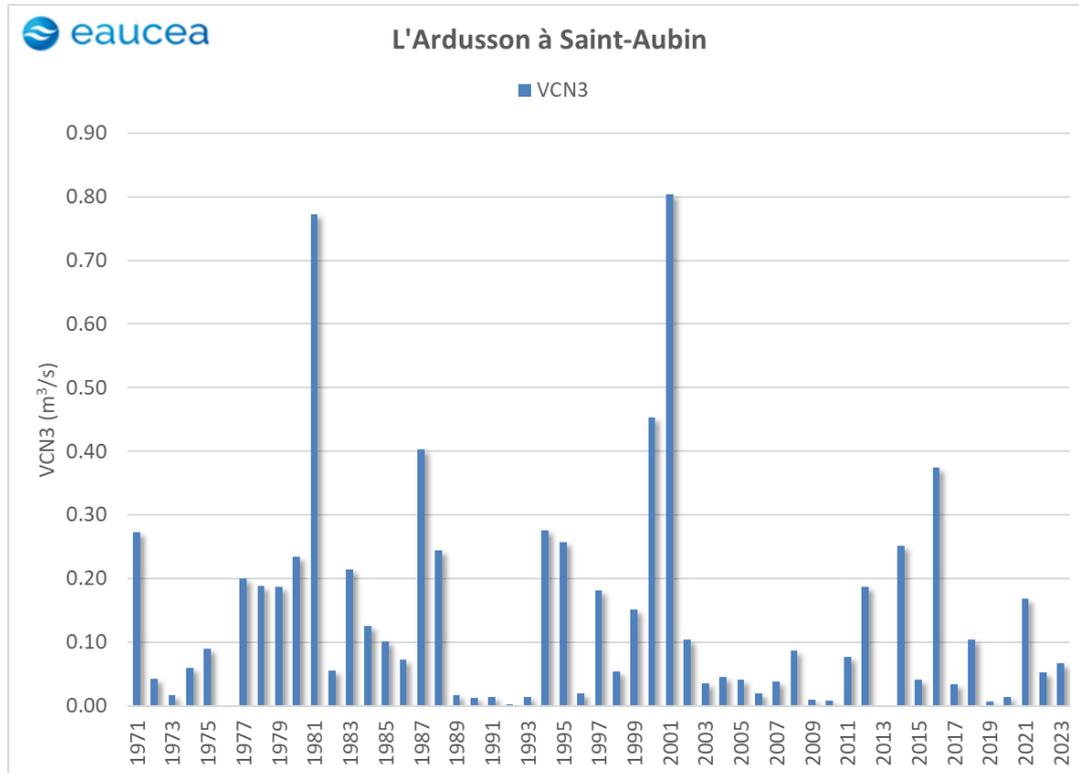


Figure 13 : Analyse des VCN3 de l’Ardusson à Saint-Aubin

L’évolution des VCN10 (cf. figure 14) montre le même profil avec des valeurs légèrement supérieures.

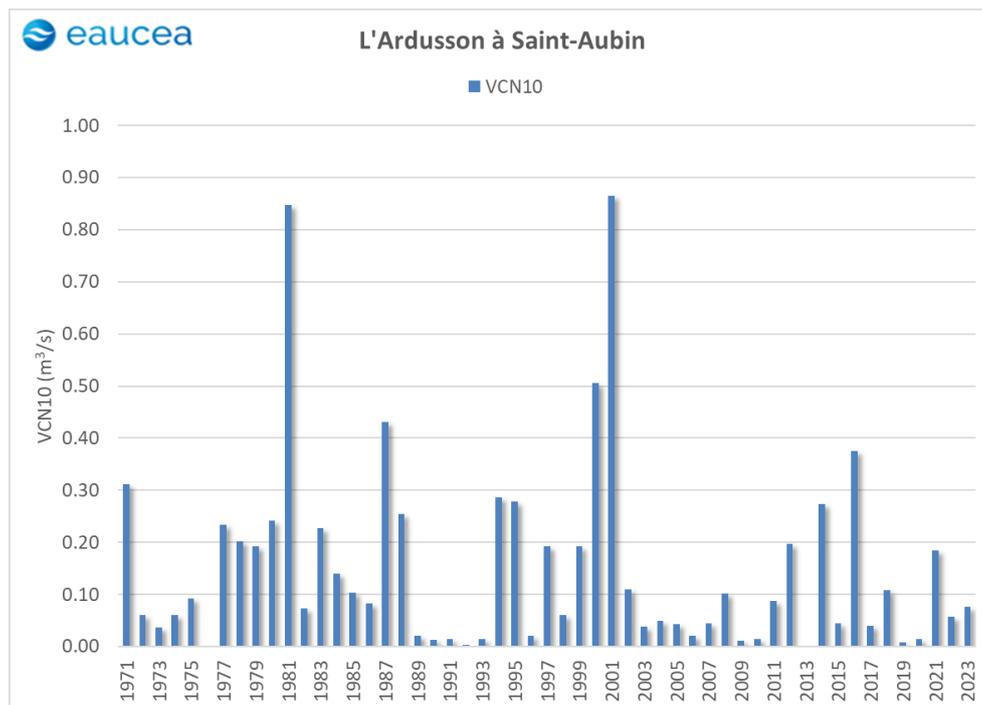


Figure 14 : Analyse des VCN10 de l’Ardusson à Saint-Aubin

Les QMNA sont présentés en **figure 15**. Comme les VCN3 et VCN10 ils présentent une très forte hétérogénéité des valeurs avec des variations assez extraordinaires présentant des valeurs comprises entre des débits pouvant atteindre 1 m³/s (supérieures donc au module ! avec une pluviométrie annuelle de l'ordre de 920 mm) mais aussi à des valeurs très proches de l'assec (inférieurs à 10 l/s en 1976, 1992 et 2019). Cette dernière situation, est le témoin d'un affaissement du niveau piézométrique qui passe sous le niveau du cours d'eau d'une large partie du réseau hydrographique en amont (drainage qui devient nul).

Toutes ces fluctuations s'expliquent par le régime des pluies qui conditionne le niveau des nappes. L'Ardusson est donc un témoin important du niveau de remplissage de la nappe de la craie.

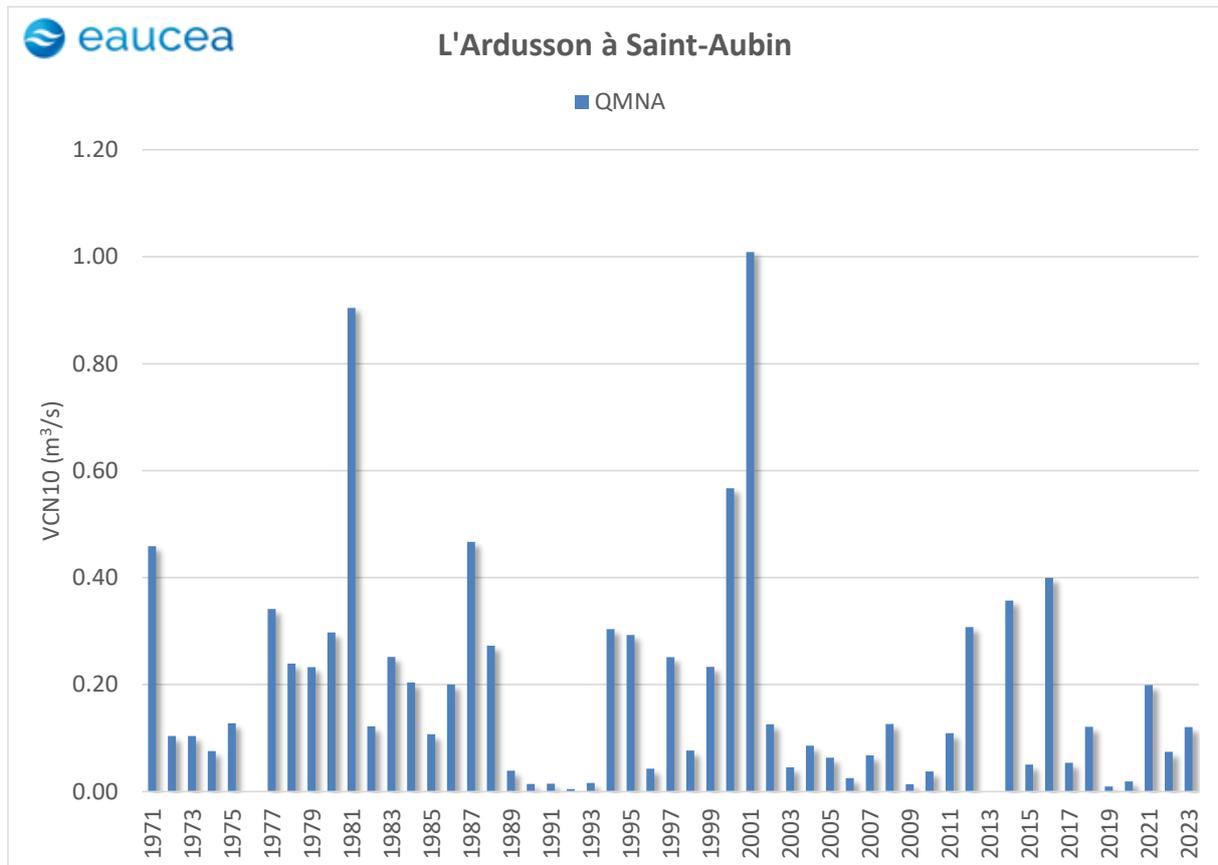


Figure 15 : Analyse des QMNA de l'Ardusson à Saint-Aubin

Il est intéressant de décrire la période à laquelle les étiages apparaissent et celle où le cours d'eau sort de cette configuration. Le graphe suivant présente pour chaque année la durée entre le premier et le dernier jour d'étiage. La valeur du QMNA médian soit 110 L/s, est retenue comme valeur seuil caractéristique, car le QMNA5 classiquement retenu est beaucoup trop faible (40 L/s) pour aider à ce type d'analyse.

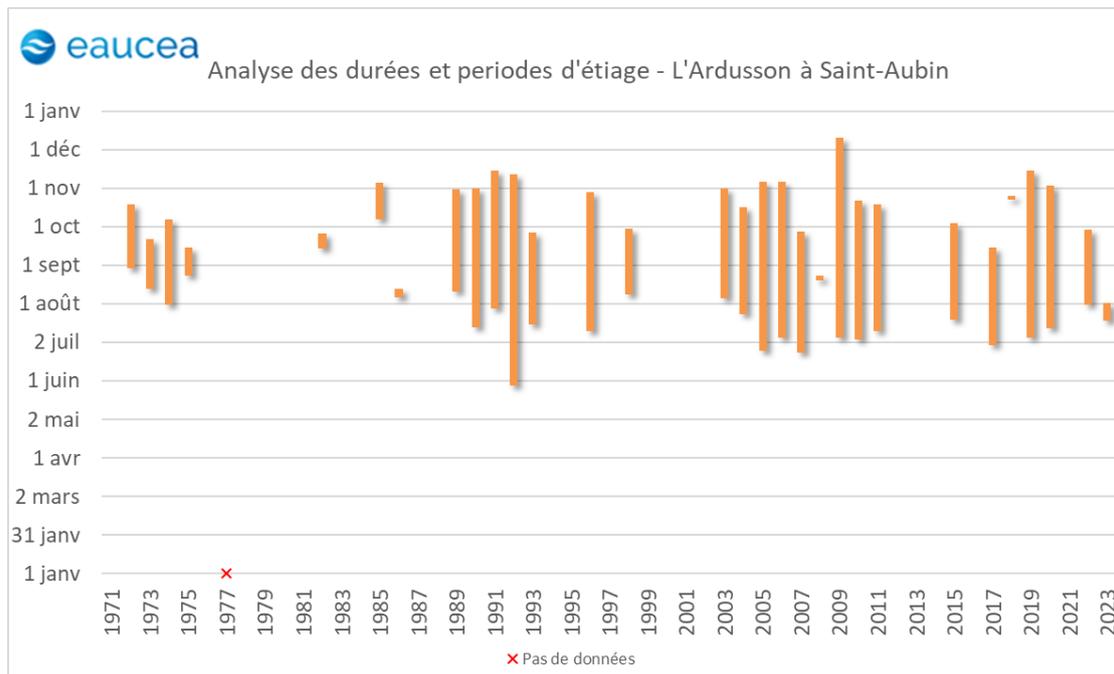
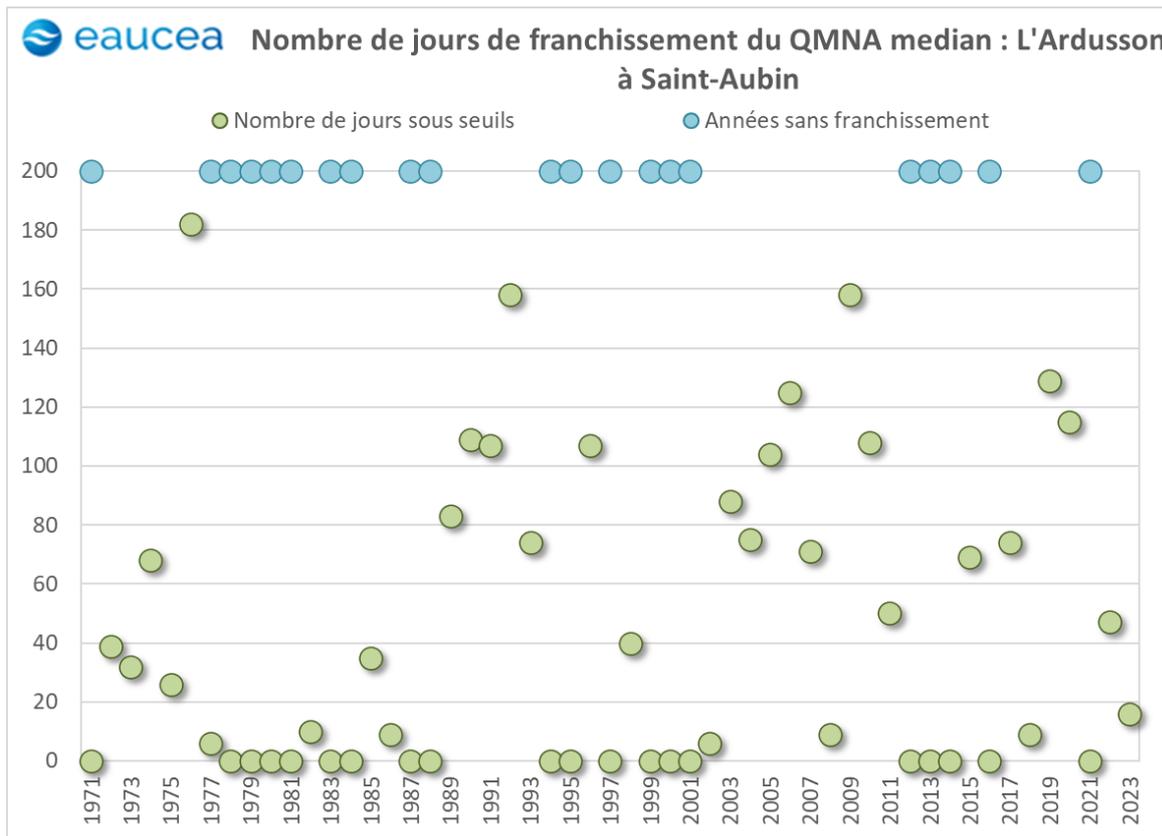
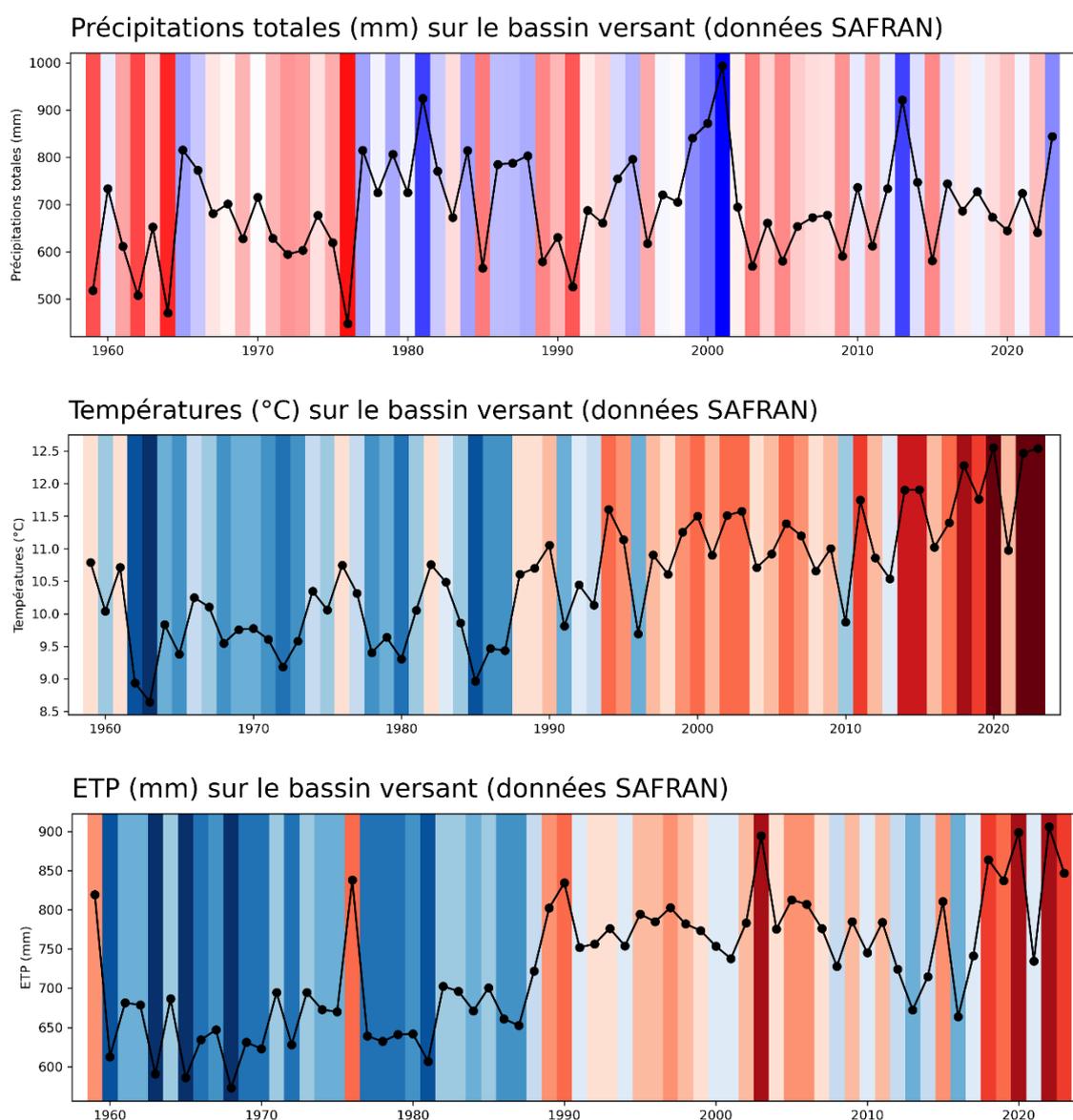


Figure 16 : Durée des étiages de l'Ardusson : base QMNA médian 1971/2023

3.1.1.5 La Voulzie à Jutigny

- Les variables climatiques du bassin de la Voulzie

Le diagramme ci-dessous présente les valeurs moyennes annuelles des paramètres clés de l'hydrologie à savoir la pluie, la température et l'évapotranspiration potentielle (ETP). Ces valeurs sont comparées à la moyenne 1981/2010 inclus avec un code couleur permettant de distinguer des anomalies dans un sens ou dans l'autre, le rouge traduisant une situation défavorable aux écoulements et le bleu une situation plus favorable. Le rapprochement des graphes montre à l'évidence que le bilan hydrologique se joue de plus en plus au niveau du sol avec peu de variation pluviométrique mais une évaporation en augmentation constante.



- Régime général

Le régime hydrologique de ce cours d'eau est assez différent de celui de l'Ardusson malgré un contexte climatique équivalent. La variabilité saisonnière et interannuelle est plus faible (Figure 28).

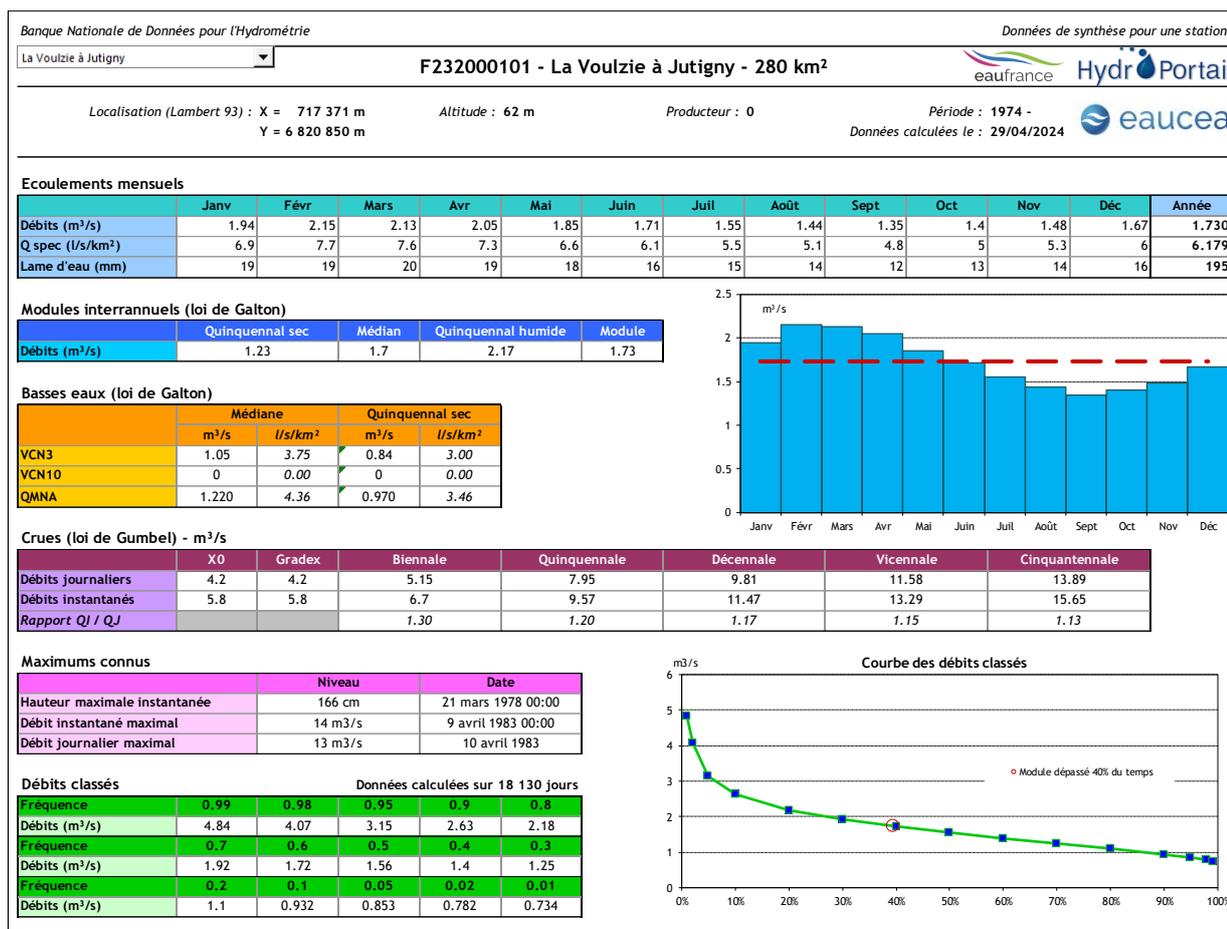
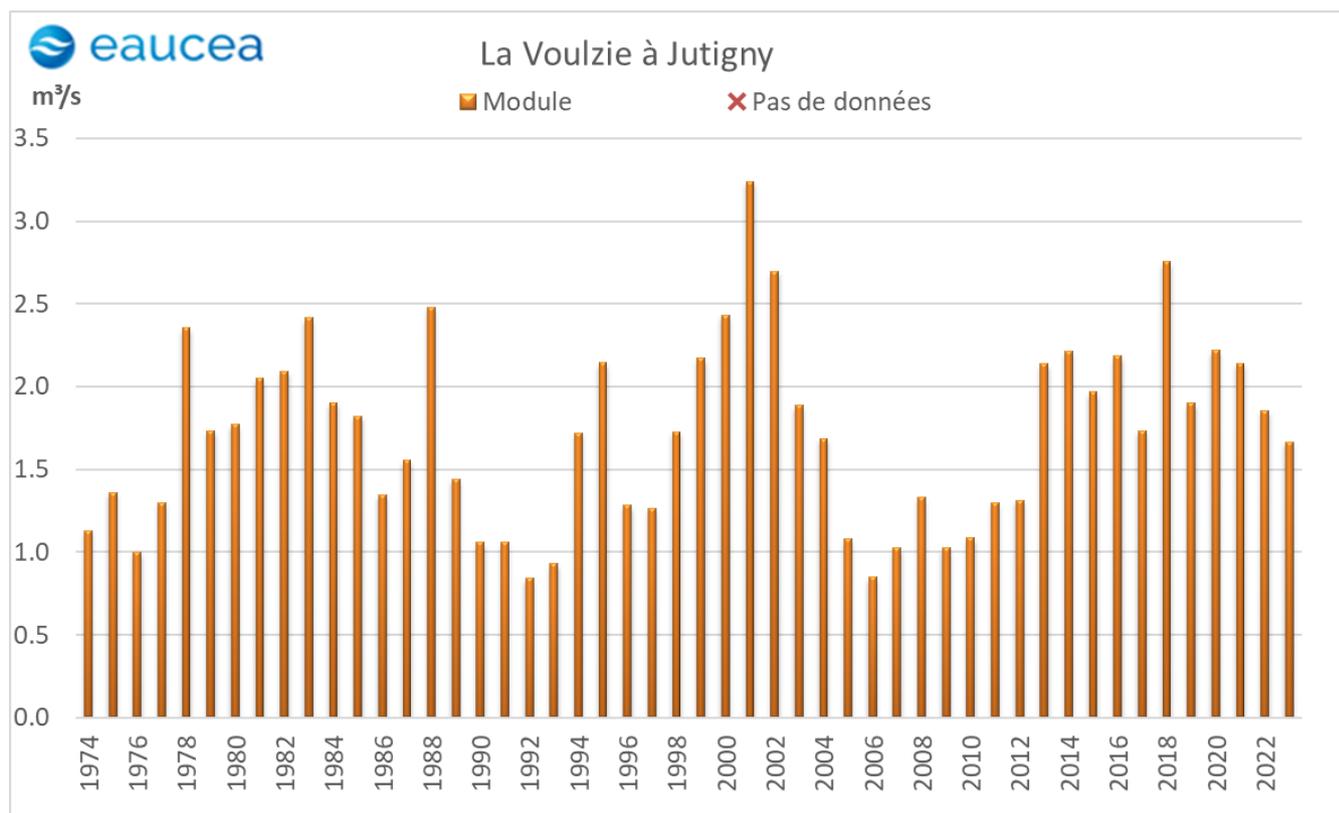


Figure 17 : Fiche de synthèse de la station de mesure de la Voulzie à Jutigny

L'analyse des hydrogrammes de la Voulzie à Jutigny montrent que, malgré leur compensation, le prélèvement AEP des sources de la Voulzie influence à haute résolution les débits du cours d'eau. On considère cependant que l'Eau de Paris n'a pas d'impact quantitatif sur le débit de la Voulzie.

L'historique des modules annuels est présenté dans le graphe ci-dessous. Une analyse statistique (test de Mann Kendall) ne montre aucune tendance significative sur la période.



- Régime en étiage

Les VCN3 de la Voulzie (cf. **figure 18**) présentent des valeurs variables selon les années de 0,5 à 2,1 m³/s. A noter que, un débit minimum de l'ordre de 500 l/s est toujours présent, mêmes pour les années très sèches. L'évolution des VCN10 (cf. **figure 19**) montre le même profil avec des valeurs légèrement supérieures. L'hydrologie de ce cours d'eau en étiage est fortement dépendante du couple prélèvements/réalimentation effectué par le service des eaux de Paris. Les sources de la Voulzie et de la Méances sont en effet dérivées via l'aqueduc de la Voulzie pour l'alimentation en eau de Paris, prélèvements compensés par une réalimentation depuis la Seine.

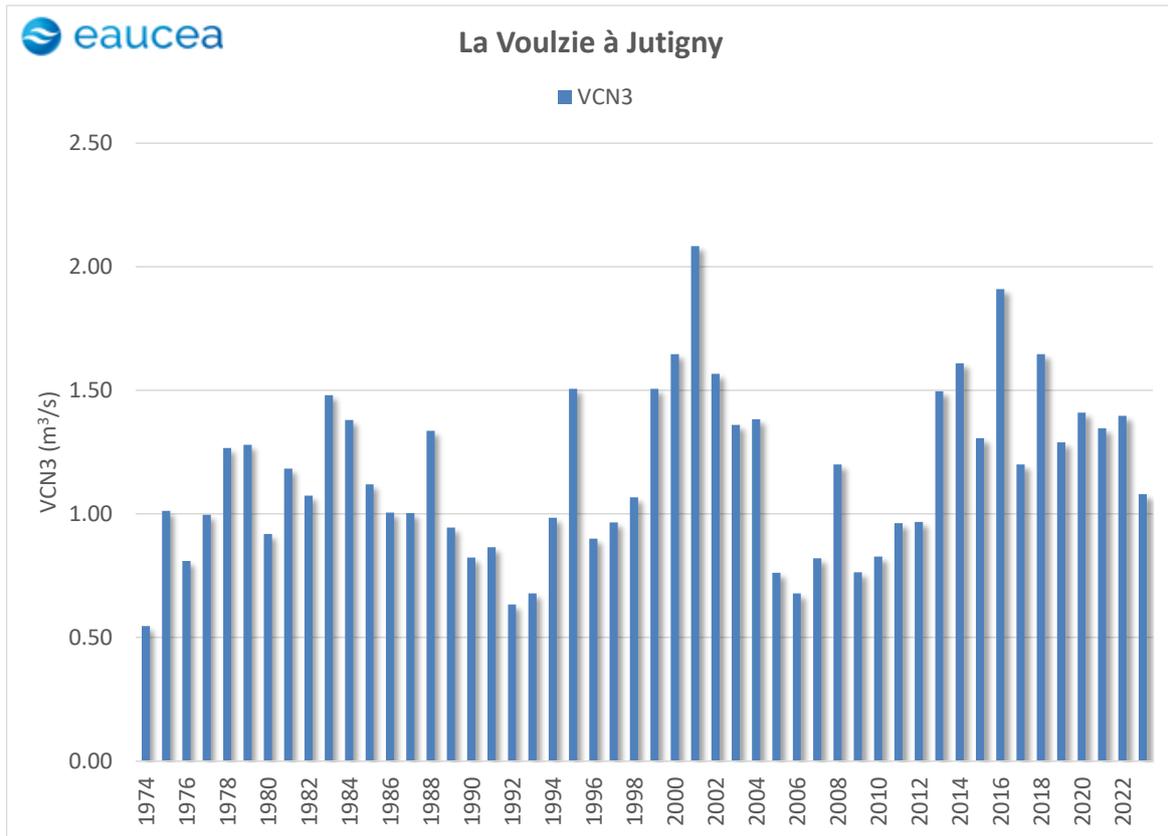


Figure 18 : Analyse des VCN3 de la Voulzie à Jutigny

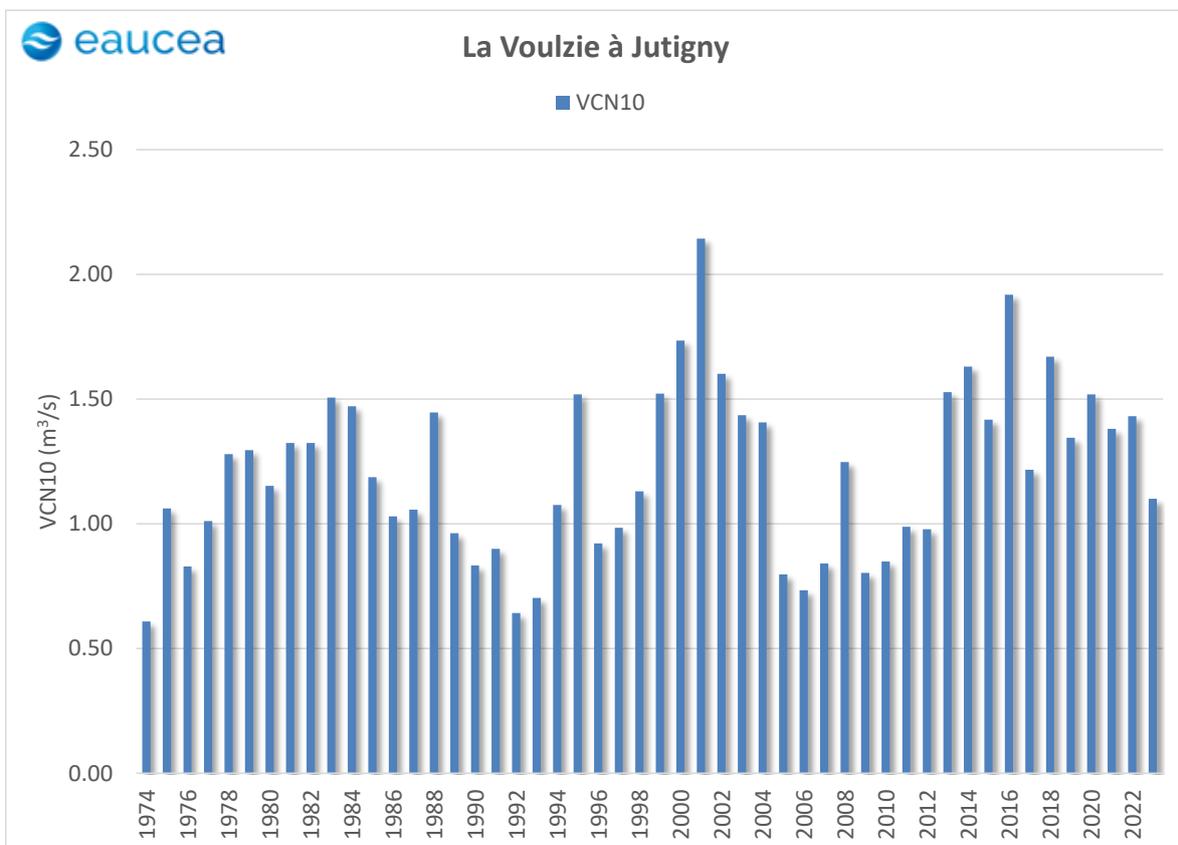


Figure 19 : Analyse des VCN10 de la Voulzie à Jutigny

L'analyse statistique montre que l'évolution des QMNA (cf. **figure 20**) présente des variations comprises entre des débits pouvant atteindre près de 2,5 m³/s à moins de 700 l/s. Des valeurs faibles sont mesurées en 1992, 1993, 2005, 2006 et 2010. Le QMNA5 de la Voulzie à Jutigny est de 0,97m³/s.

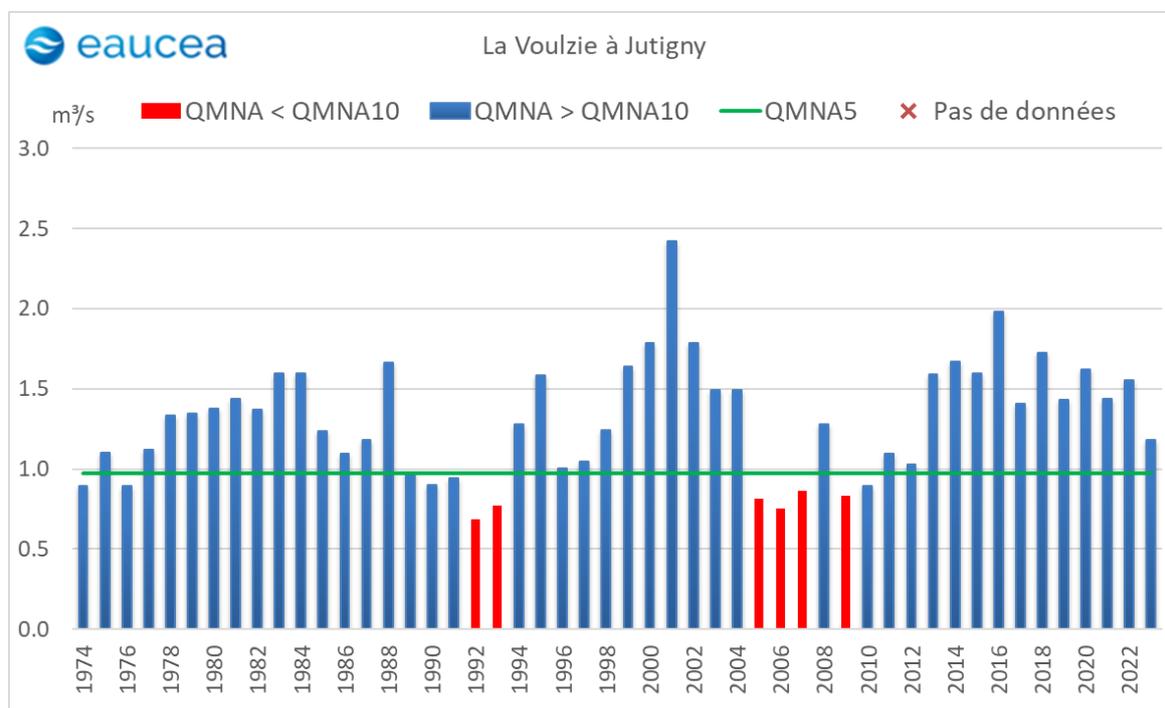


Figure 20 : Analyses des QMNA de la Voulzie à Jutigny

Les périodes d'étiages pouvant s'étendre les années sèches sur de très longues durées (cf. **figure 21**). Comme pour l'Ardusson nous avons retenu le QMNA médian (1,22 m³/s) comme indicateur journalier de l'entrée en étiage. Ce que révèle cette analyse c'est d'une part la plus grande fréquence d'apparition des étiages en septembre novembre et le contraste très marqués de la durée des étiages entre les années. Ceci s'explique par le caractère très amorti du régime hydrologique qui signe la présence d'une nappe abondante et de niveau régional. La vidange comme la recharge de ces nappes sont lentes.

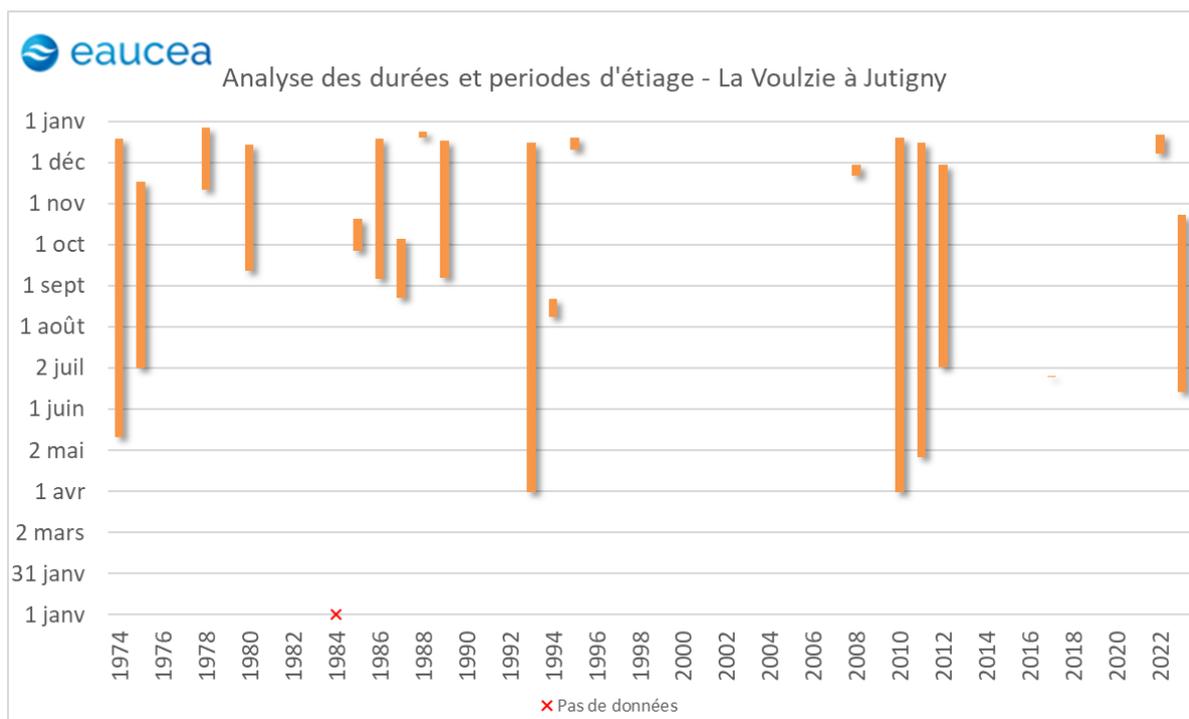


Figure 21 : Analyses des durées des étiages de l'Ardusson à Saint-Aubin

Ainsi, l'analyse de débits de la Voulzie présente des tendances semblables en fonction des différents indicateurs pris en compte. La faible variabilité interannuelle de ce cours d'eau permet ainsi de passer d'un indicateur à l'autre sans altérer l'analyse, à l'exception des dates de franchissement. La disponibilité quantitative de cette ressource en période d'étiage est cependant influencée par le couple prélèvement/réalimentation effectué par le service des Eau de Paris, dont on estime aujourd'hui qu'il permet de compenser entièrement la dérivation des sources de la Voulzie.

3.1.2 Historique des phénomènes de sécheresse

Les données de sécheresse sont issues du réseau de l'Observatoire National Des Etiage (réseau ONDE). Il s'agit de données d'observations visuelles du niveau d'écoulement dans certains cours d'eau de France métropolitaine.

Sur le territoire du SAGE Bassée-Voulzie, trois stations du réseau sont présentes. Il s'agit des stations (Figure 22) :

- De l'Ardusson à Saint Martin de Bossenay (n° F2040001) ;
- De l'Orvin à Marcilly le Hayer (n° F2120001)
- De la Méance à Chalmaison (n° F2220001) ;

La Figure 22 souligne l'état des écoulements observé en août sur les années récentes. Si les assec ne sont pas caractérisés, les écoulements deviennent souvent faibles voire peu visible à cette période, de façon relativement homogène sur le territoire mais avec une intensité plus forte sur l'Ardusson.

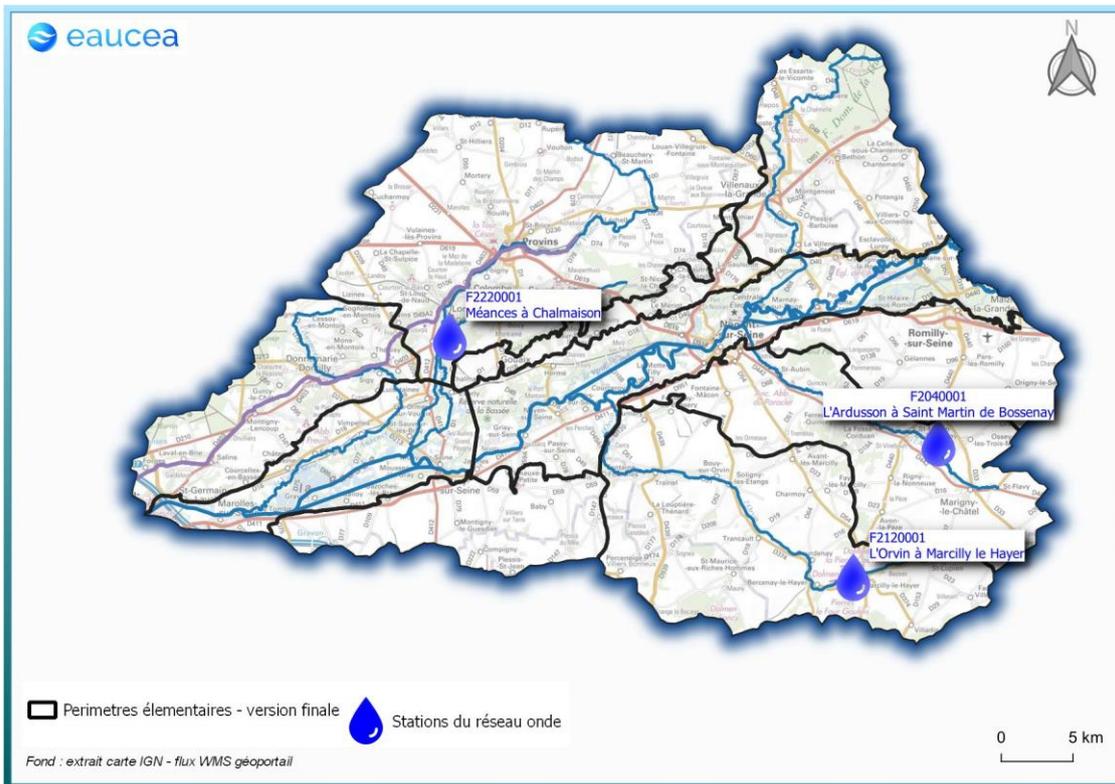


Figure 22 : Localisation des stations du réseau Onde

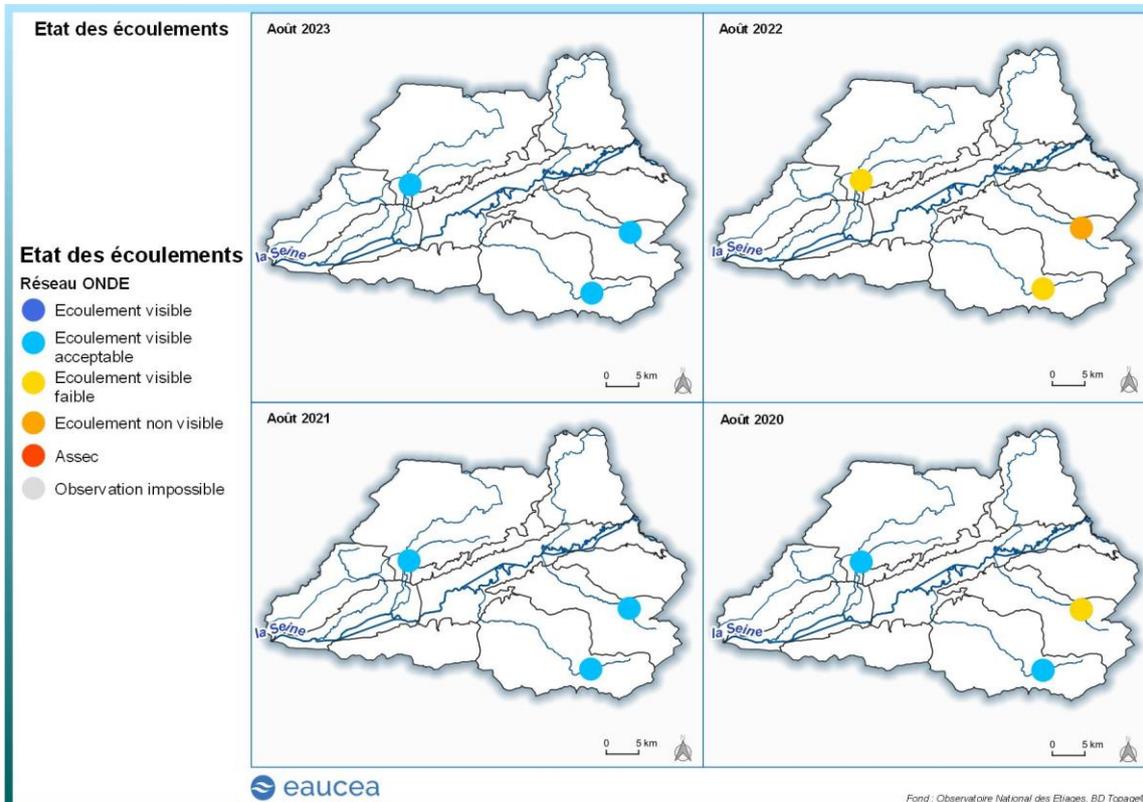


Figure 23 : Etat des écoulements en août entre 2020 et 2023

De façon plus précise :

- Sur l’Ardusson, les observations montrent des périodes d’écoulements faibles à des dates variables entre juin et septembre selon les années. Les données Onde ne montrent pas d’assecs caractérisés au niveau de cette station.
- Sur la Méances, les observations montrent des périodes d’écoulements faibles à des dates variables entre mai et août selon les années.
- Sur l’Orvin, les observations montrent des périodes d’écoulements faibles à des dates variables entre mai et août selon les années. Les données Onde ne montrent pas d’assecs caractérisés au niveau de cette station.

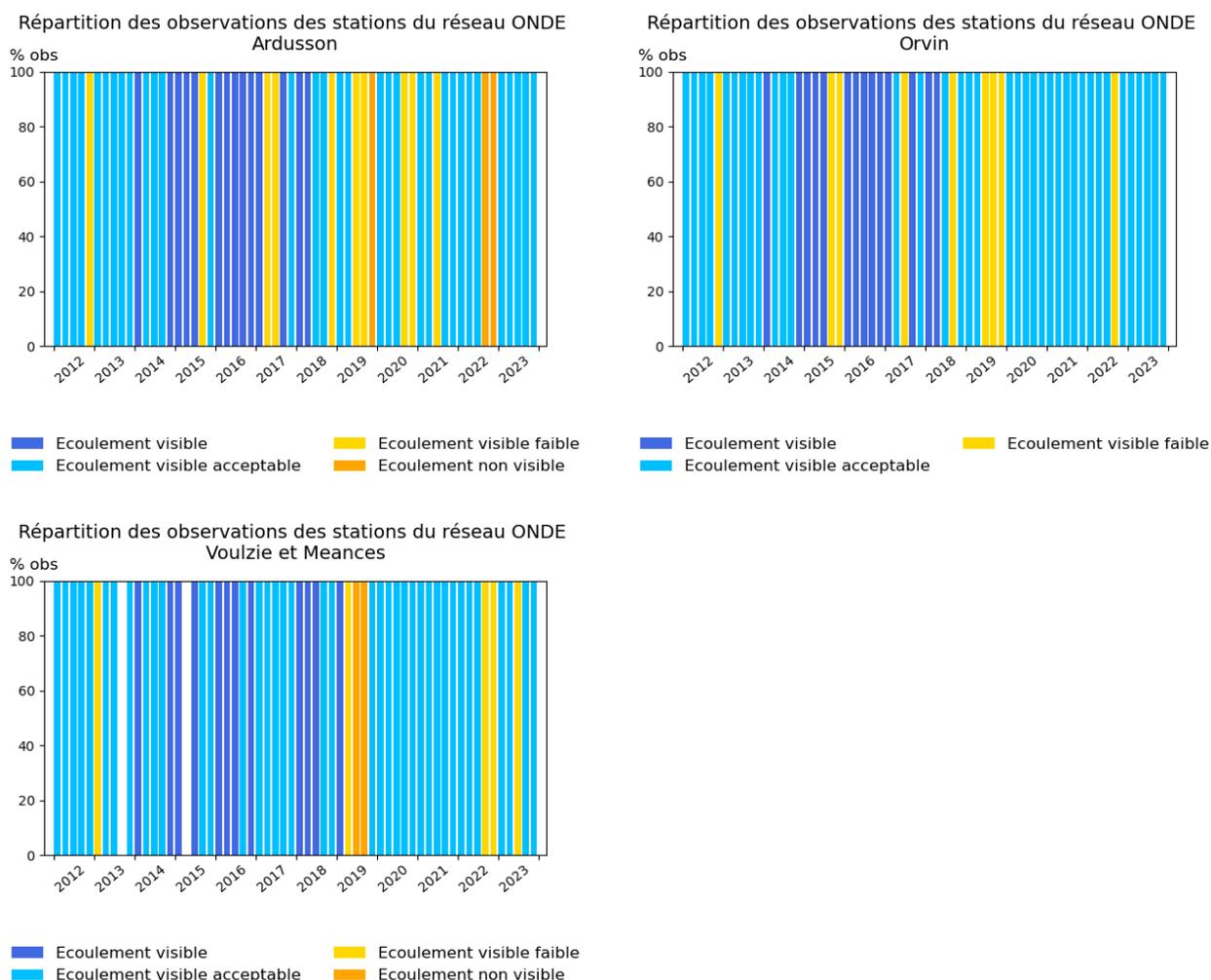


Figure 24 : Répartition temporelle des observations des stations Ondes entre 2012 et 2023 (une barre est égale à un mois d’observation)

Le caractère subjectif de la mesure, dépendant fortement de l’observateur, de même que la faiblesse de l’échantillonnage spatialement et temporellement (1 observation tous les 15 jours en période estivales), donne à ces données un caractère qualitatif certain, parfois contredit par les observateurs sur le terrain (exemple de l’observation courante de sources tariées en été/automne malgré des stations Onde témoignant d’écoulement).

Ainsi, le nombre de station et leur fiabilité ne permet pas une mise en relation fiable avec les données hydrologiques disponibles.

Des données de type linéaire d'assec (en km), fournies par exemple par l'ARBNA sur le bassin versant de la Charente (Figure 25), sont en générale plus adapté à ce genre d'exercices.

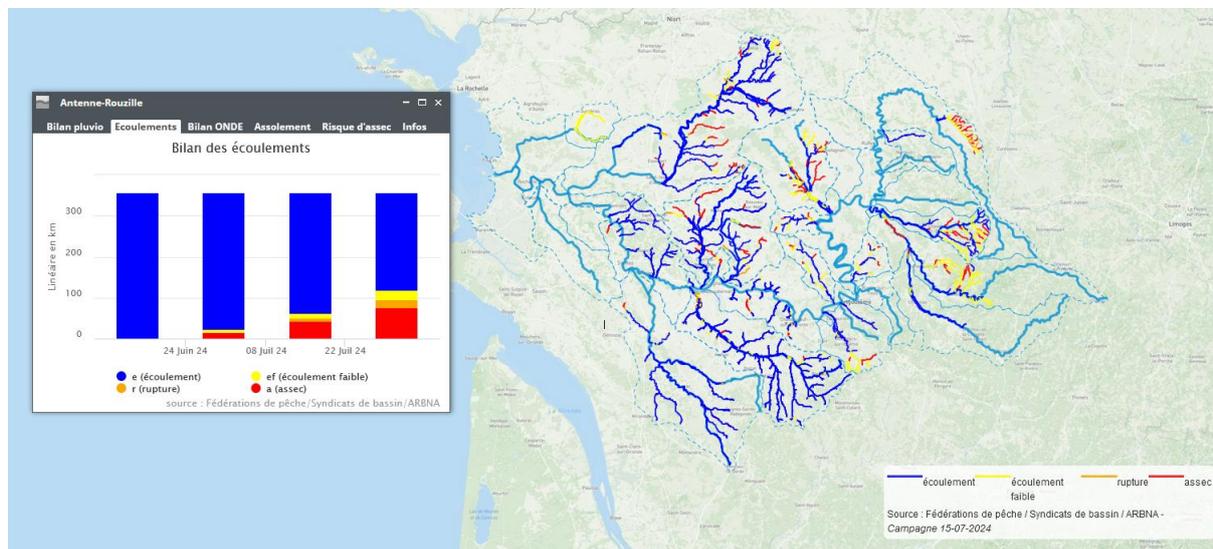


Figure 25 : Exemple de données type linéaire d'assec sur le bassin versant de la Charente (capture d'écran du système e-tiage Charente produit par le groupe Eaucéa/EDF/Laëtis pour l'EPTB Charente).

3.1.3 Les modélisations pluies débits : Une approche pour les bassins non jaugés ?

Concernant le volet hydrologique, les modélisations pluie-débits permettent habituellement d'approximer les débits (en théorie) naturels, puis impacté (artificialisé), et donc d'approcher les volumes disponibles sur les différents UGs (volume d'impact maximum). Ils sont également un moyen d'estimer l'hydrologie des bassins non jaugés, en utilisant des techniques de régionalisation ou des rapports de bassins versant plus simple.

Les modélisations pluie-débits ne sont en générales pas adaptées à la description des bassins caractérisées par une forte composante hydrogéologique. L'objectif de ce chapitre est d'expertiser leurs qualités sur le périmètre du SAGE.

3.1.3.1 Les modélisations existantes : Analyse Explore 2 et LoiEAU

Deux grandes familles de modélisations pluie débits sont disponibles sur le territoire du SAGE :

- Les modélisations issues du projet Explore 2
- Les modélisations dites « consensuelles » IRSTEA ou LOIEAU

Dans les deux cas, il s'agit de modélisation pluie débits utilisant des paramètres de calcul, de calage et de régionalisations différents mais au fonctionnement identique au premier ordre.

Les résultats hydrologiques de ces calculs sont sensés décrire l'hydrologie naturelle des bassins versants, même s'il arrive que les calages soient effectués sur des données mesurées en absence de naturalisation sur les données les plus proches.

EXPLORE 2

Il existe aujourd’hui divers exercices de modélisations numériques fondés sur l’exploitation des données météorologiques MétéoFrance distribuées de façon homogène sur tout le territoire.

Stations de référence de Explore 2 les plus proches du périmètre du SAGE pour le calage des modèles :

Code	Nom	xL93	yL93
H0100020	La Seine à Plaines-Saint-Lange	810425.47	6767212.77
H0321030	L Ource à Autricourt	820422.185	6767627.54
H0702010	La Barse à Montiaramey	795960.996	6793718.2
H1051020	L Aube [partielle] a Longchamp-sur-Aujon [Outre Aube]	833553	6784262
H1201010	L Aube à Bar-sur-Aube	828927.413	6792338.01
H2462020	L Armanon à Tronchoy	770069.334	6757362.92
H2473010	L Armance à Chessy-les-Près	766761.793	6767983.73
H2482010	L Armanon à Briennon-sur-Armanon	745752.211	6765163.86
H2513110	Le Tholon à Champvallon	726521.085	6759930.28
H3122010	L Ouanne à Charny	706783.753	6753901.24
H3122020	L Ouanne à Gy-les-Nonains	688554.953	6760850.23
H3613010	Le Lunain à Paley	689632.977	6793918.85
H3613020	Le Lunain à Episy	683315.059	6803166.01
H4232040	L Orge à Epinay-sur-Orge [Le Breuil]	649853.188	6840823.4
H4252010	L Orge à Morsang-sur-Orge	651453.754	6841009.84
H5172010	La Saulx à Vitry-en-Perthois	819632.242	6850780
H5173110	Le Bruxenelle à Brusson	824731.287	6851036.64
H5224310	Le Cubry à Pierry	769320.64	6881090.01
H5412010	Le Petit Morin à Montmirail	739282.288	6862655.79
H5412020	Le Petit Morin à Jouarre [Vanry]	711061.339	6869990.36
H5723011	L Orgeval à Boissy-le-Châtel [Le Theil- ultrasons]	708266.173	6858520.59
H5732010	Le Grand Morin à Pommeuse	701062.641	6857582.29

Liste des stations de simulation des débits dans le cadre d'Explore 2 et des modèles hydrologiques déployés

Code	Nom	S_HYDRO	NB_MODELES	CTRIP	EROS	GRSD	MOR_DOR_TS	SIM2	SMAS H	ORCHIDE	XL93	YL93
F204000100	L'ARDUSSON A SAINT MARTIN DE BOSSENAY	82	3	0		1		0	1	1	7523 68.96 9	6814 940.4 8
F204060000	L'ARDUSSON A FERREUX-QUINCEY	139	2	0		1		0	1	0	7434 74.4	6818 591.8
F211001000	LA SEINE A COURCEROY	9198.9	3	0		1		0	1	1	7320 86.7	6819 535.6
F230200000	LA TRACONNE A SAINT-BRICE [MOULIN DE L'ETANG]	112	4	1		1		0	1	1	7241 00.99 9	6828 305.5 7
F232000101	LA VOULZIE A JUTIGNY	280	5	1		1		1	1	1	7173 42.41 9	6820 867.4 4
F240000106	LA SEINE A BAZOCHES-LES-BRAY [STATION ULTRASON]	10100	4	1		1		0	1	1	7140 85.62 9	6813 899.4 4
F241040000	L'AUXENCE A VIMPELLES	76.5	3	0		1		0	1	1	7128 23.2	6815 642
F243001000	LA SEINE A MONTEREAU-FAULT-YONNE	10382	3	0		1		0	1	1	6970 15.2	6809 861.6
H170001001	LA SEINE A PONT-SUR-SEINE	8760	4	1		1		0	1	1	7438 59.96 9	6824 940.4 5
H171301001	L'ARDUSSON A SAINT-AUBIN	159	4	1		1		0	1	1	7414 15.14 1	6819 464.6 6

3.1.3.2 Exercices de modélisations pluie-débits GR-4J réalisées dans le cadre de cette étude

Les données météorologiques d'entrée sont des données Météo-France SAFRAN (Vidal et al. 2010; Moigne et al. 2020). Il s'agit de données spatialisées sur une grille de 8km x 8km produites par Météo-France à partir de mesures mais aussi d'un modèle météorologique et mise à disposition gratuitement par Météo-France¹. Les données mobilisées ici sont les précipitations et les évapotranspiration potentielles (ETP) au pas journalier, en chaque point de grille du territoire de l'étude. A partir de ces données, des chroniques journalières de précipitations et d'ETP ont été calculées sur chacun des bassins versants à l'aide d'une méthode de spatialisation²

- Critère de calage

Le critère de calage du modèle employé pour les bassins versants simulés dans cette étude est le critère de Nash-Sutcliffe pour les débits ($Nash_Q$ pour une optimisation hors étiage), ou pour la racine carrée des débits ($Nash_{\sqrt{Q}}$ pour une meilleure optimisation en étiage mais moins bonne hors étiage) :

$$Nash_Q = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{ref,i} - Q_{sim,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{ref,i} - \overline{Q_{ref}})^2}$$

$$Nash_{\sqrt{Q}} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\sqrt{Q_{ref,i}} - \sqrt{Q_{sim,i}})^2}{\sum_{i=1}^n (\sqrt{Q_{ref,i}} - \sqrt{\overline{Q_{ref}}})^2}$$

Avec :

$Q_{ref,i}$ la valeur de débit du jour i de la chronique de référence ;

$Q_{sim,i}$ la valeur de débit simulé du jour i par le modèle ;

Ainsi, plus la valeur de Nash est proche de 1, plus le modèle est performant.

La complexité du territoire, avec une composante hydrogéologique importante rend les calages particulièrement délicats, car le modèle GR4J est mal adapté pour ce type de contexte. Plusieurs tests ont été effectués en optimisant $Nash_Q$ et $Nash_{\sqrt{Q}}$. Les résultats des deux types de calages sont très similaires sur la Voulzie, par contre sur l'Ardusson un calage optimisant $Nash_{\sqrt{Q}}$ donne des valeurs de X3 diminuées de moitié. Les paramètres obtenus en calant sur $Nash_Q$ sont présentés dans le Tableau 2.

Tableau 2. Valeurs des paramètres GR4J obtenues suite au calage sur $Nash_Q$ effectué à partir des données 2009-2023 (et validé sur les 15 années précédentes).

Code	Rivière	Commune	Surface BV (km ²)	GR_X1 (mm)	GR_X2 (mm/j)	GR_X3 (mm)	GR_X4 (jours)
F232000101	Voulzie	Jutigny	281	280	0	5790	1.73

¹ Cf. <https://meteo.data.gouv.fr/>

² Les données SAFRAN sont tout d'abord mise sur une grille plus fine de 1 km x 1km, sans effectuer d'interpolation (la valeur de chaque point de la grille raffinée est celle du point le plus proche de la grille d'origine), puis, pour un périmètre donné, les chroniques d'ETP et de précipitation sont calculées en faisant la moyenne des points inclus dans le périmètre.

H171301001	Ardusson	Saint-Aubin	160	660	0	310	1.76
------------	----------	-------------	-----	------------	---	------------	-------------

Les valeurs des Nash obtenues sont satisfaisantes en elles-mêmes ($Nash_Q > 0.8$ sur une validation croisée, c'est-à-dire en calculant le Nash sur des années non utilisées pour le calage) mais masquent des résultats très disparates d'une année sur l'autre et globalement assez peu satisfaisants, comme l'illustrent les exemples Figure 26 et Figure 27. A titre de comparaison, les résultats d'une modélisation basée sur les coefficients GR4J fournis sur la plateforme Sunshine de l'INRAE³ et reportés dans le Tableau 3. Les résultats présentés montrent que les calages optimisés donnent de meilleurs résultats que ceux obtenus sur airGRmaps, mais des différences importantes demeurent sur les résultats des modélisations.

Remarque : sur la Voulzie les résultats issus du calage sur $Nash_{\sqrt{Q}}$ donnent une légère amélioration des résultats certaines années, mais des écarts importants avec les mesures demeurent (Figure 28).

Tableau 3. Paramètres GR4J disponibles sur la plateforme airGRmaps (<https://sunshine.inrae.fr/app/airGRmaps>)

Code	Rivière	Commune	Surface (km ²)	BV	GR_X1 (mm)	GR_X2 (mm/j)	GR_X3 (mm)	GR_X4 (jours)
F232000101	Voulzie	Jutigny	281		700	-2	28	2.11
H171301001	Ardusson	Saint-Aubin	160		400	-2	28	1.72

³ <https://sunshine.inrae.fr/app/airGRmaps>

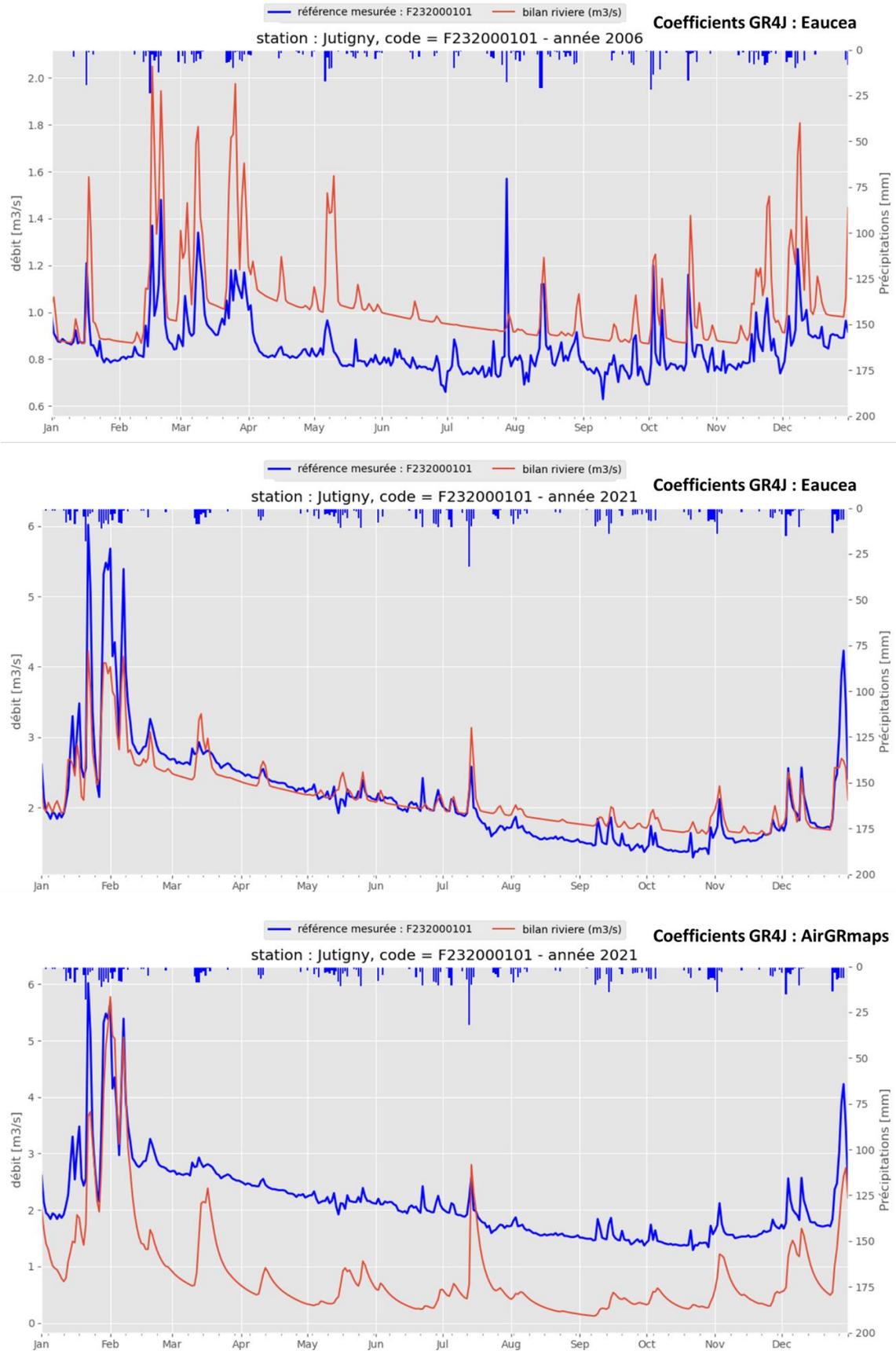


Figure 26. Débits journaliers de la Vouizie à Jutigny en 2006 et 2021. Hydrogrammes mesurés (bleu) et modélisés GR4J (rouge) à l'aide des coefficients présentés Tableau 2, sauf le graphique du bas, basé sur les coefficients airGRmaps présentés Tableau 3.

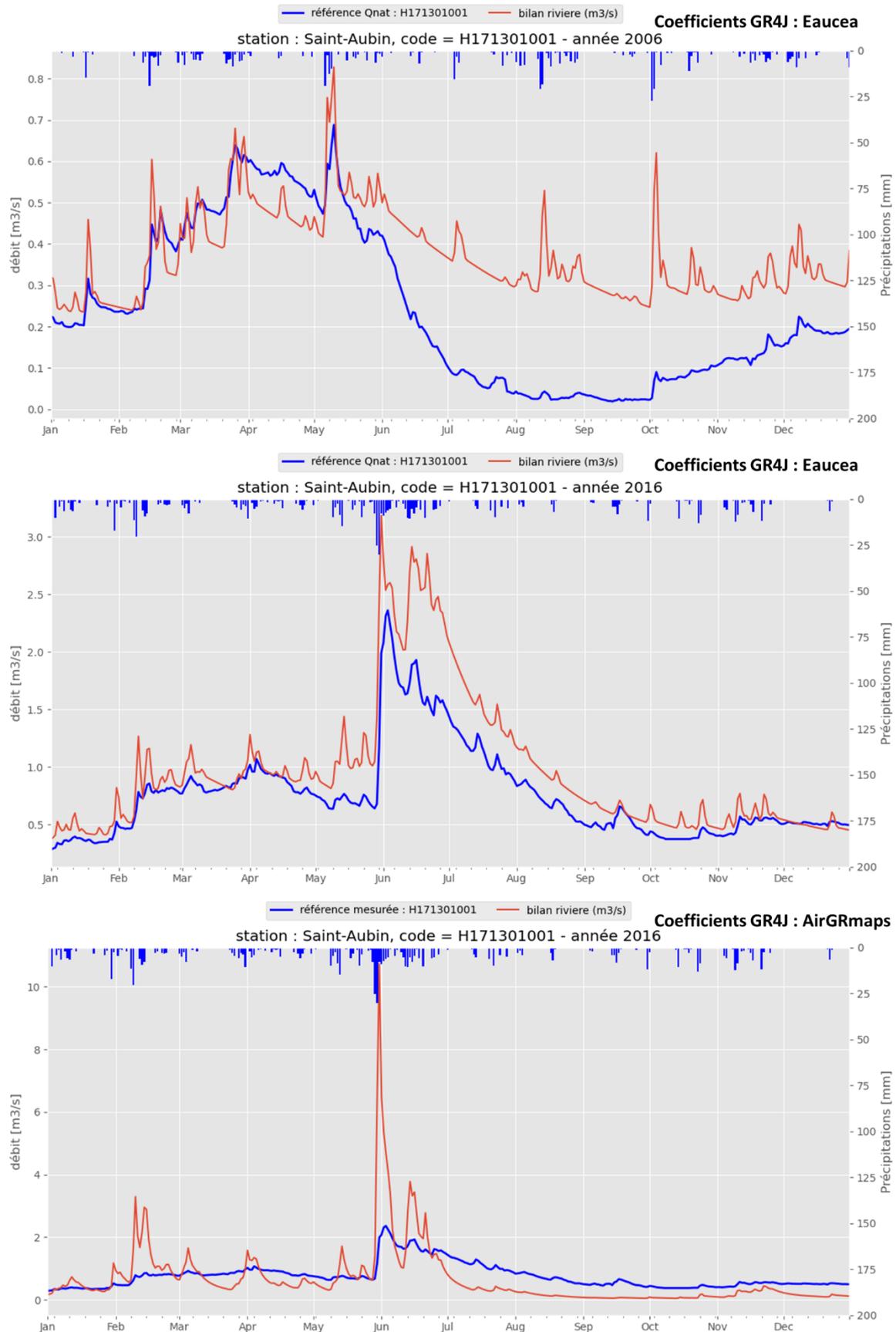


Figure 27. Idem que la Figure 26 mais pour L'Ardusson à Saint-Aubin en 2006 et 2016.

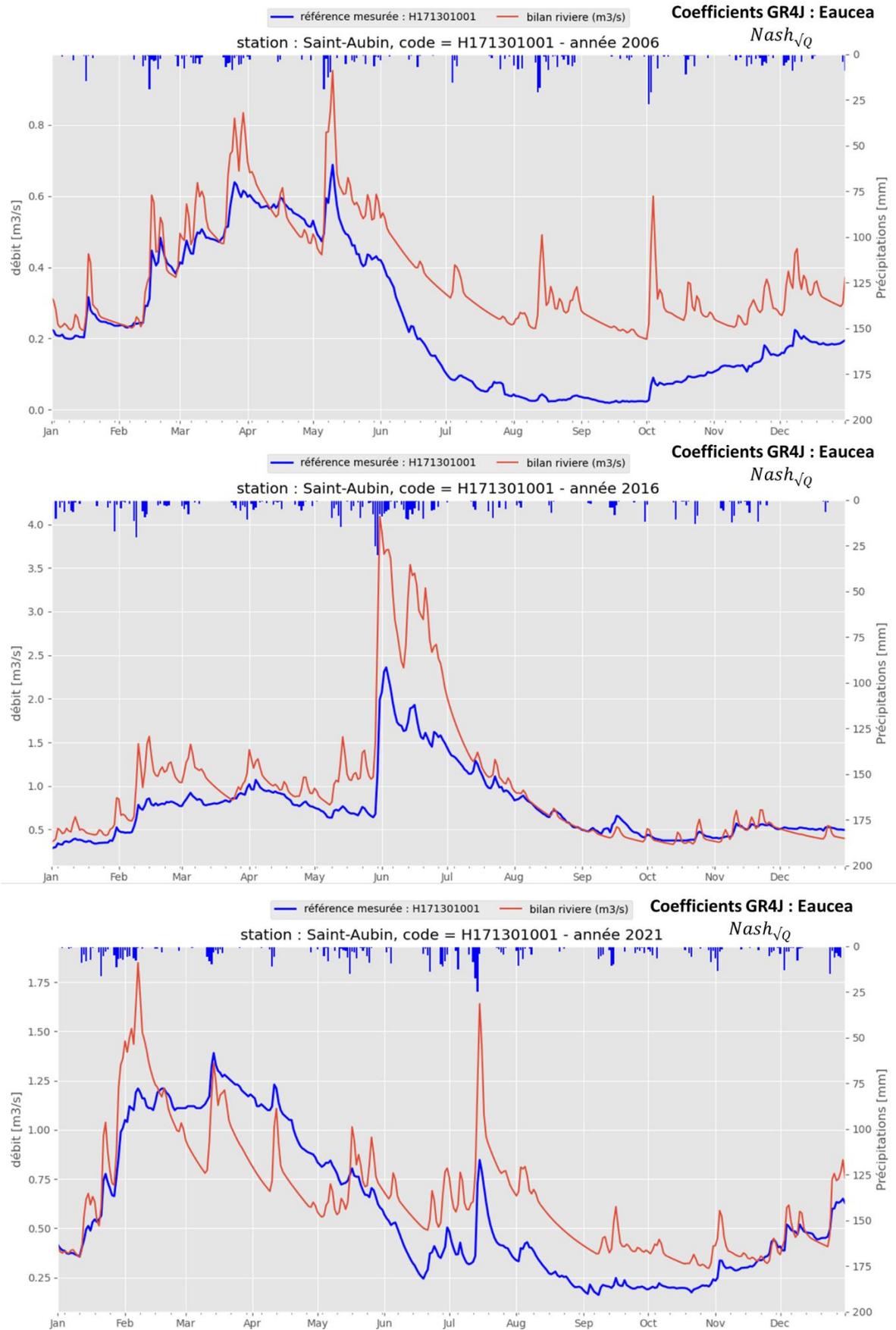


Figure 28. Débits journaliers de L'Ardusson à Saint-Aubin en 2006 et 2016 et 2021. Hydrogrammes mesurés (bleu) et modélisés GR4J (rouge) à l'aide des coefficients X1, X2, X3 et X4 issus d'un calage sur $Nash_{\sqrt{Q}}$.

3.1.3.3 Conclusion sur les modèles GR4J

Les modélisations GR4J ne permettent pas une représentation adéquate des débits journaliers mesurés sur la Voulzie et l'Ardusson. Le travail effectué sur les calages des modèles permet des améliorations qui cependant sont insuffisantes pour les besoins de l'étude, avec notamment des difficultés persistantes à reproduire correctement les débits d'étiages. La précision recherchée pour l'estimation des volumes prélevables est très supérieure à celle donnée par les modélisations GR4J. Ces difficultés proviennent de la nature même du modèle GR4J qui n'est pas adapté pour modéliser les débits lorsque la composante hydrologique est, comme ici, importante (et complexe).

Cette conclusion s'applique également pour les données issues de modèles génériques (Explore 2, LoiEau, IRSTEA, etc.), dont on estime qu'ils ne sont pas capables de modéliser de façon satisfaisante l'hydrologie des affluents de la Seine sur le périmètre du SAGE.

Deux questions se posent donc pour la phase 3 du calcul de la tension quantitative par sous-bassin :

- Comment approcher les débits sur les UGs sans jaugeage ?
- Comment intégrer le comportement souterrain de l'hydrologie ?

On note l'existence d'un exemple de calage pluie-niveau-débit effectué par le BRGM en utilisant le moteur de calcul Gardénia sur la Voulzie à Jutigny et sur l'Ardusson, qui pourrait être une piste à explorer (Thiery, 2015⁴).

⁴ Validation du code de calcul Gardénia par modélisations physiques comparatives, BRGM/RP-64500-FR, Juillet 2015

3.2 Description de la ressource en eau souterraine

3.2.1 Contexte hydrogéologique

Le périmètre du SAGE est localisé à l'est du Bassin Parisien (Figure 29), unité géologique formant un bassin sédimentaire qui se présente topographiquement comme une vaste dépression formée d'auréoles de terrains secondaire, tertiaire et quaternaire évoluant des terrains les plus anciens à l'extérieur et les plus récents au centre du bassin.

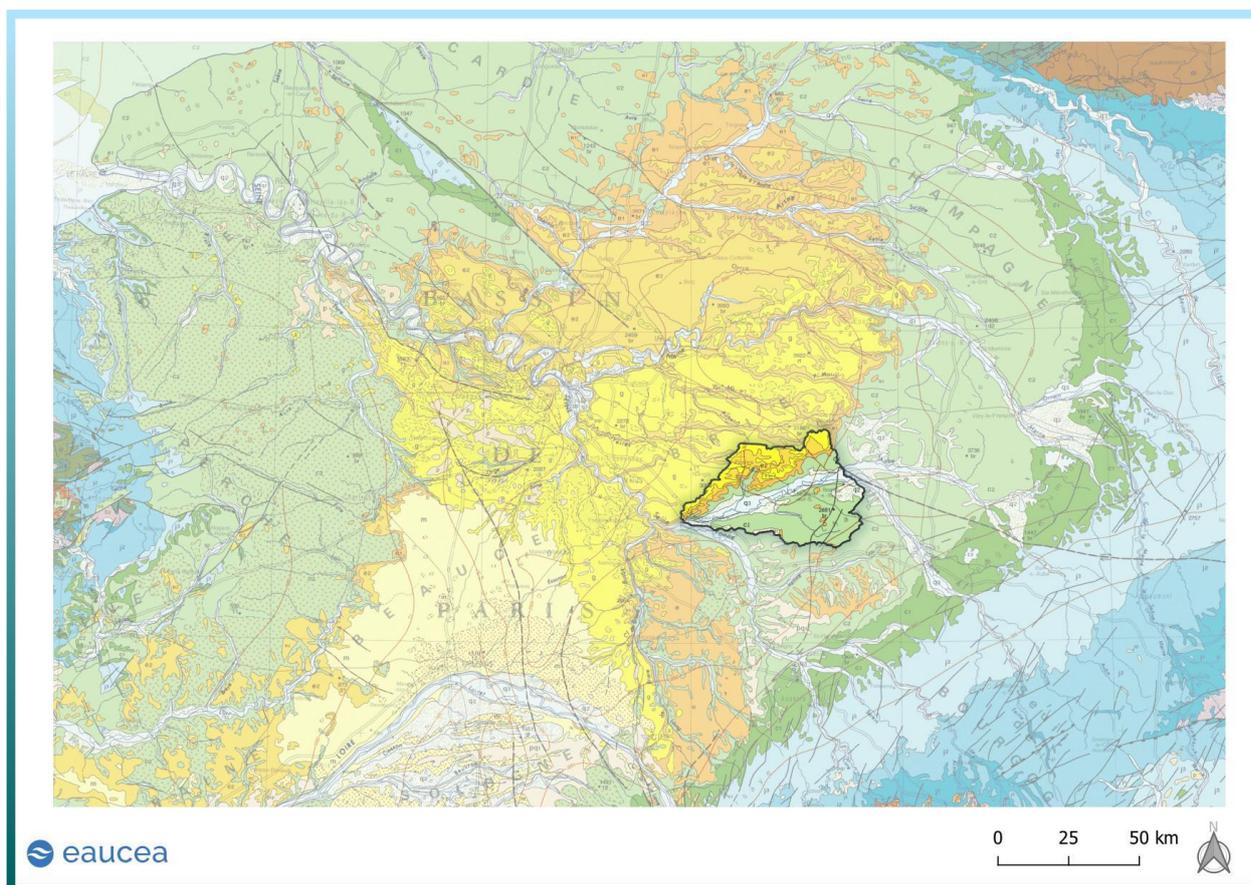


Figure 29 : Localisation du périmètre du SAGE dans le contexte du Bassin Parisien (carte géologique BRGM 1/1000000). Les couleurs bleues représentent les terrains sédimentaires du Jurassique, les vertes les terrains sédimentaires du Crétacé, les jaunes les alluvions quaternaires.

Dans cette partie est du bassin sédimentaire, les couches géologiques ont un pendage général vers l'ouest (Figure 30).

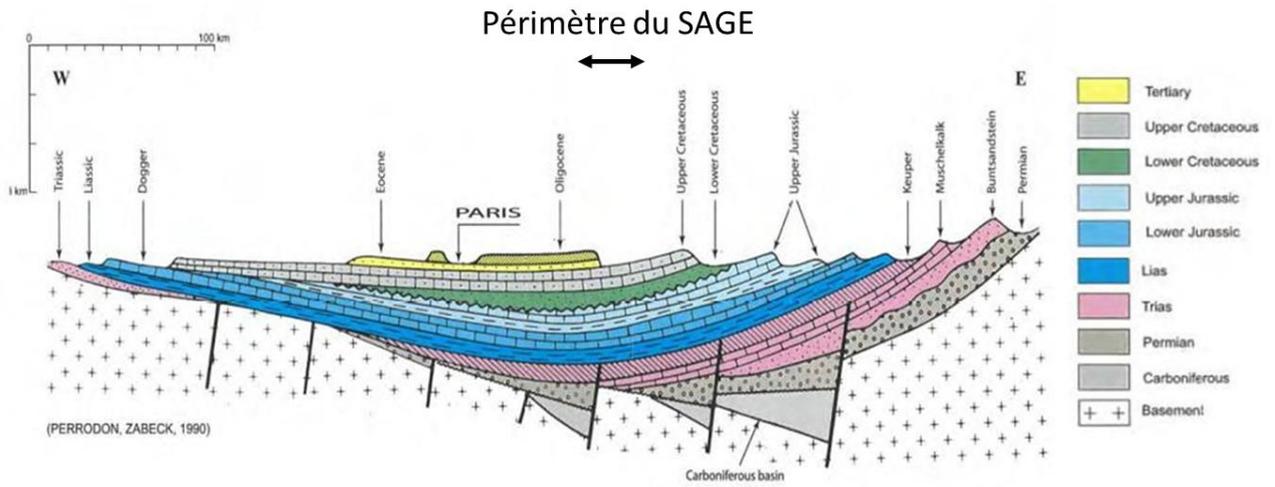


Figure 30 : Coupe Géologique E-O du bassin de Paris (Perrodon, 1990⁵)

Le périmètre du SAGE se situe à l’intersection des terrains du Crétacé et de ceux de l’Eocène Supérieur, déposé par-dessus en discordance (Figure 29, Figure 31).

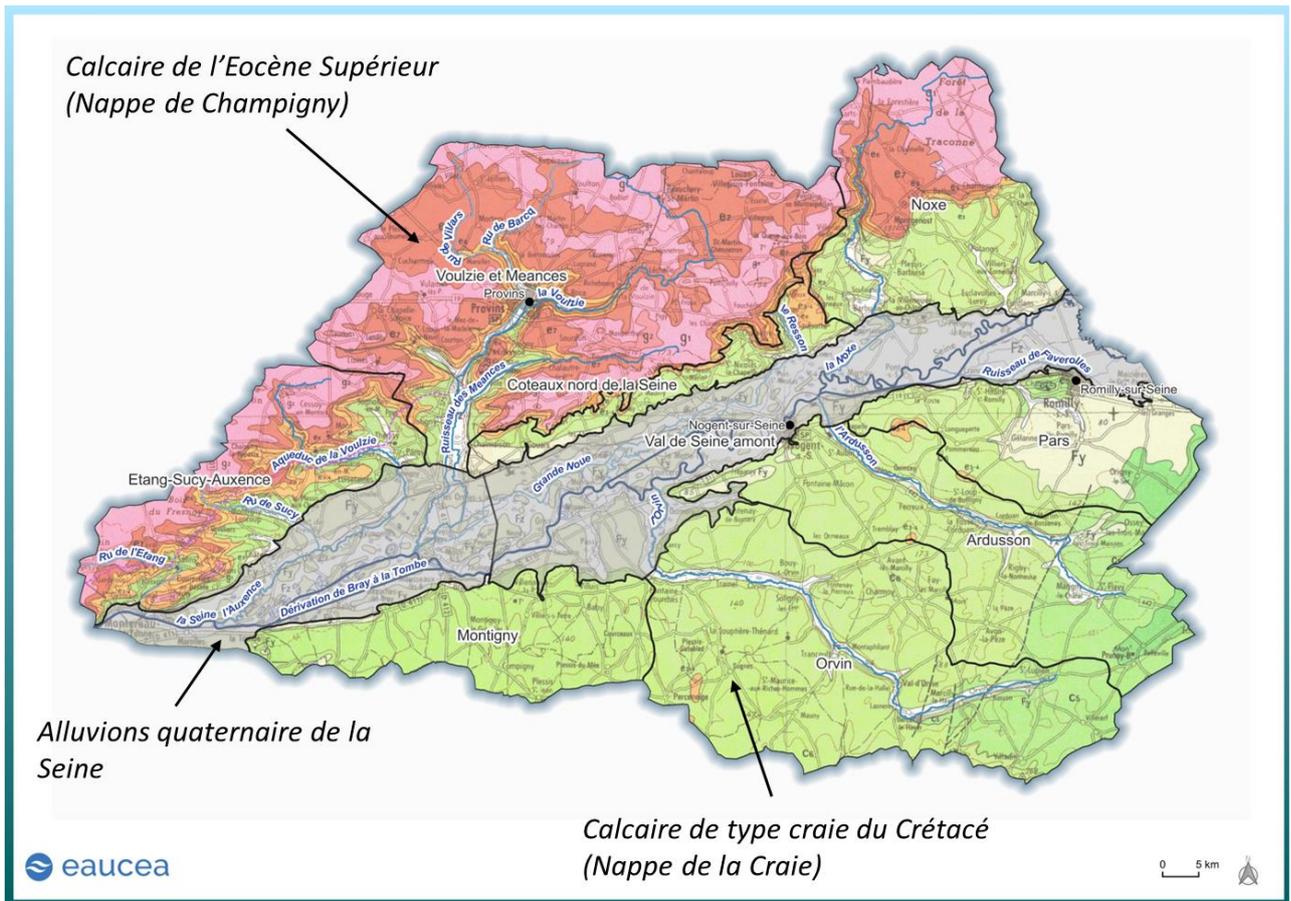


Figure 31 : Carte géologique des unités de gestion sur le périmètre du SAGE (source : carte géologique BRGM 1/250000)

⁵ PERRODON A. and ZABEK J. 1990. Paris Basin, in Interior Cratonic Basins : AAPG Memoir 51, p. 633-679

Ainsi trois aquifères majeures se distinguent sur le périmètre :

- ✓ Au nord, **les calcaires de l'Eocène supérieur** (Cénozoïque). Il s'agit de calcaires d'origine lacustre présentant des circulations karstiques. La base de cet aquifère est constituée de niveaux marneux imperméables de l'Yprésien. Le réservoir des calcaires de l'Eocène correspond à la formation aquifère alimentant les sources de la Voulzie qui sont utilisées (avec compensation) pour l'alimentation en eau destinée à la consommation humaine de la ville de Paris. A noter que dans le secteur des sources de la Voulzie, des aménagements de gouffres alimentant des circulations karstiques ont été réalisés notamment au niveau du secteur de Beauchery où des réseaux atteignant 20 km ont été mis en évidence. Au niveau du SAGE les écoulements de cet aquifère s'effectuent vers les ruisseaux de la Voulzie et de la Méances qui constituent les deux axes de drainage principaux ;
- ✓ Au centre, **les alluvions de la Seine**. Il s'agit de sables et galets enrobés dans une matrice argilo-sableuse à limoneuse. Ces alluvions sont présentes sur des épaisseurs variables pouvant atteindre près de 10 m dans certains secteurs. Elles constituent un aquifère de type poreux abritant une nappe libre en relation directe avec la Seine. En période de hautes et de très hautes eaux, la Seine alimente l'aquifère alluvial. A l'inverse en période de basses et de très basses eaux, la nappe alluviale alimente la Seine. La nappe s'écoule du nord-est vers le sud-ouest conjointement au sens d'écoulement de la Seine à l'origine de leur dépôt. A noter que ces alluvions ont par le passé, et encore actuellement, été intensément exploitées pour la production de granulats. Ainsi de nombreuses gravières sont présentes tout au long du corridor alluvionnaire ;
- ✓ Au sud, **les calcaires du Crétacé de la Craie**. Il s'agit de la formation composant l'assise géologique du secteur du SAGE. Elle est composée de calcaires d'origine marine, friables et plus ou moins fracturés et fissurés avec un gradient d'intensité de la surface vers la profondeur. Du fait de son extension (horizontale et latérale) importante et de son altération, cette formation géologique contient un aquifère présentant un stock d'eau important et des productivités élevées qui en font une ressource stratégique au niveau régional et national. Les cours d'eau de l'Orvin, de l'Ardusson et du Pars sont alimentés par le débordement de cet aquifère. La Seine a creusé son lit et déposé ses alluvions au sein de cette formation calcaire. Ainsi l'aquifère des alluvions de la Seine est en étroite relation avec la nappe dite « de la Craie » et des interactions et des échanges complexes sont présents entre ces deux compartiments. La nappe de la Craie est drainée dans le secteur du SAGE par la Seine et par les cours d'eau secondaires comme l'Orvin, l'Ardusson et le Pars sont alimentés par le débordement de cet aquifère.

La Figure 32 décrit la piézométrie des deux nappes (nappe de Champigny et de la Craie) en basses eaux, en 2003 pour la première et en 2011 pour la seconde. Les deux interpolations mettent en évidence de manières communes sur les deux systèmes hydrogéologiques (Figure 33) :

- Un sens d'écoulement depuis les hauts topographiques vers la vallée de la Seine
- Des cours d'eau drainant les nappes souterraines.

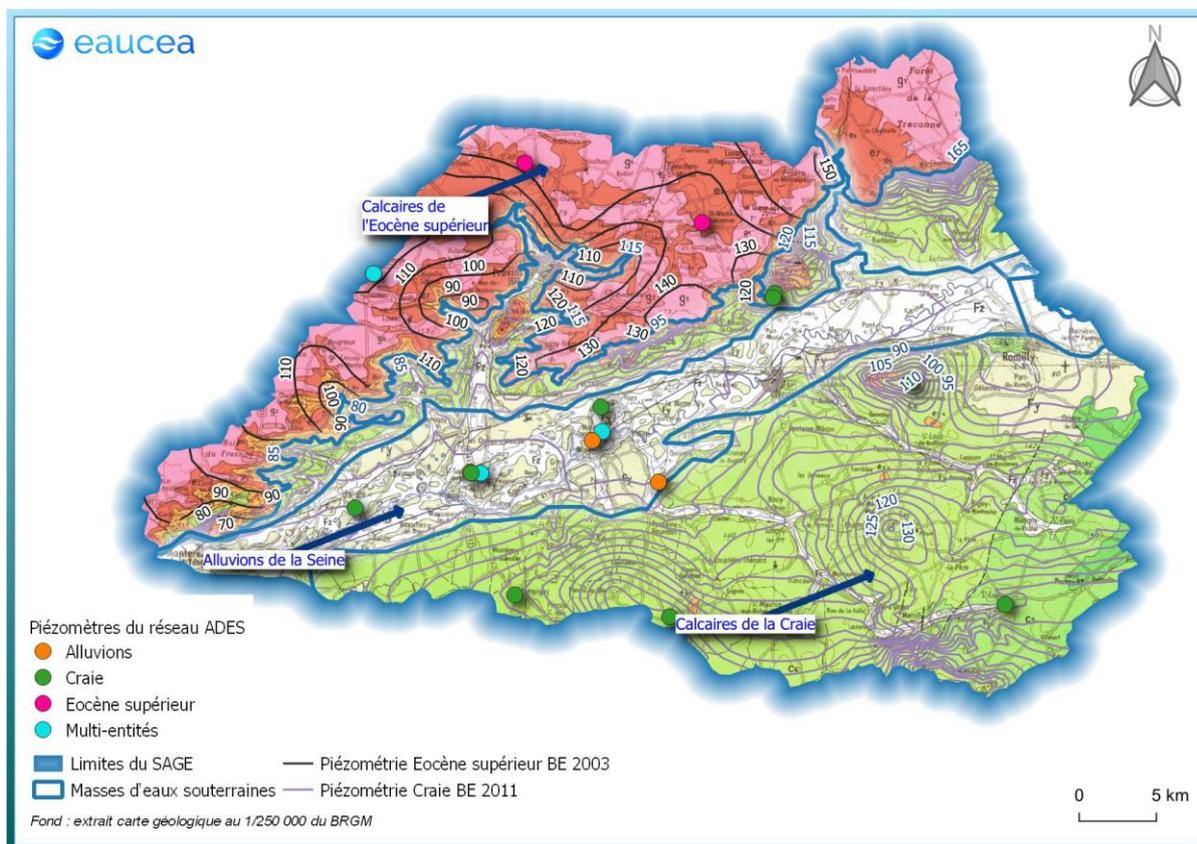


Figure 32 : Carte piézométrique en basses eaux des nappes de Champigny (Calcaires de l'Eocène Supérieur) et de la Craie (Calcaire de la Craie)

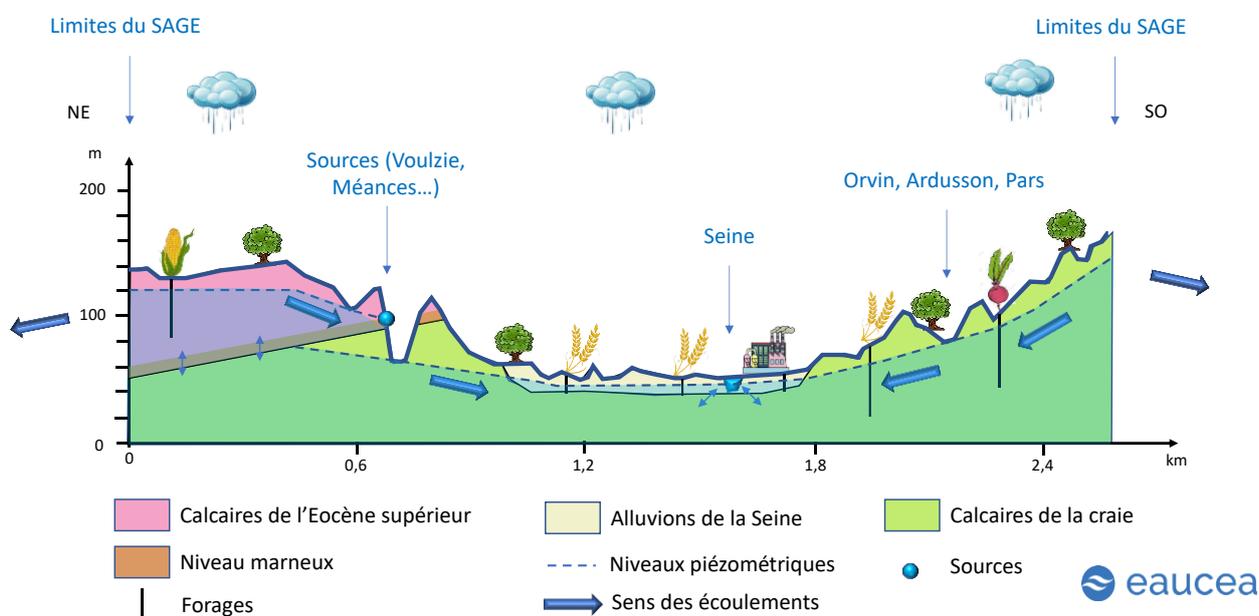


Figure 33 : Schéma du fonctionnement hydrogéologique des aquifères présents sur le périmètre du SAGE.

L'étude volume prélevable excluant les unités de gestions de la plaine alluviale de la Seine, les principaux aquifères présents sur le périmètre de l'étude correspondent :

- ✓ A la nappe de la Craie (masse d'eau de la Craie du Senonais et Pays d'Othe) ;

- ✓ A la nappe de Champigny (masse d'eau Tertiaire – Champigny en Brie et Soissonais).

Ces entités aquifères sont découpées en différentes « masses d'eau » décrites par le SDAGE 2022-2027. Ainsi, les masses d'eau souterraines présentes à l'affleurement et en relation directe avec les cours d'eau sont les suivantes :

- ✓ FRHG209 - Craie du Senonais et Pays d'Othe correspondant à l'emprise des sous-bassins Pars, Ardusson, Orvin, Montigny et Coteaux nord de la Seine ;
- ✓ FRHG103 - Tertiaire – Champigny – en brie et Soissonais correspondant à l'emprise des sous bassins Noxe (partie amont), Voulzie et Méances et Etang-Sucy-Auxence ;

Sur le périmètre du SAGE, le réseau ADES⁶ comprend 9 piézomètres actifs en 2024 mesurant les aquifères de Champigny, de la Craie et les alluvions de la Seine (Figure 34 et Tableau 4) :

- 3 piézomètres mesurent la masse d'eau FRHG103 (la nappe de Champigny) au niveau de l'UG Voulzie-Méance
- 5 piézomètres mesurent la masse d'eau FRHG203 (la nappe de la Craie)
- 1 piézomètre mesure la nappe alluviale de la Seine

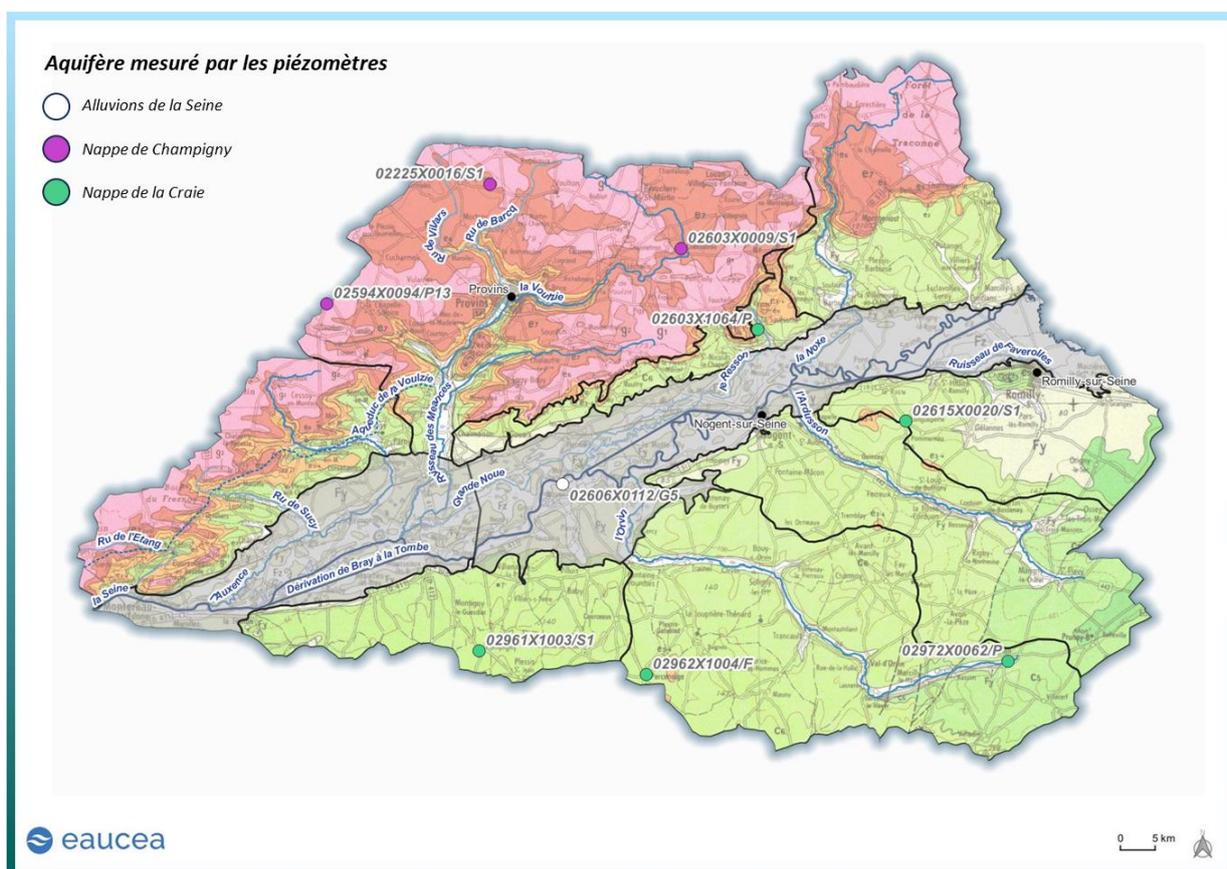


Figure 34 : Carte de la position des piézomètres du réseau ADES actifs en 2024 sur le périmètre du SAGE Bassée Voulzie

⁶ <https://ades.eaufrance.fr/>

Code BSS	Commune	X	Y	Alt.	Prof.	Nbr. mesures	Date début	Date fin	Nom masse d'eau
02961X1003/S1	Compigny	3.27	48.37	108	33	18 906	20/07/1965	29/06/2024	Craie du Senonais et Pays d'Othe
02962X1004/F	Perceneige	3.41	48.35	155	39	6 815	23/08/2005	29/06/2024	Craie du Senonais et Pays d'Othe
02615X0020/S1	Saint-Hilaire-sous-Romilly	3.62	48.49	146	33	7 060	13/01/1969	27/06/2024	Craie du Senonais et Pays d'Othe
02225X0016/S1	Saint-Hilliers	3.28	48.62	158	16	11 812	05/01/1971	27/06/2024	'Tertiaire - Champigny - en Brie et Soissonnais'
02603X0009/S1	Beauchery-Saint-Martin	3.44	48.58	143	28	16 850	01/01/1969	27/06/2024	'Tertiaire - Champigny - en Brie et Soissonnais'
02606X0112/G5	Noyen-sur-Seine	3.34	48.46	58	15	11 992	07/01/1971	27/06/2024	Alluvions de la Bassée'
02972X0062/P	Saint-Lupien	3.70	48.36	130	5	4 525	25/01/2012	27/06/2024	Craie du Senonais et Pays d'Othe
02603X1064/P	La Saulsotte	3.50	48.54	77	31	12 115	13/01/1969	27/06/2024	Craie du Senonais et Pays d'Othe
02594X0094/P13	Maison-Rouge	3.15	48.56	151	60	7 829	13/11/2002	16/05/2024	'Tertiaire - Champigny - en Brie et Soissonnais'

Tableau 4 : Descriptif des points du réseau ADES actif en 2024

3.2.2 Les calcaires Eocène de la nappe de Champigny

3.2.2.1 Description hydrogéologique de l'aquifère

La masse d'eau Tertiaire – Champigny en Brie et Soissonnais présente une superficie d'environ 5200 km² en quasi-totalité à l'affleurement (Figure 35). Les formations datant du Tertiaire s'étagent de l'Yprésien au Stampien et reposent sur la Craie du Crétacé supérieur (La nappe de la Craie). Le faciès sédimentaire passe de sédiments lagunaires au nord-ouest vers des sédiments lacustres au sud-est, avec une diminution générale de l'épaisseur des formations.

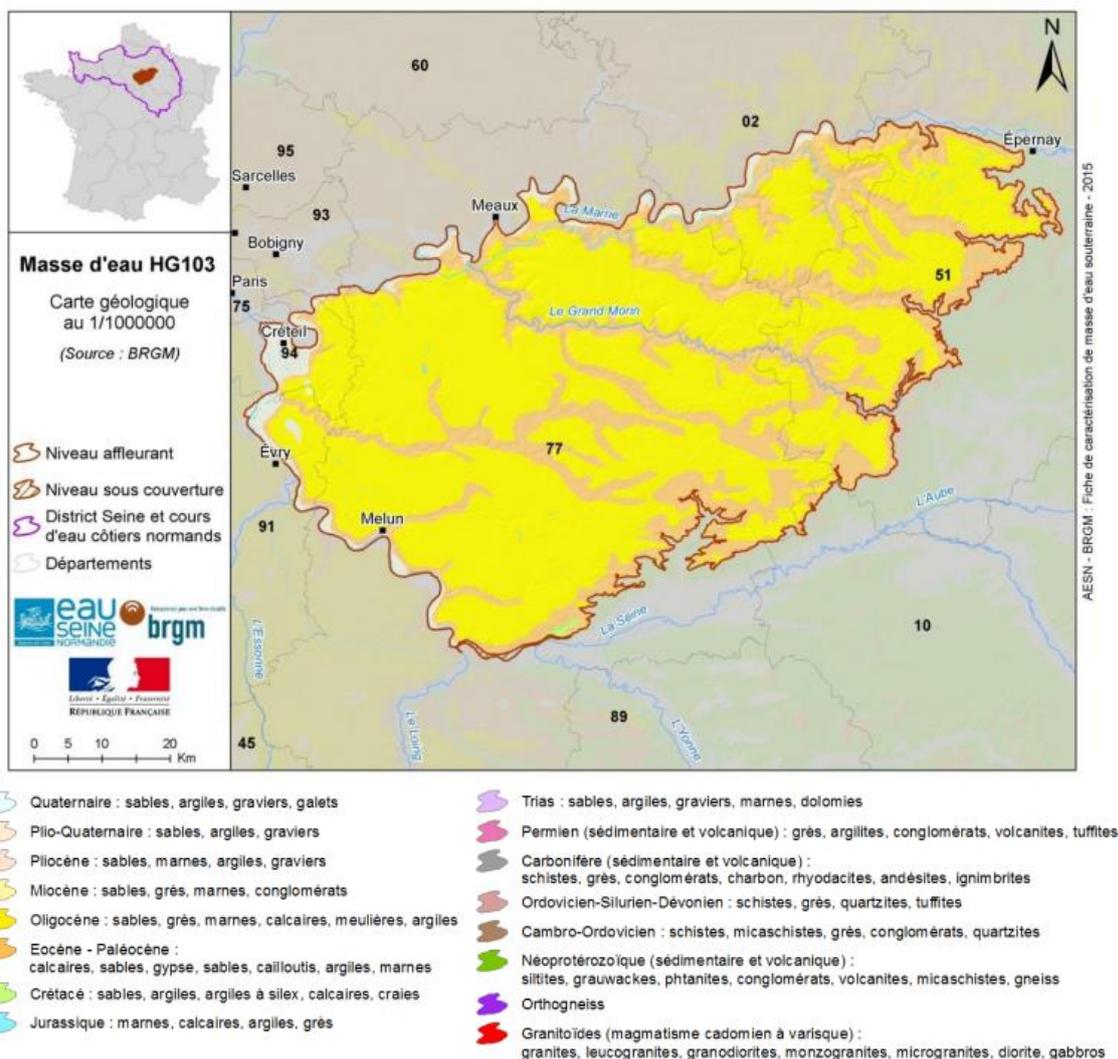


Figure 35 : Fiche de localisation de la masse d'eau Tertiaire – Champigny en Brie et Soissonais (SIGES Seine-Normandie⁷)

Le réservoir aquifère est constitué par un ensemble multicouche de formations calcaires, séparé localement par des intercalations marneuses¹⁰, pouvant atteindre 80m d'épaisseur environ. Dans le secteur de Provins, l'aquifère est constitué d'une vingtaine de mètre de calcaire lacustre indifférencié⁸. D'une manière générale, l'aquifère est libre et la morphologie de la surface piézométrique est très étroitement liée à la topographie (Figure 32). Le drainage aboutit essentiellement vers une demi-douzaine de sources importantes et on constate une anomalie particulière dans les gradients.

L'alimentation de la nappe est assez complexe, avec des phénomènes karstiques bien caractérisés notamment sur le périmètre du SAGE, et une infiltration très importante (Figure 36).

⁷ https://sigessn.brgm.fr/files/FichesMESO/Fiches_completes/Fiche_MESO_FRHG103_Seine-Normandie.pdf

⁸ Vernoux, Jean-François (1996) – Bilan de la nappe des calcaires de Champigny (Seine et Marne). BRGM/RR-38768-FR, 35 p. 6 tab., 22 fig.

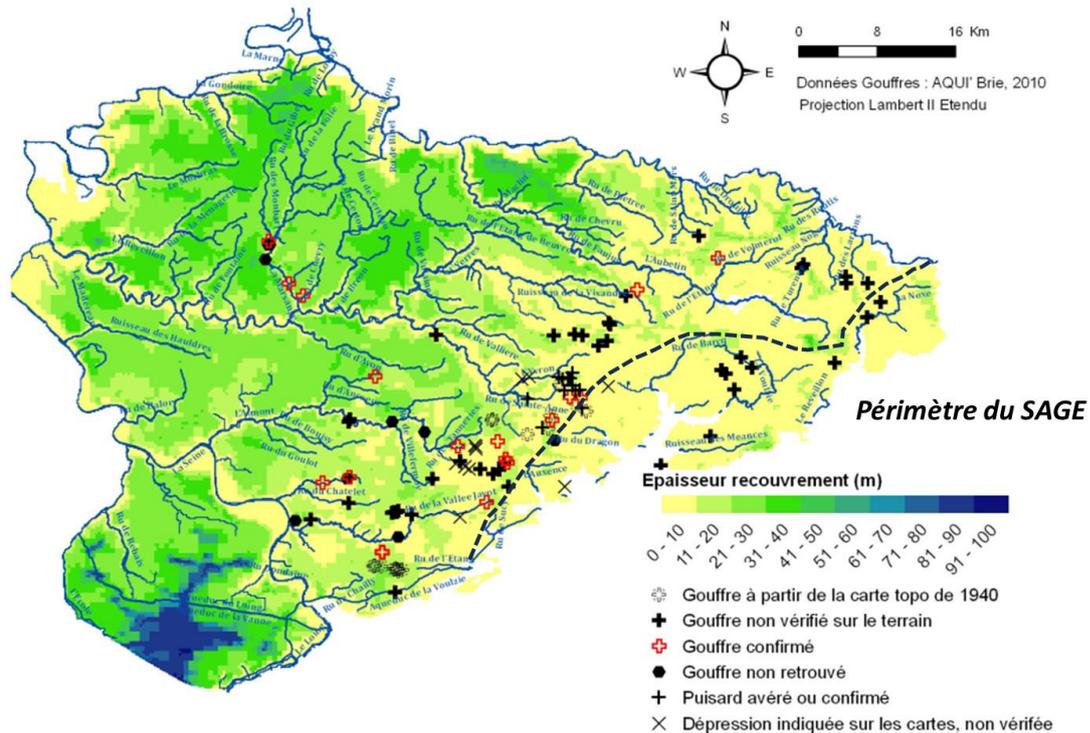


Figure 36 : Carte des gouffres sur la nappe de Champigny (source Bellier, 2013⁹)

L'écoulement de la nappe se fait selon deux directions différentes (Figure 37) :

- De façon la plus importante, en direction du bassin de l'Yerres vers le nord-ouest
- Localement sur les marges du bassin de Provins, l'écoulement s'effectue en direction de la plaine de la Bassée en donnant naissance à des sources de déversement au contact avec les Argiles de Provins formant l'interface imperméable entre la nappe de Champigny et la nappe de la Craie.

Le périmètre du SAGE correspond à cette seconde zone de l'aquifère où l'écoulement se fait en direction de la plaine de la Bassée.

⁹ Sandra Bellier, 2013, Modélisation de la contamination nitrique de la nappe des calcaires de Champigny. Application à la protection des captages prioritaires de la fosse de Melun et de la basse vallée de l'Yerres, Thèse de doctorat, Mines Paris Tech, Fontainebleau

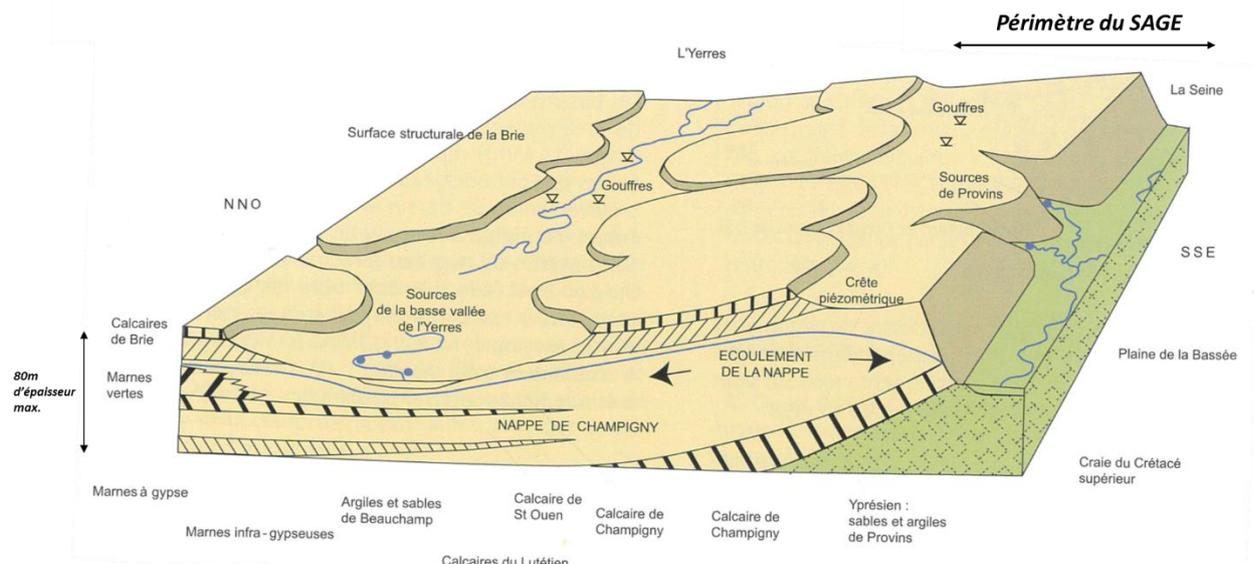


Figure 37 : bloc 3D schématique de la nappe de Champigny (d'après Roux et al, 2006¹⁰)

La dimension spatiale très importante de l'aquifère, dont le SAGE ne couvre que les marges, forme une composante importante de l'étude. Le niveau piézométrique sur le périmètre du SAGE n'est donc pas indépendant des phénomènes situés en dehors de celui-ci, que ce soit l'hydro-climatologie ou les usages.

3.2.2.2 Etats quantitatifs selon le SDAGE 2022-2027

L'état quantitatif de cette masse d'eau édité dans le cadre du cycle Directive Cadre sur l'Eau (DCE) 2016-2021 est considéré comme bon (Tableau 5) avec une confiance moyenne dans l'évaluation de cet état.

Etat de la masse d'eau : BON

Niveau de confiance de l'évaluation : MOYEN

Type de test	Pertinence du test	Résultat du test	Niveau de confiance associé
Balance prélèvements / ressources (test 6)	OUI	Bon	Moyen
Eaux de surface (test 2)	OUI	Bon	Faible
Ecosystèmes terrestres dépendants (test 3)	OUI	Bon	Faible
Intrusion salée ou autre (test 4)	NON	Sans objet	Sans objet

Tableau 5 : Evaluation DCE 2016-2021 de l'état quantitatif de l'évaluation de la masse d'eau Tertiaire – Champigny en Brie et Soissonais (SIGES Seine-Normandie)

Les pressions exercées (Tableau 6) correspondent aux principalement aux prélèvements pour l'alimentation en eau potable et l'industrie avec une évolution du niveau piézométrique avec une légère diminution la période 1970-2010. Ces prélèvements sont analysés de manière fine sur le périmètre du SAGE dans la phase 2 de cette étude.

¹⁰ Roux, J. C. (2006). Aquifères & eaux souterraines en France. BRGM.

Liste des pressions significatives : agriculture, industrie, prélèvements

Type d'impact significatif :

Type d'impact quantitatif	Impact	Commentaires
Dégradation de la qualité des eaux de surface associées (test 2)	OUI	Des cours d'eau subissent une pression moyenne, forte à très forte exercée par les prélèvements en eau souterraine en période d'étiage
Dégradation des zones humides faute d'apport des eaux souterraines (aspect quantité, test 3)	OUI	1 zone humide est estimée comme impactée par les prélèvements en eau souterraine.
Altération du sens d'écoulement entraînant une intrusion saline (test 4)	NON	
Prélèvement excédant la ressource disponible (baisse du niveau de la MESO, test 6)	OUI	Certains bassins versants de la masse d'eau sont en déséquilibre quantitatif (allant jusqu'au fort)

Situation de 2008 à 2012 et évolution tendancielle des prélèvements (sources : données de redevances du bassin Seine-Normandie, complétées par les volumes non soumis à redevance : captage d'eau destinée à la consommation humaine fournissant en moyenne plus de 10 m³ par jour ou desservant plus de cinquante personnes, Article 7 de la DCE) :

	Types d'utilisation			
	AEP	Agricole	Industries et autres	GLOBAL
Prélèvement moyen des eaux souterraines (en Mm3/an)	92,02	1,85	10,42	104,29
Nombre de points de captage	363	103	107	572
Précision du nombre	Approximatif	Approximatif	Approximatif	Approximatif
Part relative des prélèvements par usage (en %)	88,2	1,8	10,0	100
Evolution des prélèvements d'eau souterraine	Baisse	Stable	Baisse	Baisse

La tendance piézométrique à la masse d'eau sur la période 1970 - 2010 par la méthode de Mann Kendall montre une diminution entre 3 et 5 cm/an.

Tableau 6 : Evaluation DCE 2016-2021 des pressions sur la masse d'eau Tertiaire – Champigny en Brie et Soissonais (SIGES Seine-Normandie)

Ainsi l'évaluation du risque de non atteinte des objectifs environnementaux présente pour l'état quantitatif un niveau élevé du fait des prélèvements importants.

	RNAOE 2021	Niveau de confiance de l'évaluation du risque	Paramètres à l'origine du risque	Pressions cause de risque	Objectif et délai d'atteinte	Paramètres avec tendance à la hausse
CHIMIQUE	OUI	Elevé	Pesticides (atrazine, atrazine déséthyl, atrazine déséthyl déisopropyl, somme des pesticides)	Agricoles diffuses	Bon état 2027	Atrazine déséthyl déisopropyl et somme des pesticides
QUANTITATIF	OUI	Elevé		Prélèvements	Bon état 2015	

Tableau 7 : Evaluation du risque de non atteinte des objectifs environnementaux en 2021

3.2.2.3 Caractérisation piézométrique et évolution des ouvrages présents sur le périmètre

Sur le périmètre du SAGE, trois ouvrages actifs en 2024 mesurent la masse d’eau des calcaires éocènes de la nappe de Champigny, tous les trois situés au sein de l’UG Voulzie et Méances (Figure 38) :

- Le piézomètre 02603X0009/S1 (dit « piézomètre de Beauchery-Saint-Martin » ou « Saint Martin Chennetron »). Ce piézomètre est dit représentatif de la nappe¹¹, et montre une bonne corrélation entre le niveau de la nappe et la pluviométrie efficace sur le bassin⁸.
- Le piézomètre 02225X0016/S1 (dit « piézomètre de Saint Hillaire). Ce piézomètre a été sélectionné comme point nodal de l’UG Voulzie et Méances lors de l’étude précédente (Eaucéa, 2020¹²) puisqu’il a été considéré comme bien corrélé aux débits de la Voulzie à Jutigny¹². Il semble ceci dit être influencé par la nappe de calcaire de Saint Ouen en plus de celle de Champigny sensu-stricto¹¹.
- Le piézomètre 02594X0094/P13.

Les fiches détaillées de ces ouvrages ainsi que leurs coupes géologiques, quand celles-ci sont disponibles, sont présentées en **Annexe**.

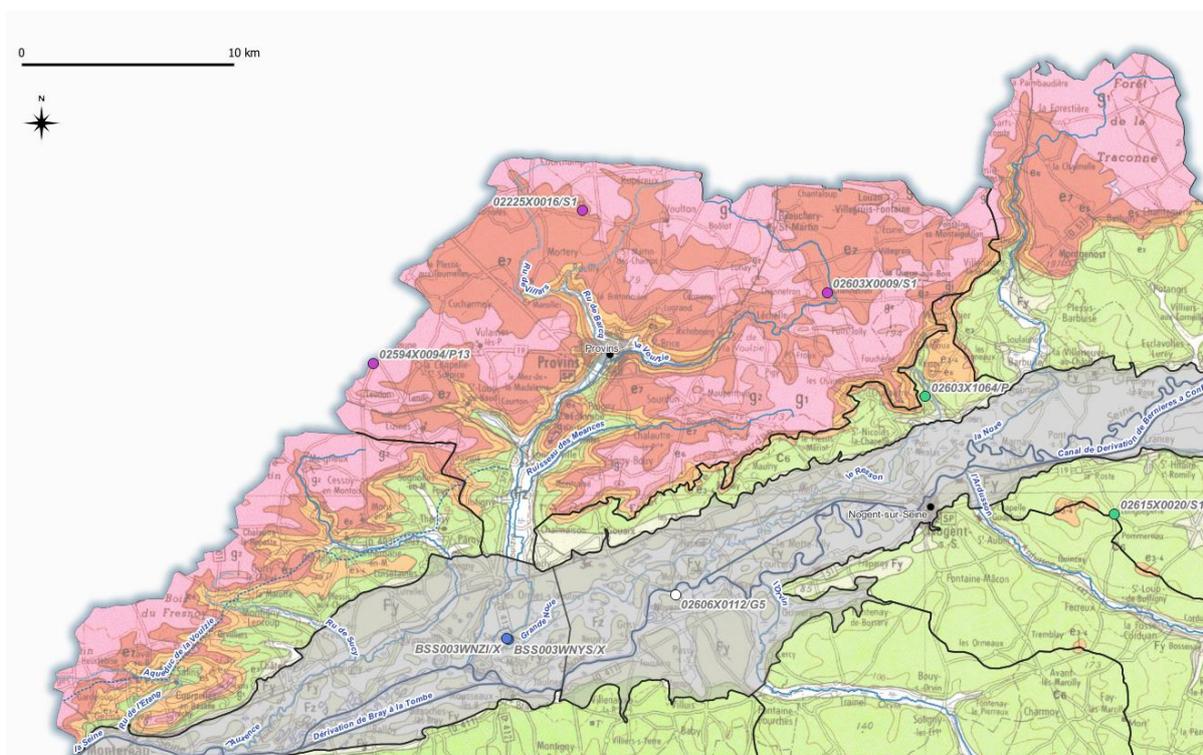


Figure 38 : Localisation des trois ouvrages actifs en 2024, disponible sur ADES, sur le périmètre du SAGE (carte géologique BRGM 1/250000).

L'évolution piézométrique de ces ouvrages souligne deux comportements différents (Figure 39) :

¹¹ Sandra Bellier, 2013, Modélisation de la contamination nitrique de la nappe des calcaires de Champigny. Application à la protection des captages prioritaires de la fosse de Melun et de la basse vallée de l'Yerres, Thèse de doctorat, Mines Paris Tech, Fontainebleau

¹² Eaucéa, 2020, Étude de la ressource et des besoins en eau sur le périmètre du sage Bassée Voulzie – Phases 1 et 3 – Inventaire des ressources disponibles et caractérisation des sous-bassins – 136p

- Pour les piézomètres 02603X0009/S1 et 02594X0084/S1, des amplitudes intra-annuelles relativement fortes (~20 m pour le premier et ~5 m pour le second), ainsi que des cycles interannuels marqués et globalement communs, d'environ 20 ans.
- Pour le piézomètre 02225X0016/S1, des amplitudes intra-annuelles beaucoup plus faibles (~3 m), masquant en grande partie les cycles interannuels malgré tout présent (Figure 40)

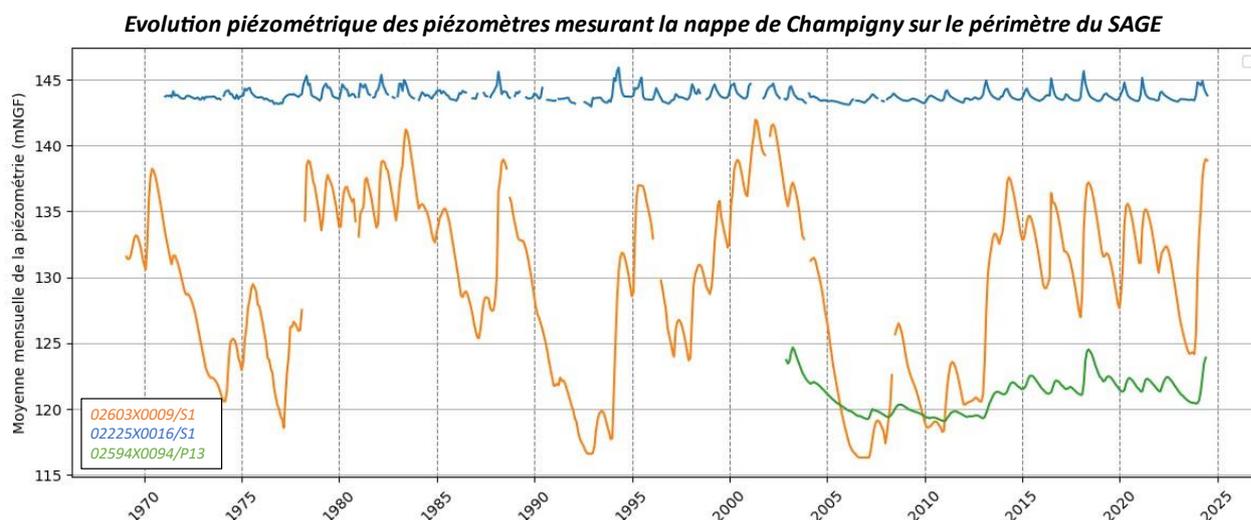


Figure 39 : Evolution piézométrique des piézomètres mesurant la nappe de Champigny sur le périmètre du SAGE

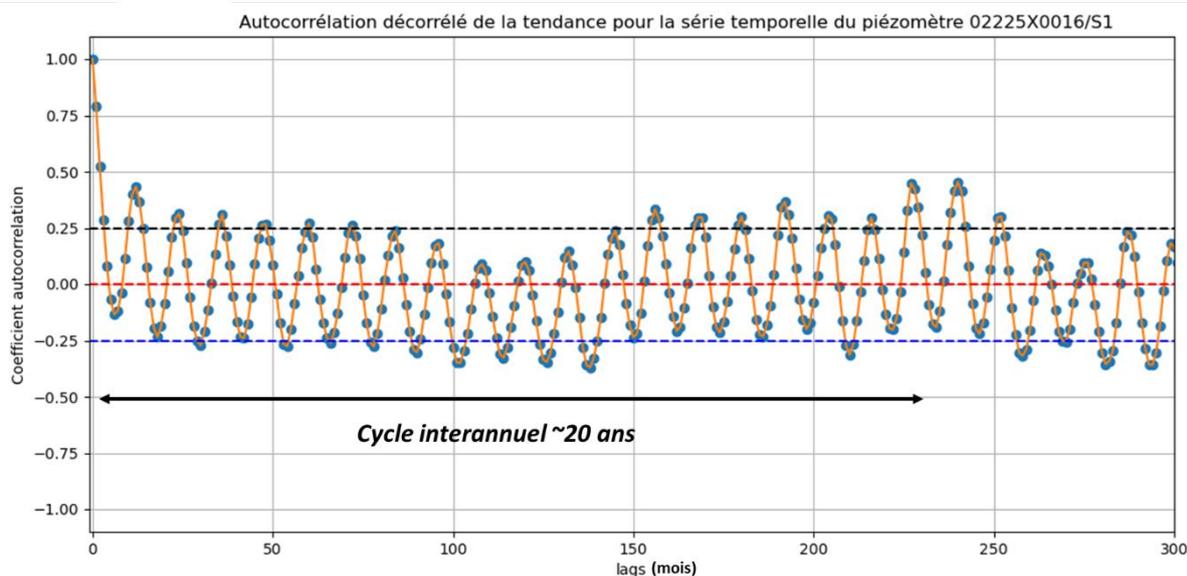


Figure 40 : Autocorrélation de la piézométrie (piezo: 02225X0016/S1) montrant des cycles interannuels de l'ordre d'une vingtaine d'années.

Le piézomètre de Saint Martin Chennetron (02603X0009/S1) est utilisé par les services de l'état comme indicateur seuil de définition des restrictions d'usages sur le territoire. Trois seuils sont ainsi définis :

- Le seuil de vigilance à 127.5 mNGF
- Le seuil d'alerte à 125.5 mNGF
- Le seuil d'alerte renforcé à 123.6 mNGF
- Le seuil de crise à 121.6 mNGF

Les fréquences et durée de franchissement des seuils sont fortement influencées par les cycles pluriannuels caractérisant cette série piézométrique (Figure 41). Il s’alterne ainsi de longues périodes où les seuils sont régulièrement franchis (1989-1994, 2004-2014), avec des périodes où ils ne le sont pas ou peu (1999-2004, depuis 2019).

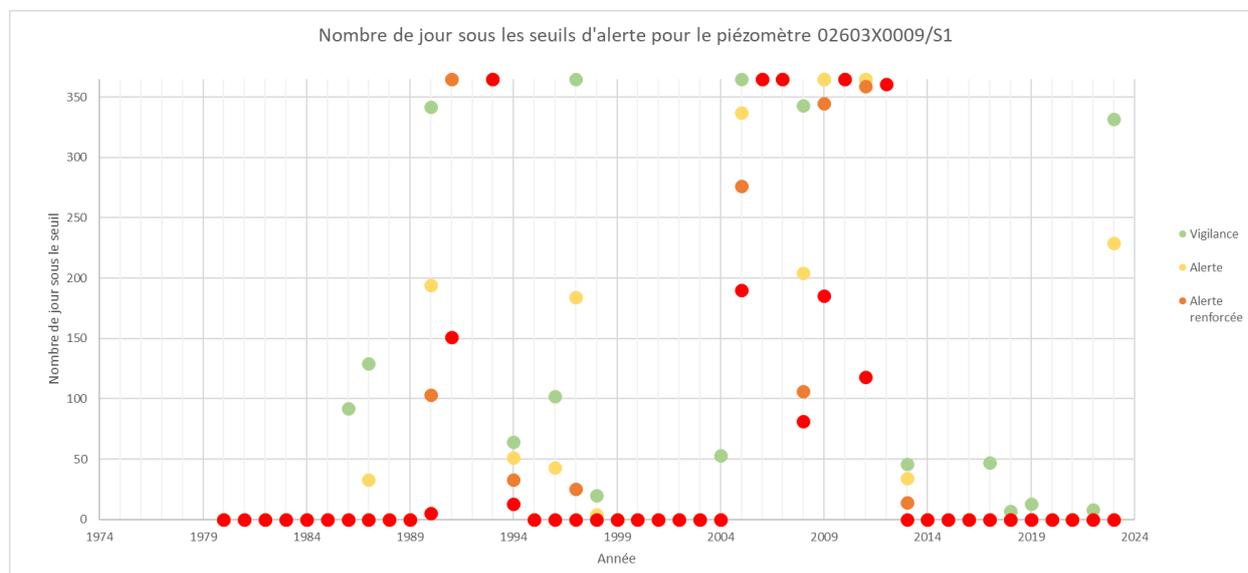


Figure 41 : Nombre de jour sous les seuils d'alerte pour le piézomètre 02603X0009/S1

Le piézomètre 02225X0016/S1, sélectionné comme point nodal représentatif de la masse d’eau de la nappe de Champigny dans l’étude précédente¹², est étudié plus en détail.

La tendance d’évolution statistique de la piézométrie depuis la mise en service de la station est calculée en Figure 42 selon la méthode proposée par Croiset (2018)¹³. L’évolution de la piézométrie qualifiée selon le test statistique de Mann-Kendall, prenant en compte le cas échéant l’autocorrélation de la série. Cette tendance statistique se calcule sur deux variables : la moyenne annuelle des moyennes mensuelles piézométriques, et le minimum annuel des moyennes mensuelles piézométriques.

Le calcul montre ici une tendance à la baisse avérée statistiquement au niveau des minimums annuels des moyennes mensuelles (Figure 42). La série piézométrique, marquée par des cycles de 20 ans, n’est pas suffisamment longue pour attester de l’influence de prélèvement sur cette tendance à la baisse d’après la méthode de Croiset (2018)¹³ : il faudrait au moins trois cycles pour vérifier cette affirmation.

¹³ Croiset, N., 2018. Guide d’évaluation des tendances d’évolution de la quantité et de la qualité des eaux souterraines (No. RP-68343-FR). BRGM, Orléans.

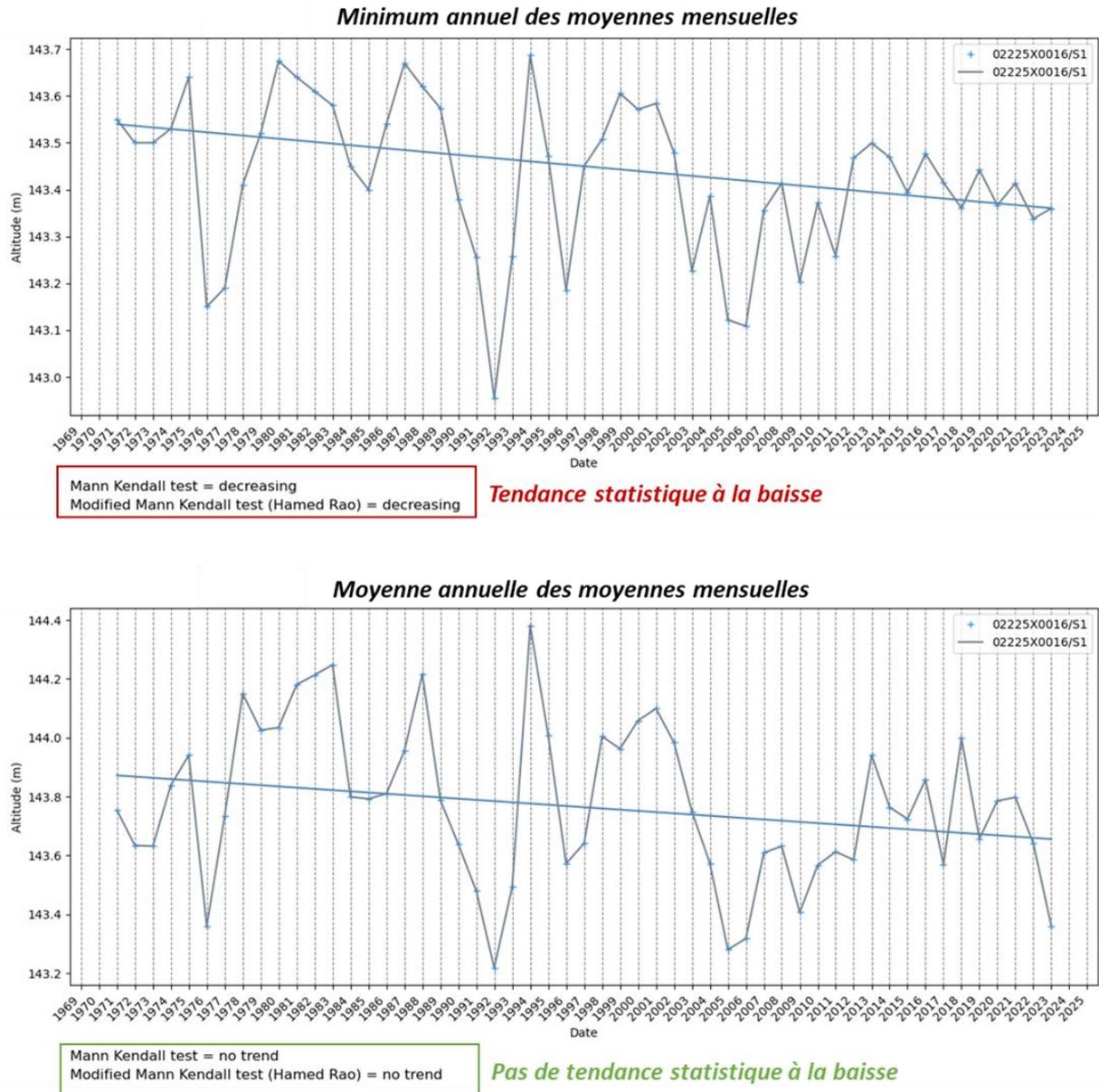


Figure 42 : Evaluation de la tendance piézométrique pour le piézomètre 02225X0016/S1

La longueur importante des données permet le calcul de statistiques de périodes de retours de type Indicateur Piézométrique Standardisé¹⁴ (IPS) pour cette série (Figure 43).

¹⁴ Seguin J.J. (2015) - Proposition d'un indicateur piézométrique standardisé pour le Bulletin de Situation Hydrologique "nappes". Rapport final. BRGM/RP-64147-FR. 89 p., 39 ill., 6 tabl., 4 ann.

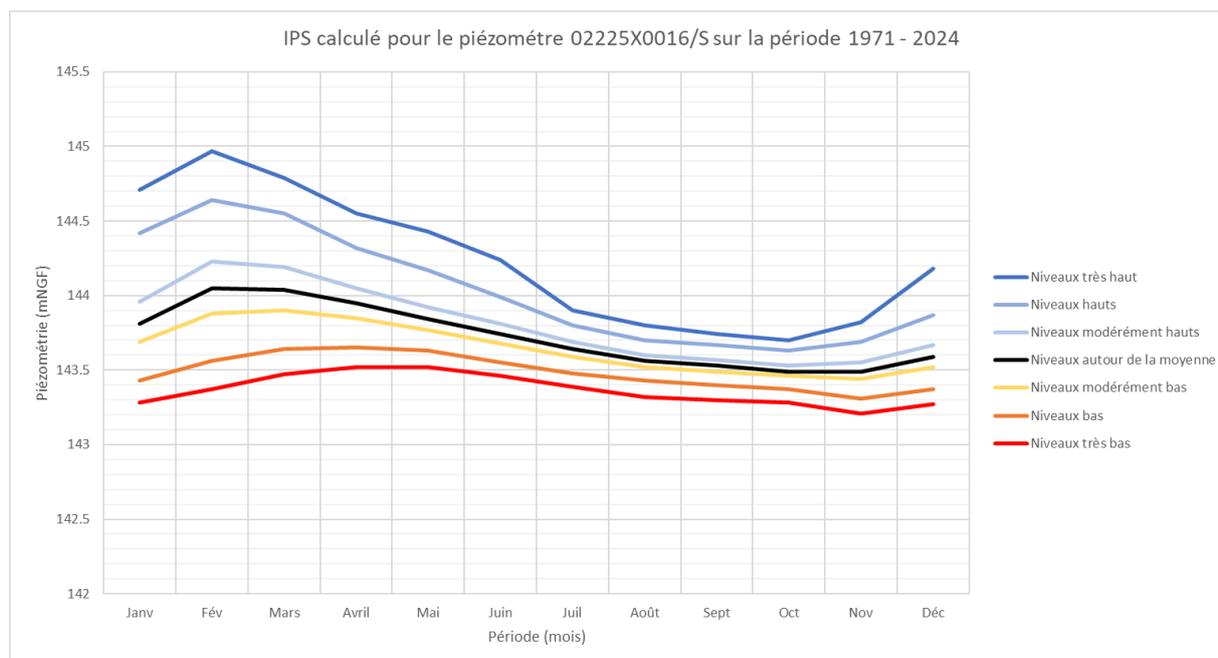


Figure 43 : IPS calculé pour le piézomètre 02225X0016/S sur la période 1971 - 2024

3.2.2.4 Relations nappe / rivière

Les données des piézomètres ont été rapprochées avec les données hydrologiques de la Voulzie, seul sous bassin de cette masse d'eau souterraine à disposer de données hydrologiques. Les résultats obtenus montrent une très bonne corrélation entre le piézomètre 0225X0016/S1 situé en limite nord du bassin Voulzie-Méances, avec les débits de la Voulzie à Jutigny.

Les variations observées illustrent parfaitement le phénomène de débordement de nappe avec une augmentation du niveau piézométrique entraînant à sa suite une augmentation du débit du cours d'eau et inversement en période de descente du niveau aquifère.

Les périodes pluvieuses se traduisent par des montées ponctuelles du débit sur la Voulzie indiquant une certaine part de ruissellement dans la composante de l'écoulement. Le débit de base reste cependant intimement lié à l'alimentation et au débordement de l'aquifère.

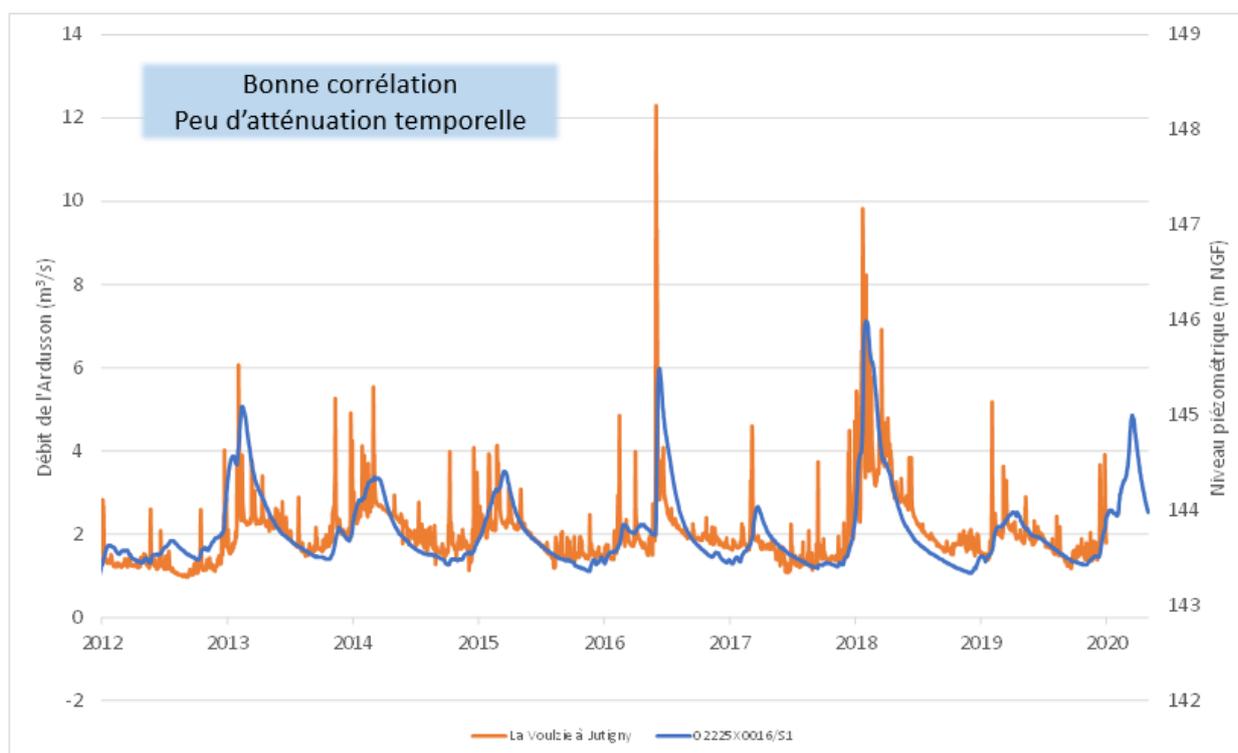


Figure 44 : Relation entre les débits de la Voulzie à Jutigny et les niveaux du piézomètre 0225X0016/S1

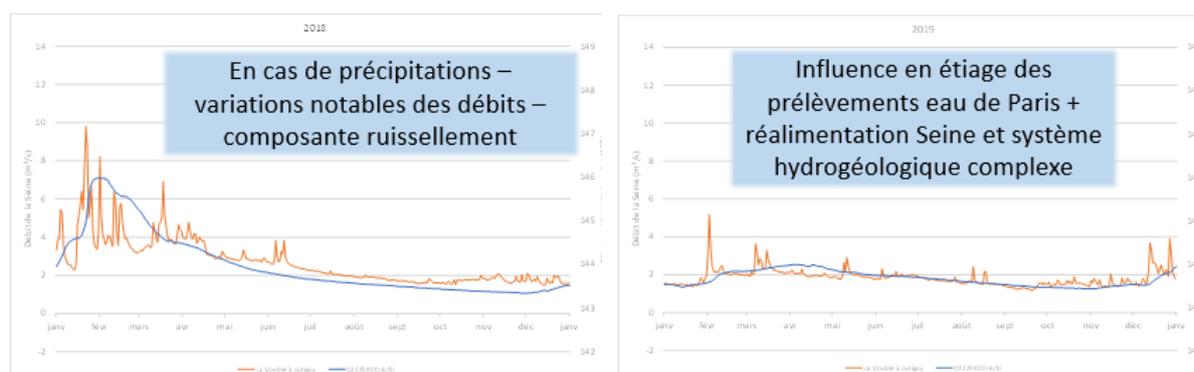


Figure 45 : Relation entre les débits de la Voulzie à Jutigny et les niveaux du piézomètre 0225X0016/S1 pour les années 2018 et 2019

La corrélation avec les autres piézomètres est beaucoup moins évidente. Les décalages temporels et d'amplitude sont en effet beaucoup plus marqués avec des phénomènes de retard des variations du niveau de nappe par rapport au débit de la rivière.

3.2.3 Le Crétacé de la nappe de la Craie

3.2.3.1 Description hydrogéologique de la masse d'eau

La masse d'eau de la Craie du Senonais et Pays d'Othe présente une superficie d'environ 3100 km² dont 70 % à l'affleurement et 30 % sous couverture (cf. **figure 46**). Les terrains de couverture correspondent aux formations des alluvions de la Bassée et de la nappe du Champigny.

Fiche éditée en Mars 2015 – cycle DCE 2016 - 2021

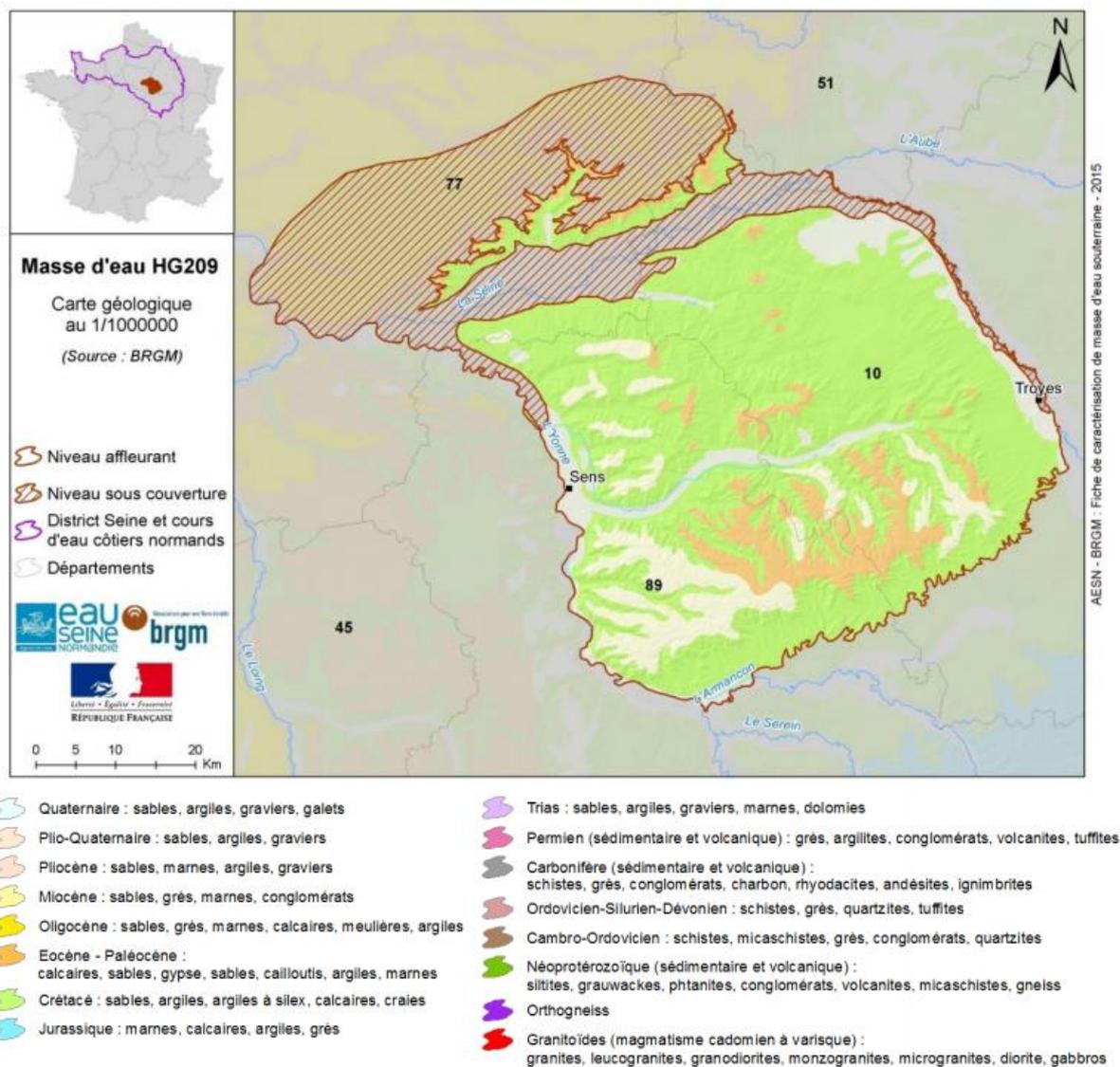
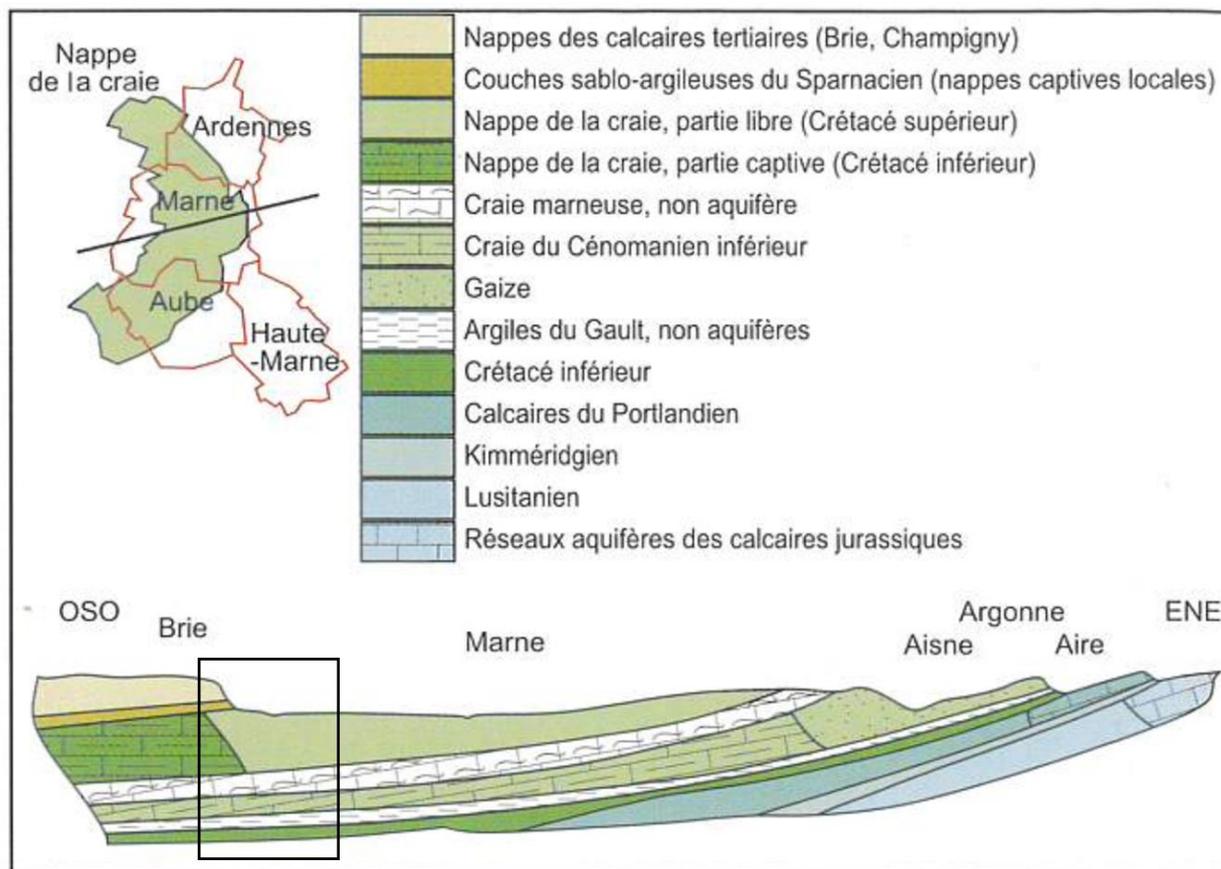


Figure 46 : Fiche de localisation de la masse d'eau de la Craie du Senonais et pays d'Othe (SIGES Seine-Normandie)

L'aquifère crétacé de la nappe de la Craie forme, comme l'Eocène de la nappe de Champigny, un aquifère régional libre qui s'étend bien au-delà du périmètre du SAGE (Figure 47). Le pendage général vers l'ouest plonge la formation sous celles de l'Eocène au niveau du périmètre du SAGE, où il devient sauf exception un réservoir très peu productif¹⁰.

Le réservoir est formé par les craies crétacés du Campanien, Santonien, Coniacien et Turonien supérieur, constituées dans l'ensemble de calcaire tendre à grains très fins composés de granules de calcites cocolithiques¹⁰.



Périmètre du SAGE

Figure 47 : Coupe géologique simplifiée de la nappe de la Craie (source : Roux et al, 2006¹⁰)

Ces formations calcaires sont fortement fracturées, entraînant la formation d'une importante perméabilité de fissures, qui forment l'essentiel du potentiel réservoir de cette aquifère¹⁰. Les fractures sont multiples et d'origines variées (déconfinement et tectonique notamment).

Dans ces roches, l'eau circule globalement selon la topographie, dans le réseau de fissures et de plans de stratification. Le réseau qui se développe est plus ou moins continu et ramifié en fonction de l'intensité des phénomènes qui ont provoqués la fracturation des roches, mais restent en général contenu dans la frange superficielle de l'affleurement, rarement plus profonde que 40 m. La fracturation de ces roches varie entre les coteaux (relativement faible) et les vallées (relativement forte), entraînant une vraie différence en termes de propriétés hydrodynamiques : coefficient d'emménagement et transmissivité importante dans les vallées mais plus réduite sur les coteaux.

Il se forme des réservoirs peu capacitifs mais fortement transmissifs. Le régime des rivières traduit ces propriétés : les eaux de pluie sont rapidement évacuées vers les rivières qui présentent des hydrogrammes assez peu amortis. L'été, les nappes s'épuisent rapidement, ce qui peut entraîner des assècs sévères notamment sur les zones amonts.

3.2.3.2 Etats quantitatifs selon le SDAGE 2022-2027

L'état quantitatif de cette masse d'eau édité dans le cadre du cycle Directive Cadre sur l'Eau (DCE) 2016-2021 est considéré comme médiocre (cf. **tableau 8**) avec une confiance moyenne dans l'évaluation de cet état.

Etat de la masse d'eau : MEDIOCRE

Niveau de confiance de l'évaluation : MOYEN

Type de test	Pertinence du test	Résultat du test	Niveau de confiance associé
Balance prélèvements / ressources (test 6)	OUI	Mauvais	Moyen
Eaux de surface (test 2)	OUI	Mauvais	Moyen
Ecosystèmes terrestres dépendants (test 3)	OUI	Bon	Faible
Intrusion salée ou autre (test 4)	NON	Sans objet	Sans objet

Tableau 8 : Evaluation DCE 2016-2021 de l'état quantitatif de l'évaluation de la masse d'eau de la Craie du Senonais et pays d'Othe (SIGES Seine-Normandie)

Les pressions exercées (cf. **tableau 9**) correspondent principalement aux prélèvements pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation en période d'étiage avec une évolution du niveau piézométrique à la stabilité sur la période 1970-2010. Ces prélèvements sont analysés de manière fine sur le périmètre du SAGE dans la phase 2 de cette étude.

Liste des pressions significatives : agriculture, prélèvements

Type d'impact significatif :

Type d'impact quantitatif	Impact	Commentaires
Dégradation de la qualité des eaux de surface associées (test 2)	OUI	Plusieurs cours d'eau subissent une pression moyenne, forte à très forte exercée par les prélèvements en eau souterraine en période d'étiage.
Dégradation des zones humides faute d'apport des eaux souterraines (aspect quantité, test 3)	OUI	1 zone humide est estimée comme impactée par les prélèvements en eau souterraine.
Altération du sens d'écoulement entraînant une intrusion saline (test 4)	NON	
Prélèvement excédant la ressource disponible (baisse du niveau de la MESO, test 6)	OUI	Certains bassins versants de la masse d'eau sont en déséquilibre quantitatif (allant jusqu'au fort)

Situation de 2008 à 2012 et évolution tendancielle des prélèvements (sources : données de redevances du bassin Seine-Normandie, complétées par les volumes non soumis à redevance : captage d'eau destinée à la consommation humaine fournissant en moyenne plus de 10 m³ par jour ou desservant plus de cinquante personnes, Article 7 de la DCE) :

	Types d'utilisation			
	AEP	Agricole	Industries et autres	GLOBAL
Prélèvement moyen des eaux souterraines (en Mm3/an)	58,86	4,73	1,69	65,28
Nombre de points de captage	248	277	51	577
Précision du nombre	Approximatif	Approximatif	Approximatif	Approximatif
Part relative des prélèvements par usage (en %)	90,2	7,2	2,6	100
Evolution des prélèvements d'eau souterraine	Baisse	Stable	Baisse	Baisse

La tendance piézométrique à la masse d'eau sur la période 1970 - 2010 par la méthode de Mann Kendall montre une stagnation ± 1 cm/an.

Tableau 9 : Evaluation DCE 2016-2021 des pressions sur la masse d'eau de la Craie du Senonais et pays d'Othe (SIGES Seine-Normandie)

Ainsi l'évaluation du risque de non atteinte des objectifs environnementaux présente pour l'état quantitatif un niveau élevé du fait des prélèvements importants.

	RNAOE 2021	Niveau de confiance de l'évaluation du risque	Paramètres à l'origine du risque	Pressions cause de risque	Objectif et délai d'atteinte	Paramètres avec tendance à la hausse
CHIMIQUE	OUI	Elevé	Pesticides (atrazine déséthyl), NO3	Agricoles diffuses	Bon état 2027	Atrazine déséthyl, déisopropyl, somme des pesticides et nitrates
QUANTITATIF	OUI	Elevé		Prélèvements	Bon état 2021	

Tableau 10 : Evaluation du risque de non atteinte des objectifs environnementaux en 2021

3.2.3.3 Caractérisation piézométrique et évolution des ouvrages présents sur le périmètre

Sur le périmètre du SAGE, 5 ouvrages actifs en 2024 mesurent la masse d'eau de la nappe de la Craie (Figure 48), situés au sein de plusieurs UGs du périmètre du SAGE (Pars, Orvin, Coteaux Nord de la Seine, Montigny) :

- Le piézomètre 02615X0020/S1, sélectionné comme point nodal de l'UG Pars dans l'étude précédente.
- Le piézomètre 02972X0062/P sur l'UG Orvin.
- Le piézomètre 02962X1004/F, sélectionné comme point nodal de l'UG Orvin dans l'étude précédente.
- Le piézomètre 02961X1003/S1, sélectionné comme point nodal de l'UG Montigny dans l'étude précédente.
- Le piézomètre 02603X1064/P, sélectionné comme point nodal de l'UG Coteaux Nord de la Seine dans l'étude précédente.

Les fiches détaillées de ces ouvrages sont présentées en **Annexe**.

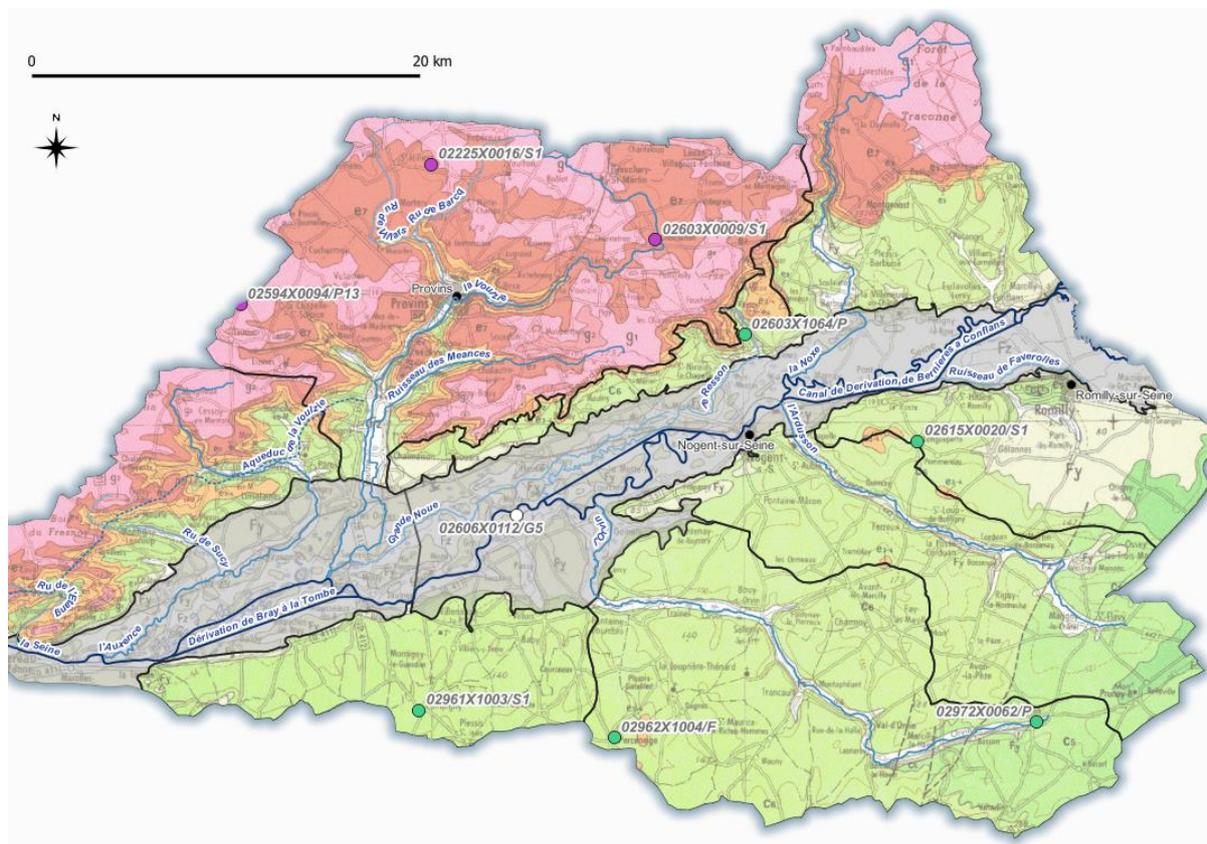


Figure 48 : Localisation des cinq ouvrages actifs en 2024, disponible sur ADES, sur le périmètre du SAGE (carte géologique BRGM 1/250000).

Les chroniques en moyenne mensuelle de ces piézomètres soulignent (Figure 49) :

- Des amplitudes intra-annuelles variables, qui sont relativement forte (5 à 10 m) sauf pour les piézomètres mesurant les coteaux de l’UG d’Orvin où cette variation intra annuelle est plus faible (~1 m).
- Des cycles interannuels qui semblent communs, avec une période de retour de l’ordre de 20 ans.

Evolution piézométrique des piézomètres mesurant la nappe de la Craie sur le périmètre du SAGE

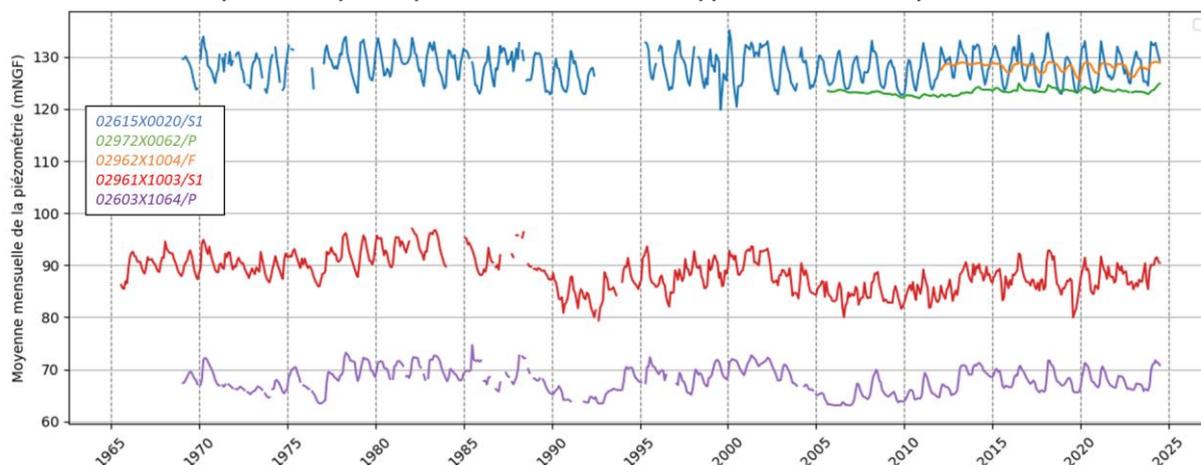


Figure 49 : Chronique piézométrique (moyenne mensuelle) des piézomètres mesurant la nappe de la Craie sur le périmètre du SAGE

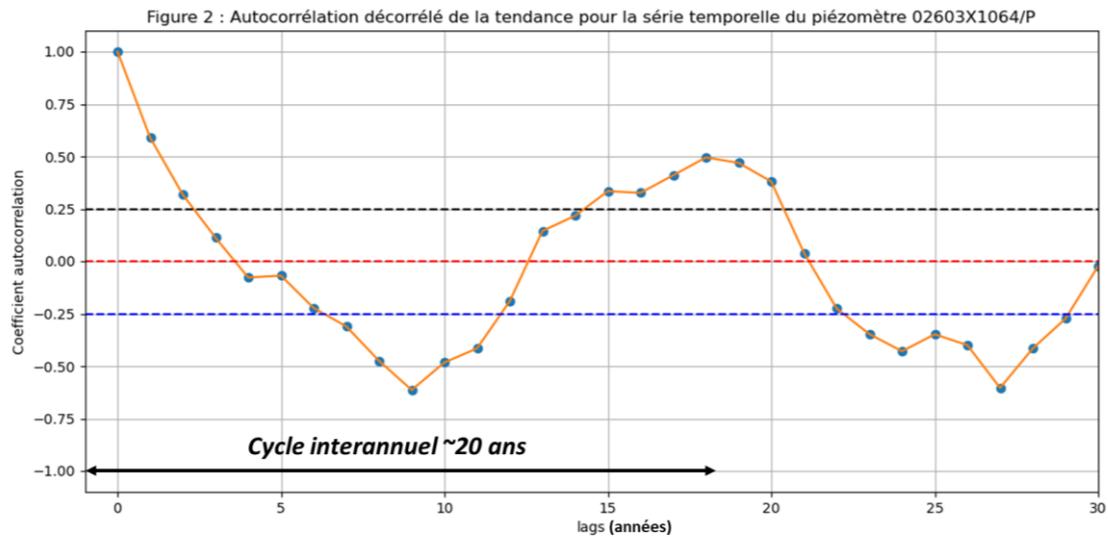


Figure 50 : Autocorrélation de la piézométrie (piezo: 02603X1064/P) montrant des cycles interannuels de l'ordre de 20 ans.

Les fortes dépressions piézométriques observés annuellement depuis 2016 sur le piézomètre 02972X0062/P semble indiquer une influence des prélèvements sur sa piézométrie (voir Annexe).

Les quatre piézomètres sélectionnés comme points nodaux représentatif des UGs de la nappe de la Craie, sélectionnés au cours de l'étude précédente¹², sont étudiés plus en détail.

La tendance d'évolution statistique de la piézométrie depuis la mise en service de la station est calculée de façon identique à la méthode adoptée pour les piézomètres mesurant la nappe de Champigny (Figure 51).

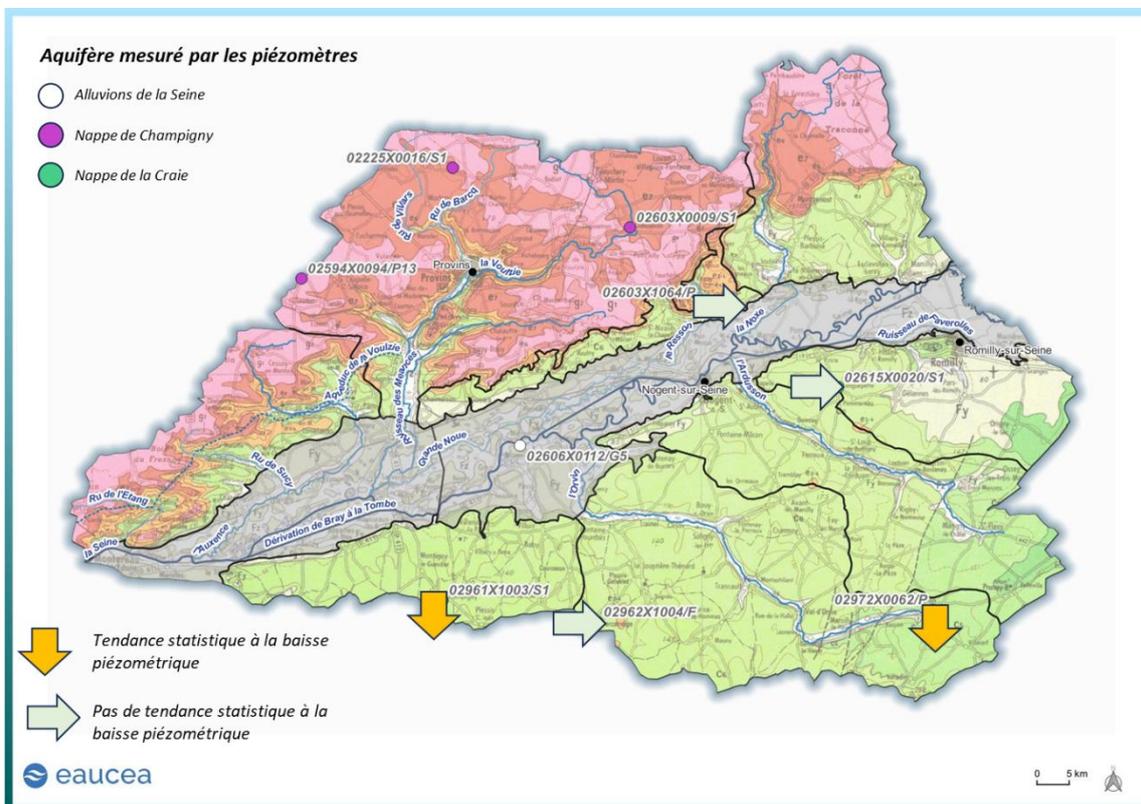


Figure 51 : Carte de la tendance statistique d'évolution des piézomètres mesurant la nappe de la Craie

Le calcul souligne deux piézomètres montrant une tendance à la baisse avérée statistiquement au niveau des minimums annuels des moyennes mensuelles et des moyennes annuelles des moyennes mensuelles (Exemple du piézomètre 0261X1003/S12 en Figure 52).

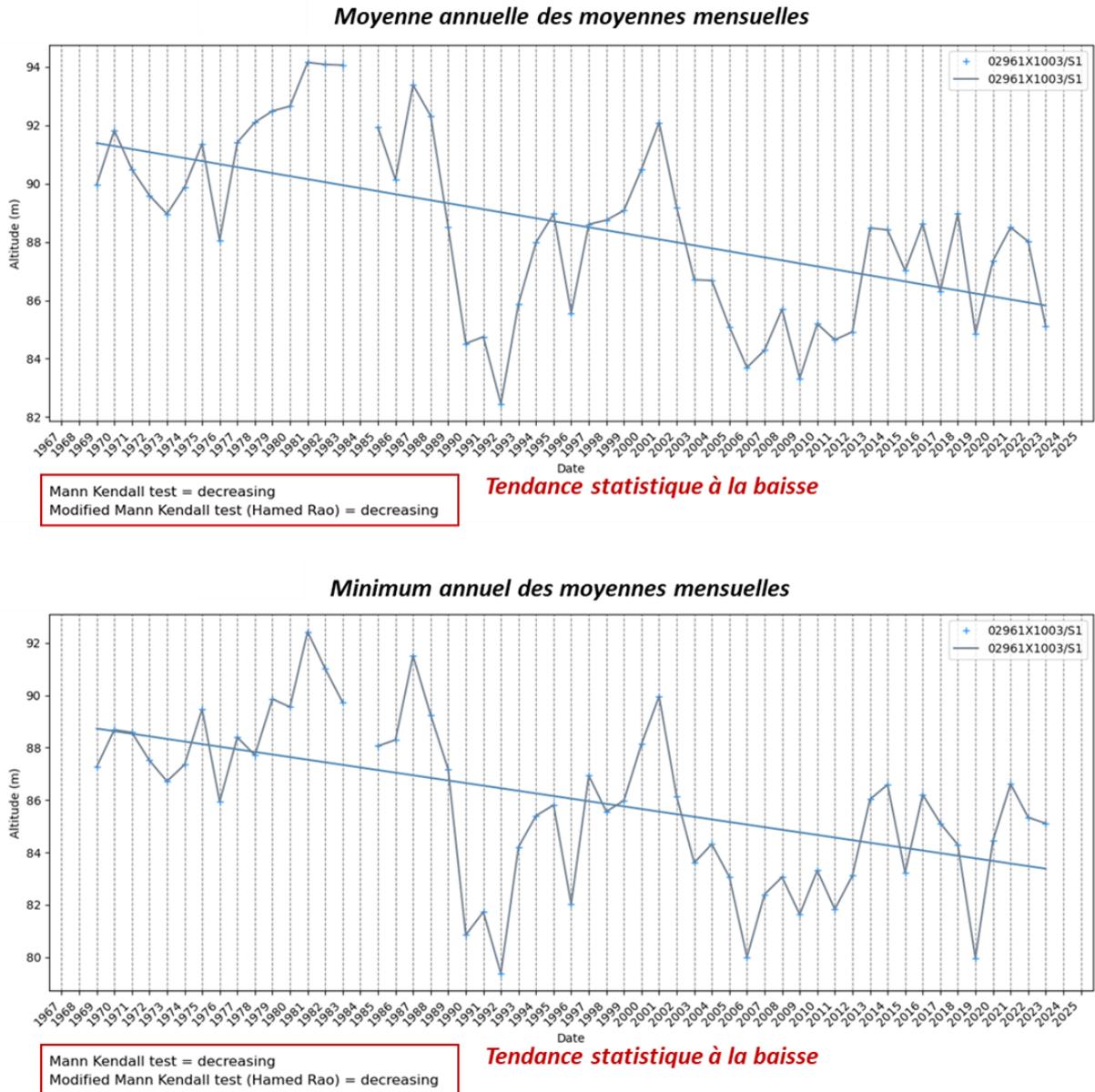
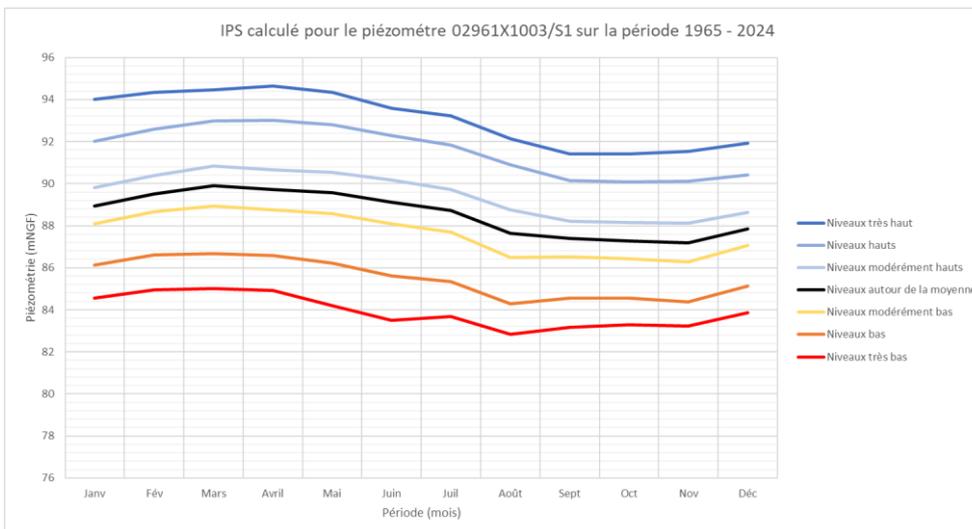
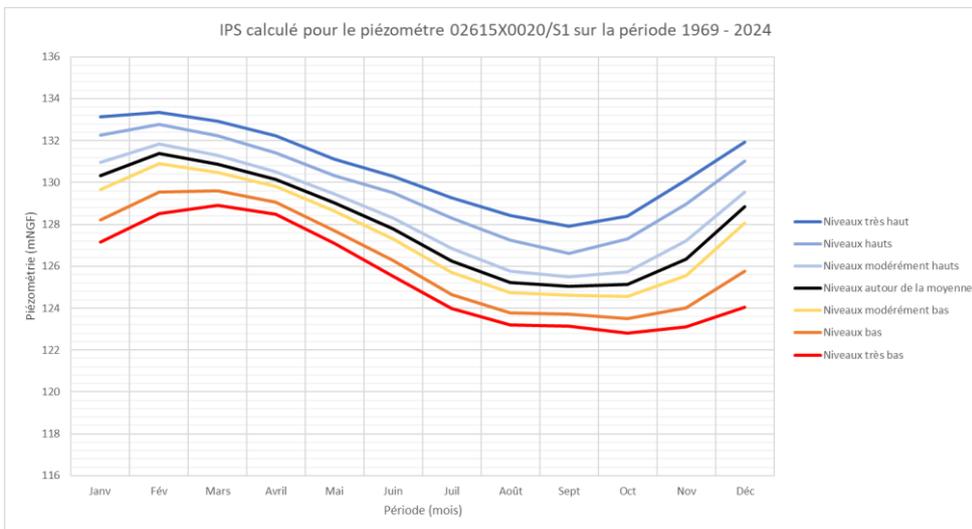
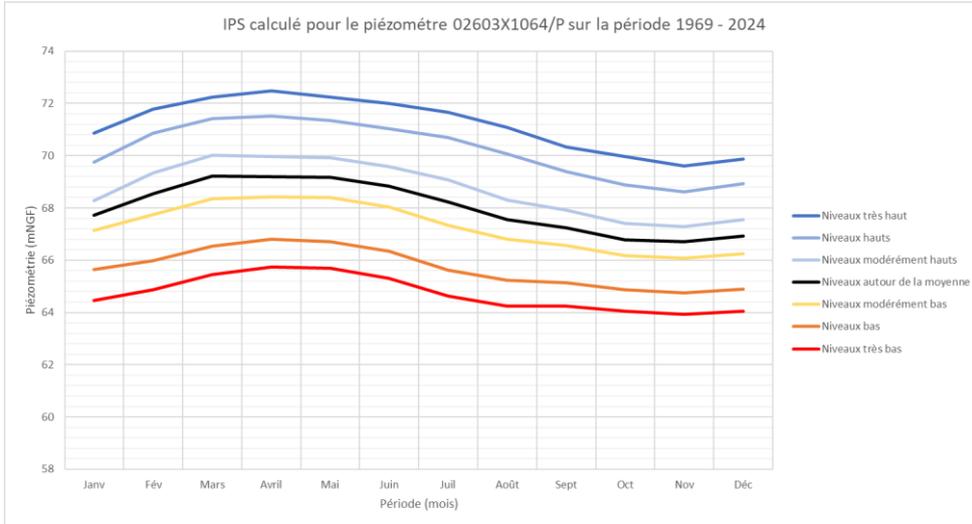


Figure 52 : Evaluation de la tendance piézométrique pour le piézomètre 0261X1003/S12

Pour les quatre points nodaux, la longueur importante des données permet le calcul de statistiques de périodes de retours de type Indicateur Piézométrique Standardisé (IPS) (Figure 53).



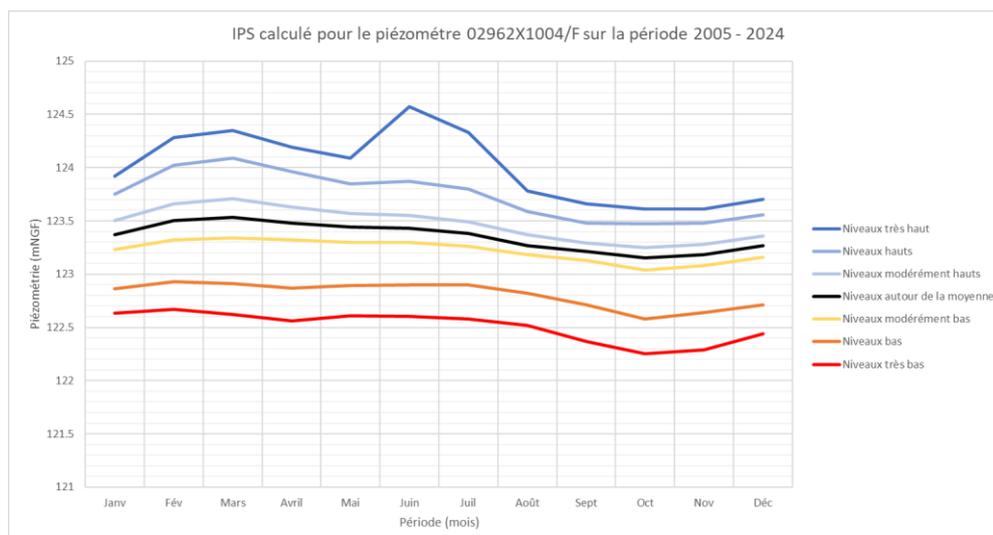


Figure 53 : IPS calculé pour les piézomètres points nodaux des UGs de la nappe de la Craie

3.2.3.4 Relations nappe / rivière

Une seconde analyse détaillée a été réalisée en rapprochant les données des piézomètres aux données hydrologiques du bassin de l’Ardusson, seul sous-bassin sur l’emprise de cette masse d’eau souterraine à disposer de données hydrologiques.

Les résultats obtenus (cf. figures 54 et 55) montrent une très bonne corrélation entre le piézomètre 02615X0020/S1 situé à la limite entre les bassins de l’Ardusson et du Pars, avec les débits de l’Ardusson au niveau de la station de Saint-Aubin.

Les variations observées illustrent parfaitement le phénomène de débordement de nappe avec une augmentation du niveau piézométrique entraînant à sa suite une augmentation du débit du cours d’eau et inversement en période de descente du niveau aquifère. Lorsque le niveau piézométrique descend sous le seuil de 125 m NGF, le débit de l’Ardusson atteint une valeur de quasi-assec. Aucune augmentation significative du débit n’a alors lieu, même à l’occasion de précipitations. Le débit ne remonte qu’avec la hausse du niveau piézométrique au-dessus des 125 m NGF. Ainsi, la part du ruissellement dans l’alimentation du débit du cours d’eau apparait ici comme quasiment négligeable.

Sur les dernières années à partir de début février, sauf période pluvieuse importante, l’inflexion de la courbe piézométrique et le début de la descente piézométrique s’établie en général entre mi-février et mi-mars. Cette descente est ensuite relativement constante jusqu’à début juillet. Ainsi le niveau piézométrique atteint au début du printemps conditionne globalement la date à partir de laquelle les premiers assècs auront lieu sur le cours d’eau ainsi que l’intensité de l’été de l’année à venir.

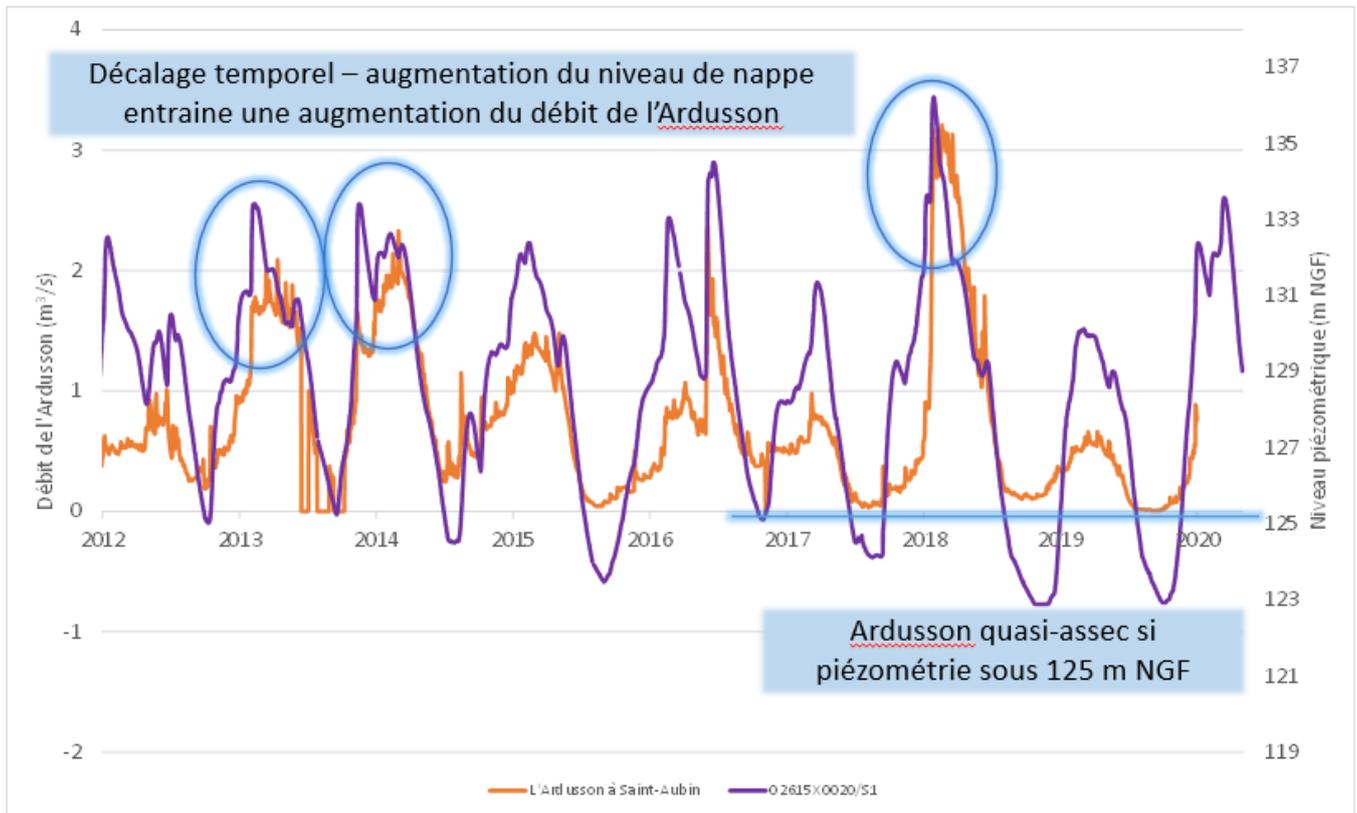


Figure 54 : Signal synchrone entre les débits de l'Ardusson à Saint-Aubin et les niveaux du piézomètre 02615X0020/S1

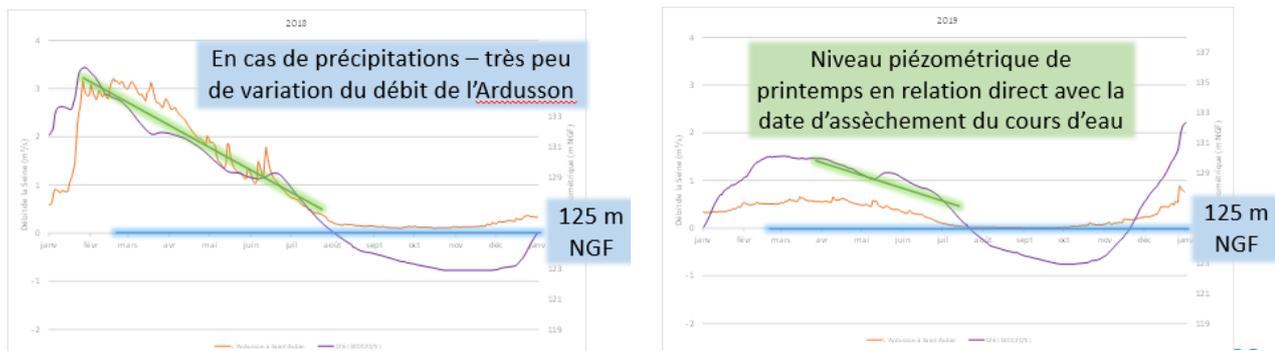


Figure 55 : Signal synchrone entre les débits de l'Ardusson à Saint-Aubin et les niveaux du piézomètre 02615X0020/S1 pour les années 2018 et 2019

Cette relation est similaire bien qu'atténuée et décalée temporellement avec le piézomètre 02972X0062/P (cf. figures 56 et 57) situé en amont hydrogéologique du bassin de l'Ardusson et de l'Orvin. Cette différence peut en partie s'expliquer par la géométrie de l'aquifère et la dynamique de son remplissage influencé par le drainage ou les pertes des cours d'eau. Des phénomènes de débordement sur le haut bassin de l'Orvin semblent aussi limiter l'amplitude des variations mesurées sur cet ouvrage.

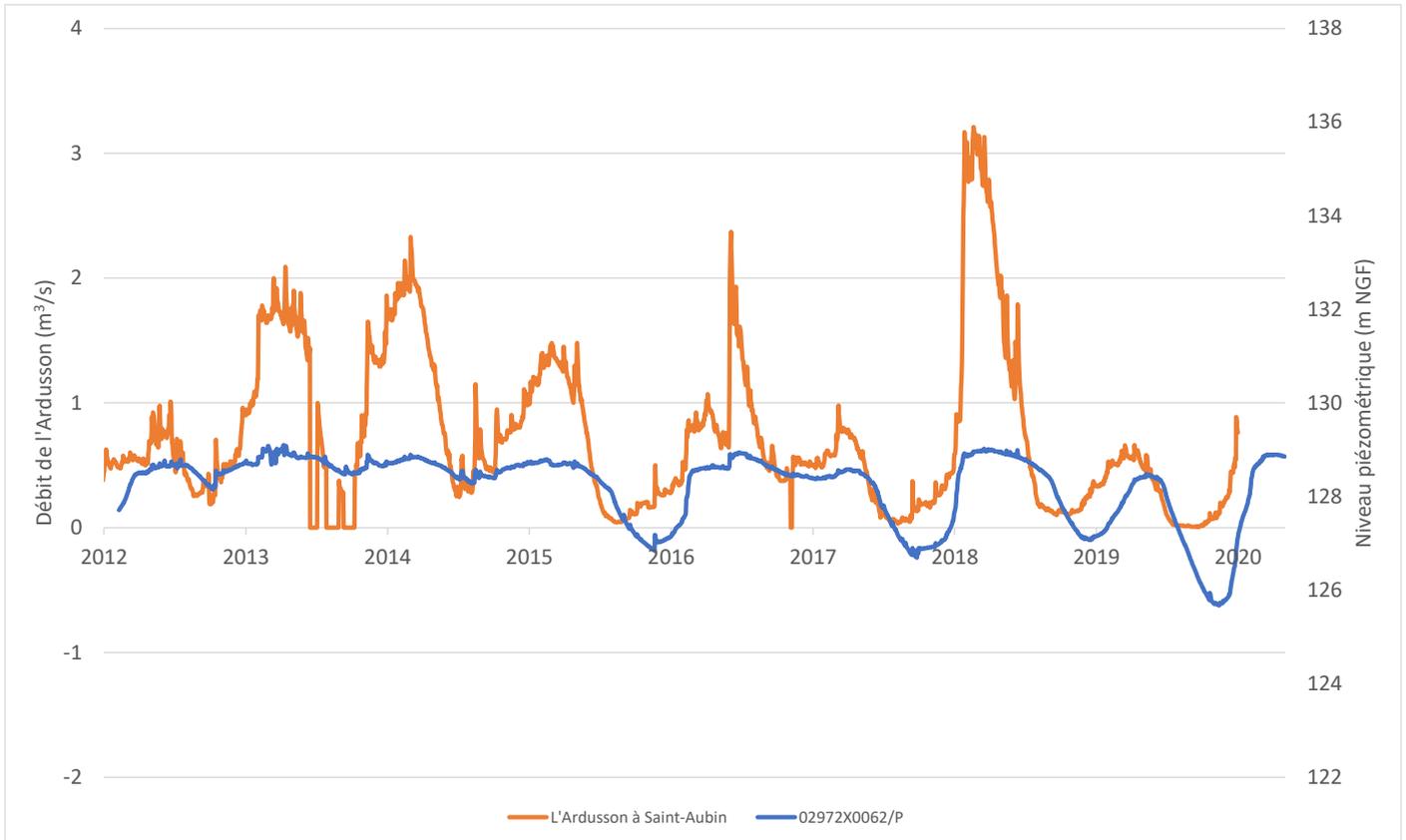


Figure 56 : Décalage temporel entre les débits de l'Ardusson à Saint-Aubin et les niveaux du piézomètre 02972X0062/P

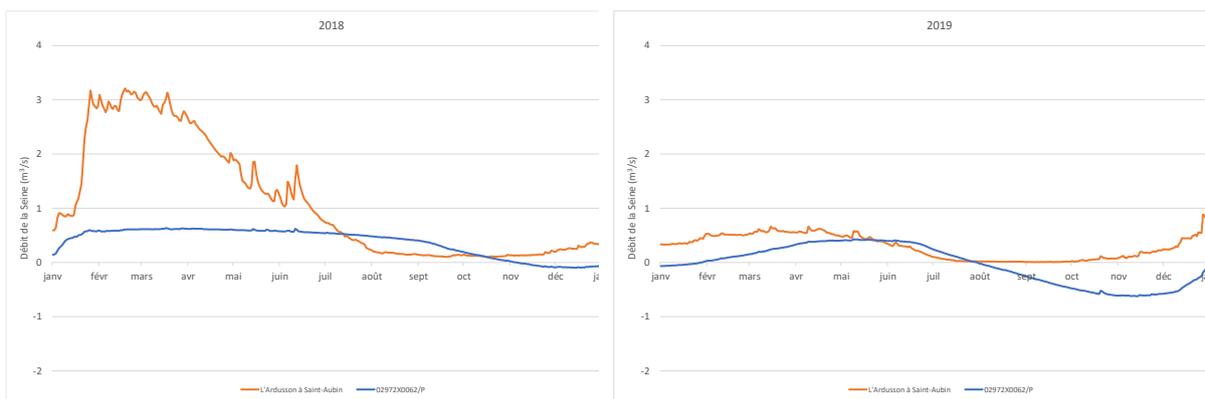


Figure 57 : Corrélation entre les débits de l'Ardusson à Saint-Aubin et les niveaux du piézomètre 02972X0062/P pour les années 2018 et 2019

3.2.4 Conclusions

Le périmètre du SAGE est constitué de deux unités hydrogéologiques au comportement différents, tous les deux intégrés dans un contexte régional plus large où les niveaux piézométriques dépendent de la climatologie, de l'hydrologie et des usages au-delà du territoire du SAGE.

Pour ces deux unités, les échanges nappes-rivières sont cependant prépondérants et l'interaction entre les débits et la piézométrie très importantes.

On souligne, pour les deux compartiments, des cycles pluriannuels de piézométrie de l'ordre de 20 ans probablement issus de forçage climatique externe (bien mis en évidence sur l'hydrologie du bassin par Bonnet, 2018¹⁵).

Dans les deux compartiments, des tendances piézométriques à la baisse sont attestées, sans qu'elles puissent être spécifiquement attribuées à des prélèvements au vu de la disponibilité des données (année 1960) et des cycles de 20 ans mis en évidence sur le bassin (pas assez de cycles sont mesurés). Si ces tendances piézométriques doivent être d'origines anthropiques, il n'y a pas assez d'indicateurs sur le territoire pour affirmer d'un effet cumulatif régional par rapport à un impact local de prélèvements au proche des piézomètres de mesures montrant ces tendances à la baisse.

Pour les deux compartiments, des relations bien que ni directes ni linéaires existent entre piézométrie et débits des cours d'eau jaugés (Ardusson et Voulzie).

¹⁵ Remy Bonnet, 2018, Variations du cycle hydrologique continental en France des années 1850 à aujourd'hui, thèse de doctorat, Université Toulouse 3 Paul Sabatier

4 CARACTERISATION PRELIMINAIRE DES PRINCIPAUX PRELEVEMENTS SUR LE TERRITOIRE DU SAGE

4.1 Bilan général des prélèvements d’après les données BNPE

Cet inventaire préliminaire des prélèvements sur le périmètre du SAGE est effectué à partir des données publiques de l’Agence (BNPE). La précision géographique des points, leurs attributions et leurs volumes nécessitent consolidation, notamment par comparaison avec les bases de données DDT, OUGC et acteurs AEP. **Ces données restent cependant relativement exhaustives (2012-2022) et sont disponibles sur l’intégralité du périmètre d’étude à l’échelle d’intérêt (les UGs).**

Plusieurs faits importants sont à prendre en compte dans le découpage en unités de gestion et concernent notamment :

- La présence de nombreux points de prélèvements en eau superficielle et souterraine pour des usages comme l’industrie, l’alimentation en eau potable (AEP) et l’irrigation. La répartition de ces points de prélèvement suit en effet une logique bien précise d’occupation du sol et de disponibilité de la ressource en eau. En effet l’absence ou le regroupement de points de prélèvements au sein d’un bassin hydrographique peut constituer une invitation à la simplification du nombre d’unités de gestion ;
- La présence de l’aqueduc de la Voulzie pour la dérivation des eaux des sources de la Voulzie vers le réseau AEP de la ville de Paris ;
- **Le transfert d’eau de la Seine vers la Voulzie pour la réalimentation de cette dernière en compensation de la dérivation des sources ;**
- Les prélèvements et rejets de station d’épuration qui peuvent eux aussi constituer des transferts d’eau.

4.1.1 Cartographie des prélèvements

Sur le périmètre de l’étude (périmètre du SAGE excluant les deux UGs Seine aval et amont), les prélèvements se font presque uniquement sur des ressources d’eaux souterraines, à l’exception notable des sources AEP de l’Eau de Paris par ailleurs compensés par des prélèvements sur la Seine.

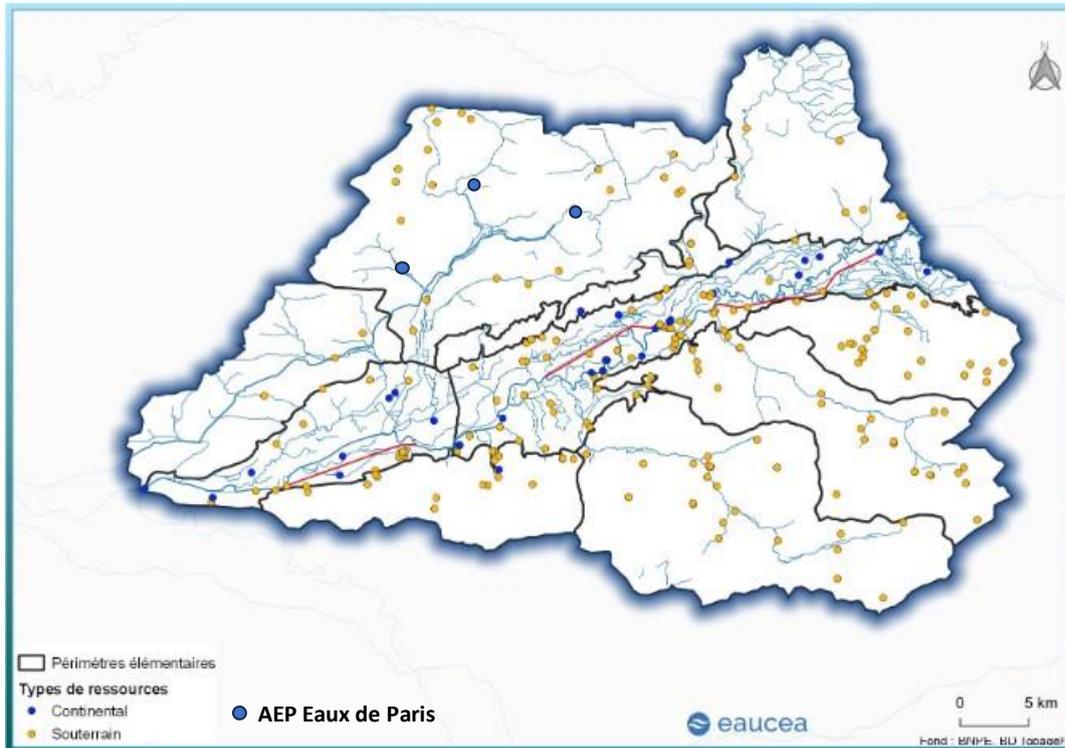


Figure 58 : Prélèvements 2003-2022 répartis par type de ressources prélevées (souterraines ou superficielles) sur le périmètre du SAGE

La densité des usages est assez homogène sur le territoire, avec tout de même un nombre de prélèvements pour irrigation plus important sur la partie sud du territoire, au niveau de la nappe de la Craie

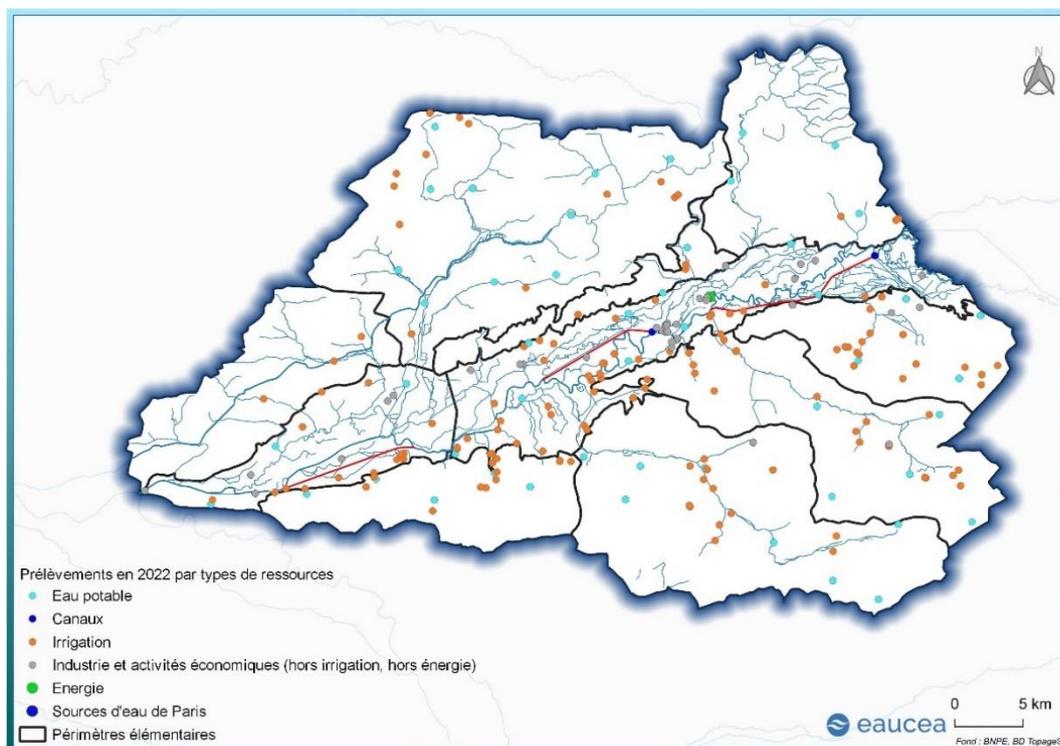


Figure 59 : Prélèvements 2003-2022 répartis par type d'usage sur le périmètre du SAGE

4.1.2 Bilan par usage

Dans le chapitre suivant, des bilans annuels sur le périmètre de l'étude (périmètre SAGE Bassée-Voulzie excluant les UGs Seine) sont proposés pour chaque usage sur la base des données BNPE, disponible entre 2012 et 2022 (Figure 60 à Figure 64).

Les prélèvements AEP Eau de Paris sont identifiées dans la base de données BNPE comme les prélèvements AEP situés sur les communes de Rouilly, Léchelle et Saint-Loup-de-Naud. Les bilans ci-dessous les excluent puisqu'ils sont considérés comme entièrement compensés par le transfert d'eau depuis la Seine.

En excluant les volumes compensés par Eau de Paris, la répartition moyennes des usages sur le périmètre du SAGE hors axe Seine entre 2012 et 2022 s'avère relativement équilibrée, partagée entre les prélèvements AEP et Irrigation selon un rapport 40% - 58% environ (Figure 60).

Bien que le nombre d'années disponibles soit trop faible pour interpréter l'évolution de ces volumes respectifs sous forme de tendance, quelques observations semblent se dégager :

- Les volumes de prélèvements industriels, d'un niveau très faible en 2012 (Figure 62), tendent à se réduire encore jusqu'en 2022.
- Les volumes de prélèvements pour irrigation semblent légèrement augmenter durant la même période (Figure 63).
- Les volumes de prélèvements pour AEP semblent légèrement diminuer durant la même période (Figure 64).

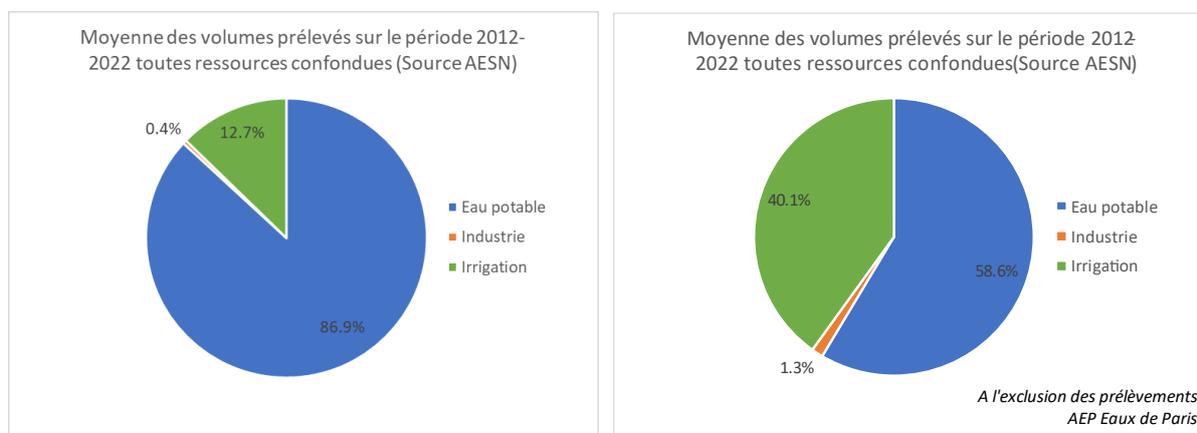


Figure 60 : Bilans des volumes moyens par usage (AEP, Irrigation et Industrie) prélevés sur le périmètre du SAGE Bassée-Voulzie hors UGs Seine (Val de Seine Amont et Val de Seine Aval) (source : AESN). A gauche, le bilan comprend les volumes Eau de Paris. A droite, ces volumes sont exclus.

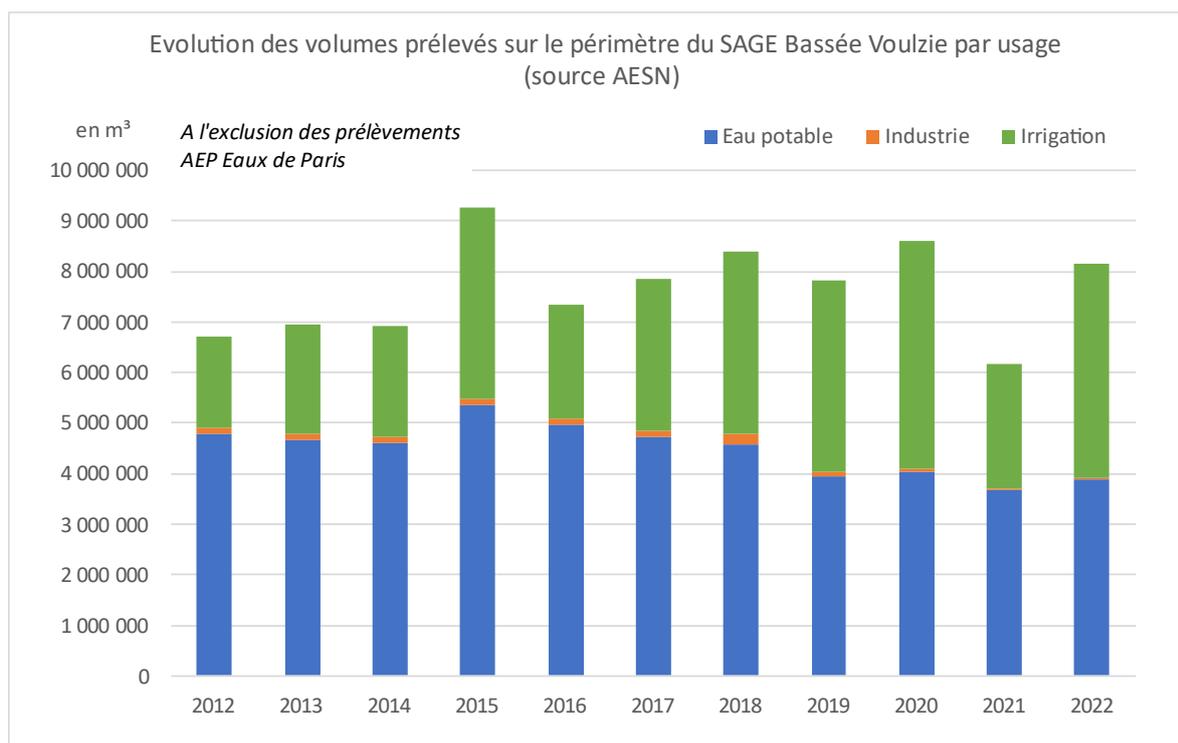


Figure 61 : Evolution des volumes prélevés entre 2012 et 2022 sur le périmètre du SAGE Bassée Voulzie répartis par types d'usage (AEP, Industrie et Irrigation) (source : AESN)

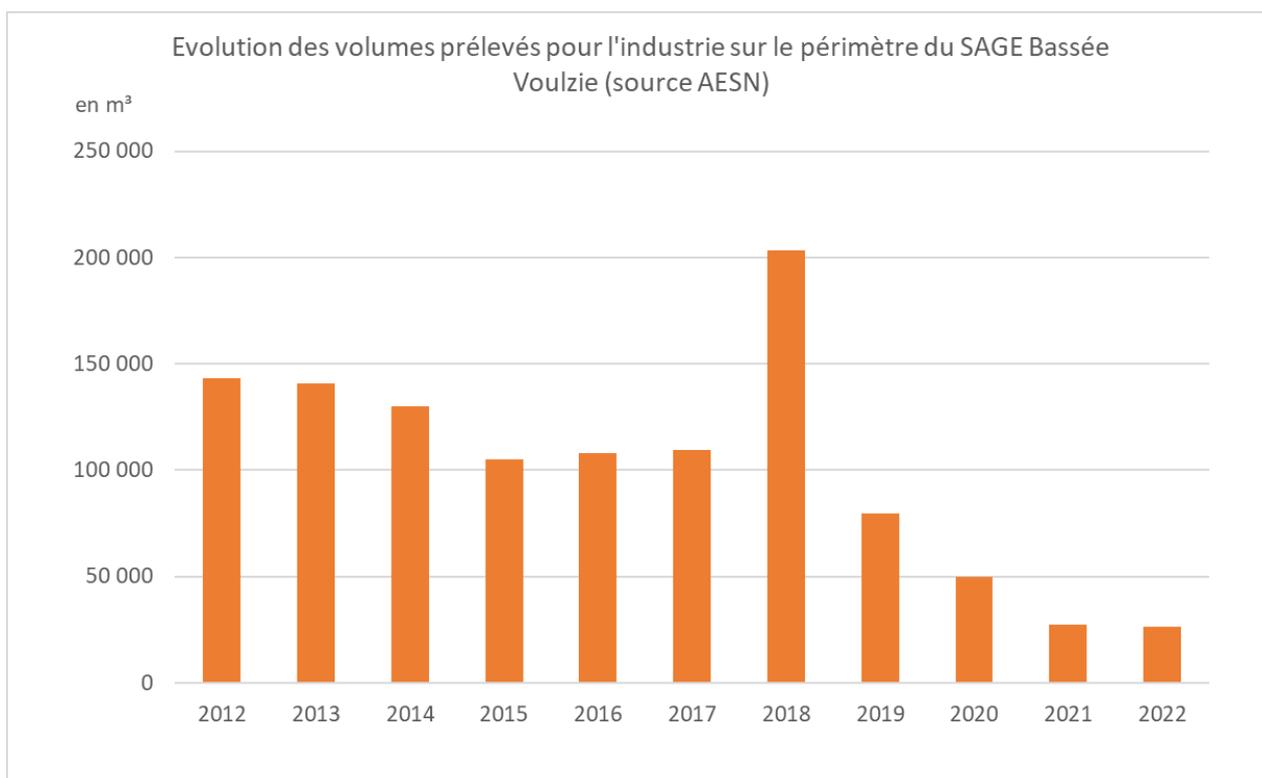


Figure 62 : Evolution des volumes prélevés entre 2012 et 2022 pour l'Industrie sur le périmètre du SAGE Bassée (source : AESN)

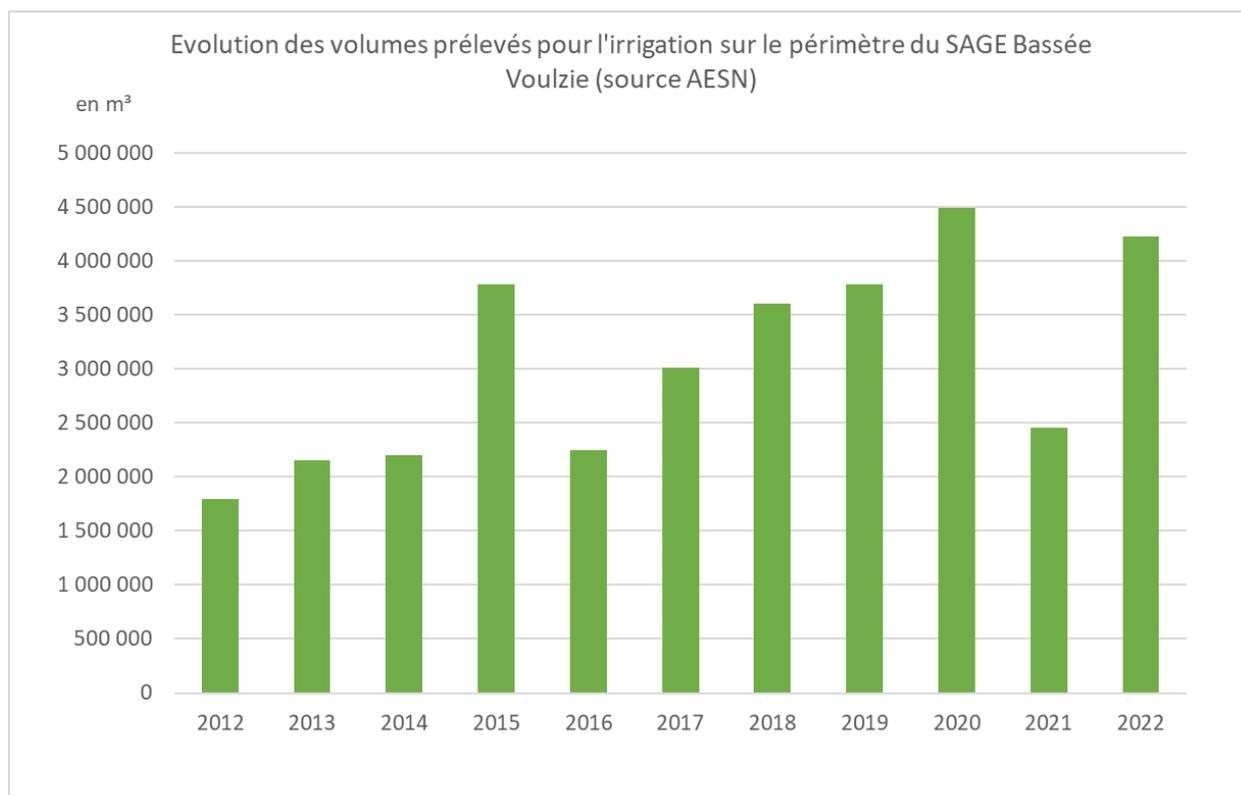


Figure 63 : Evolution des volumes prélevés entre 2012 et 2022 pour l'irrigation sur le périmètre du SAGE Bassée (source : AESN)

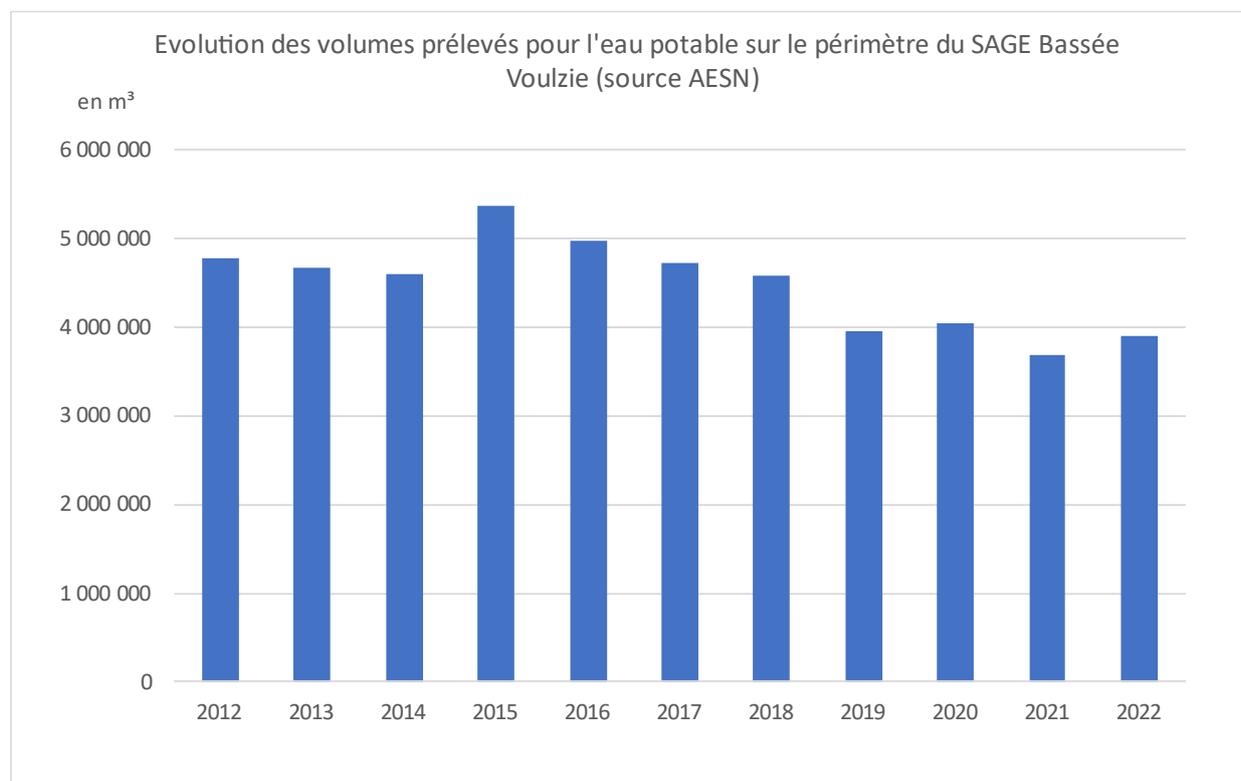


Figure 64 : Evolution des volumes prélevés entre 2012 et 2022 pour l'AEP sur le périmètre du SAGE Bassée (source : AESN)

4.1.3 Bilan par UGs et par usage

Dans le chapitre suivant, ces bilans annuels (issues de la base BNPE, données 2012 à 2022) sont répartis par usage et par UGs (Figure 65 à Figure 67). Les prélèvements AEP Eau de Paris sont exclus de ces bilans.

Les trois graphiques peuvent être commentés séparément :

- Concernant les prélèvements AEP (Figure 65), les UGs Voulzie et Méances et Pars forment la majeure part des volumes sur le périmètre. L'évolution est relativement stable pour tous les UGs sauf Etang-Sucy-Auxence (plus de volume à partir de 2014) et Voulzie et Méances dont les prélèvements se réduisent à partir de 2018.
- Concernant les prélèvements industriels (Figure 66), l'essentiel des volumes correspond au prélèvement de MGG Industrie sur l'UG Pars, prélèvements arrêtés depuis 2018.
- Concernant les prélèvements pour irrigation (Figure 67), la part relative de chaque UGs semble relativement constante entre 2012 et 2022, les UGs de Pars et Ardusson formant les plus importants bassins d'irrigation en volumes.

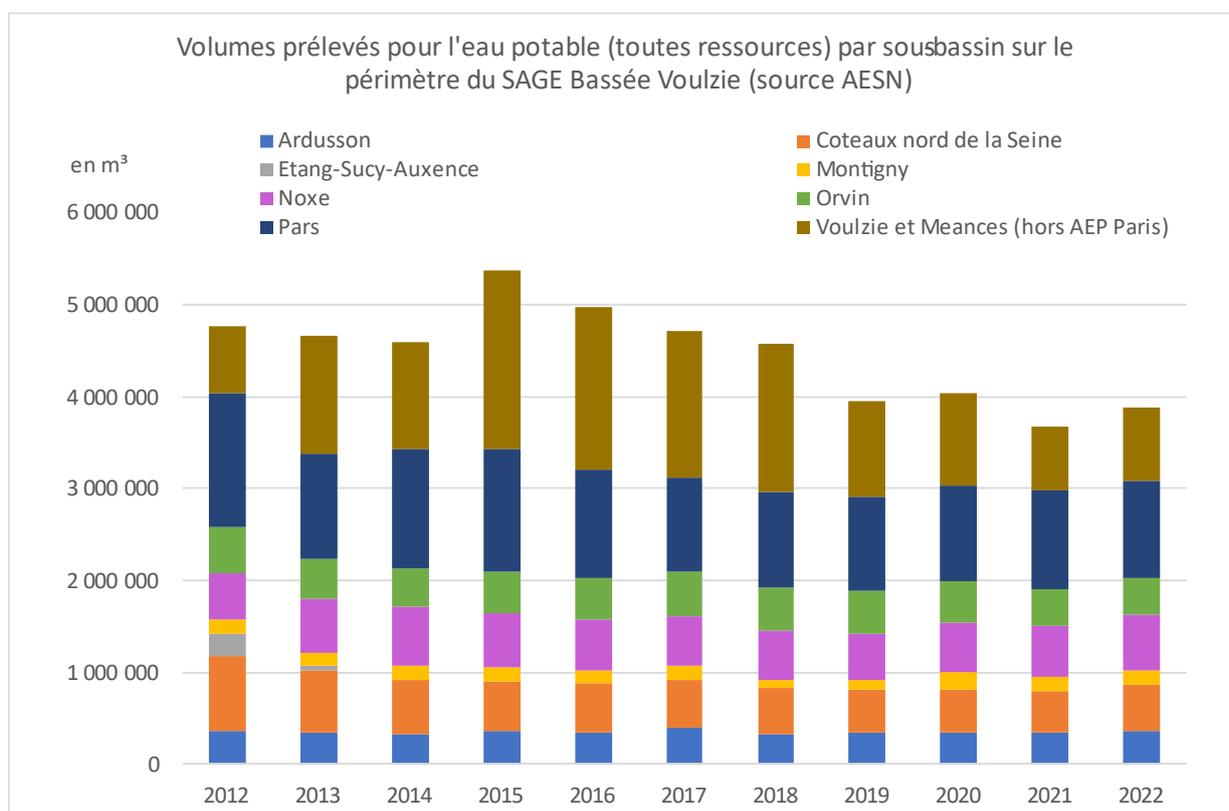


Figure 65 : Evolution des volumes prélevés pour l'irrigation entre 2012 et 2022 sur le périmètre du SAGE Bassée, réparti selon les UGs (source : AESN)

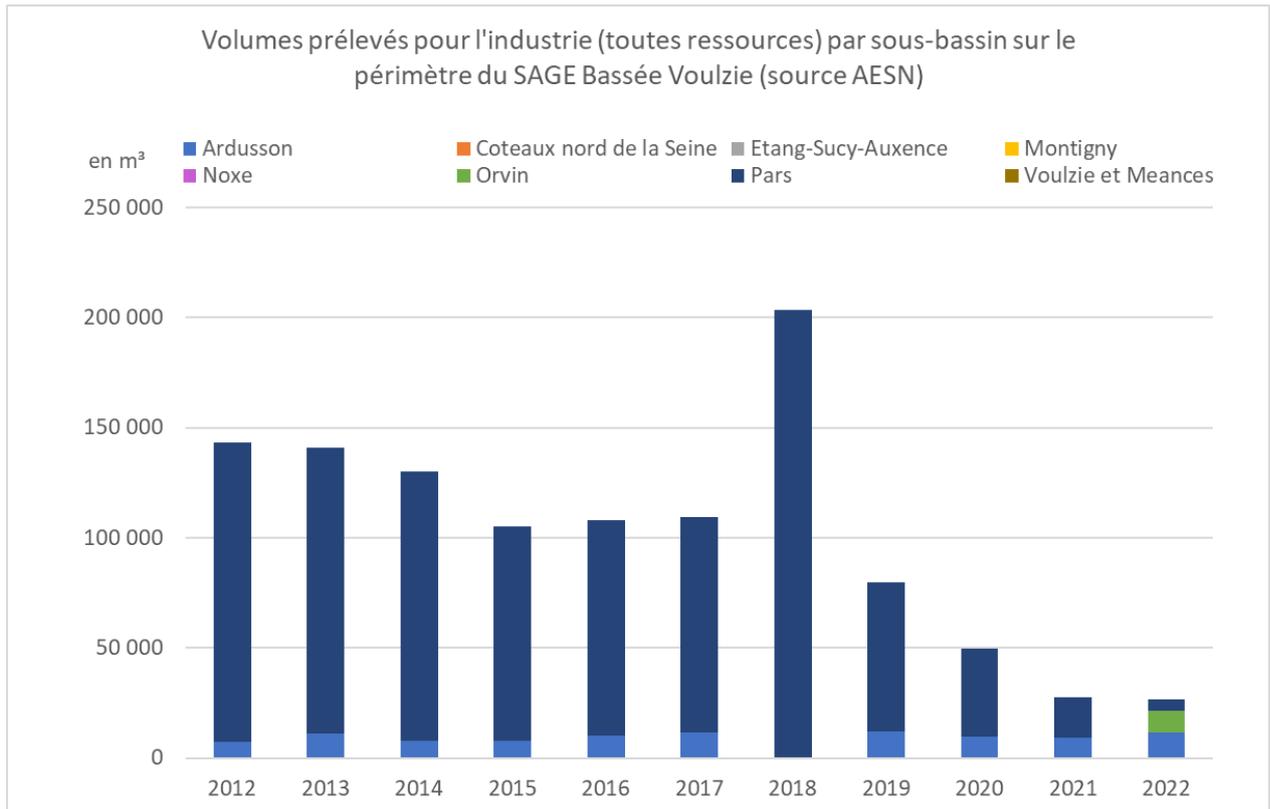


Figure 66 : Evolution des volumes prélevés pour l'industrie entre 2012 et 2022 sur le périmètre du SAGE Bassée, réparti selon les UGs (source : AESN)

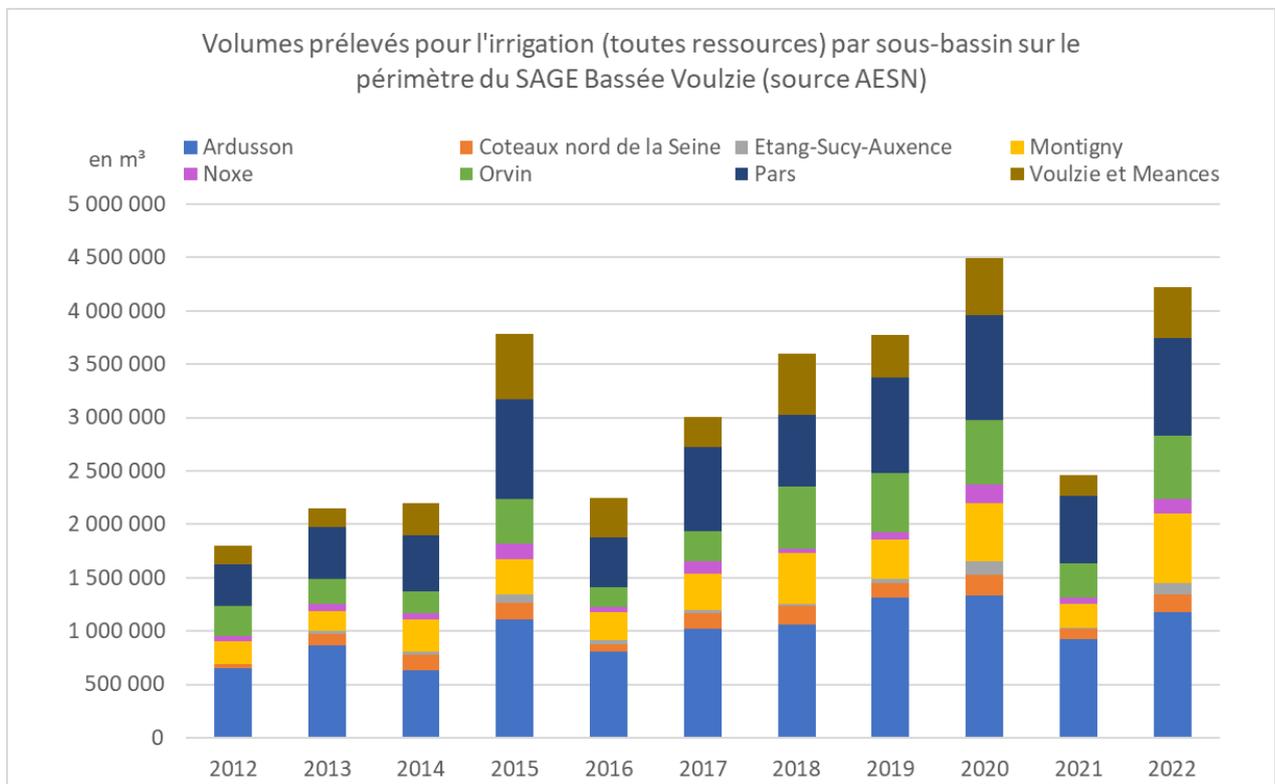


Figure 67 : Evolution des volumes prélevés pour l'AEP entre 2012 et 2022 sur le périmètre du SAGE Bassée, réparti selon les UGs (source : AESN)

4.2 L'irrigation comme un des préleveurs principaux : modélisation des besoins agricoles

4.2.1 Données disponibles et objectifs de la modélisation

Les prélèvements pour l'irrigation sont très fluctuants d'une année à l'autre en raison de leur dépendance aux conditions climatiques. Les données de prélèvements sont issues de déclarations annuelles des irrigants mais leurs collectes et leurs traitements peuvent différer. Les préleveurs redevables auprès de l'Agence de l'eau transmettent leur déclaration (compteur ou forfait) qui les inscrit dans la Banque des données sur l'Eau environ 2 ans après. Nous disposons actuellement des données 2022 et antérieures ;

4.2.2 Les volumes prélevés : données de l'Agence de l'Eau Seine Normandie

L'analyse des données de l'Agence de l'Eau Seine Normandie (AESN) montre des volumes prélevés pour l'irrigation (eaux souterraines et eaux de surface) sur le bassin versant de la Bassée Voulzie variables entre 3,1 et 8,9 millions de m³ selon les années et les conditions climatiques, pour une moyenne de l'ordre de 5,8 millions de m³. Cette valeur est supérieure à celle observée lors de la précédente étude où le volume prélevé était en moyenne de 4,9 Mm³ sur la période 2008 – 2017. Cette différence s'explique par l'actualisation des données AESN dorénavant disponibles sur la période 2017 – 2022.

La répartition des ressources associées aux données AESN met en évidence une majorité de volumes prélevés en eaux souterraines sur le bassin, en moyenne 91 %.

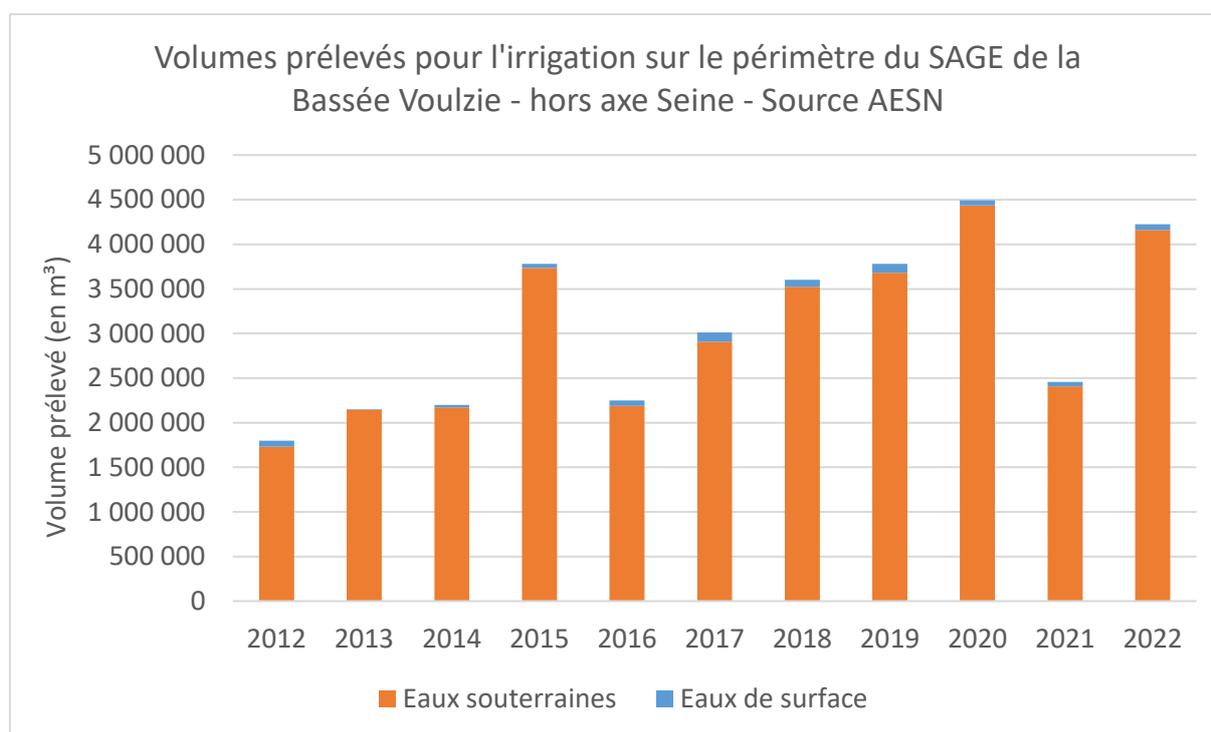


Figure 68 : Volumes prélevés pour l'irrigation déclarés à l'Agence de l'Eau Seine Normandie répartis selon la ressource (souterraine ou superficielle)

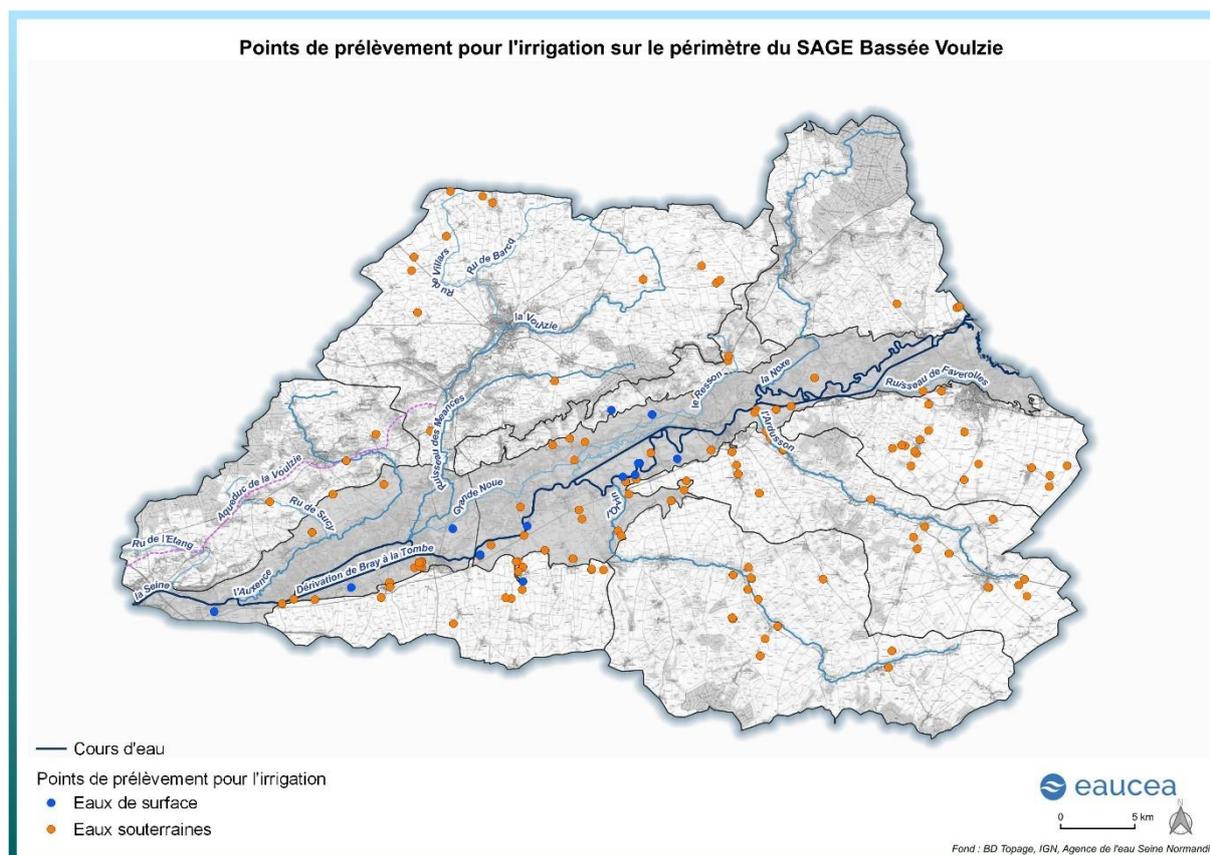


Figure 69 : Positions des points de prélèvement pour l'irrigation différencié par ressource (source : AESN)

4.2.3 Principe du modèle Irrid

Afin d'appréhender en détail l'intensité et le régime des prélèvements sur les deux bassins, nous avons appliqué le modèle de consommation agricoles « Irrid » développé par Eaucea. Les hypothèses d'entrée du modèle permettent de prendre en compte au mieux les connaissances disponibles qui sont les suivantes :

- **L'assolement irrigué.** Il est déterminé à partir d'un croisement géographique entre les données d'assolement du RPG 2022 et les points de prélèvement. A noter qu'il s'agit de la principale incertitude du modèle. En effet, un même point de prélèvement est susceptible de fournir l'eau d'irrigation pour plusieurs parcelles différentes. Les données et la technicité disponible aujourd'hui (banque de données, analyse d'images satellites...), ne permettent pas non plus d'apprécier la possible rotation des cultures ;
- **Les dates de semis.** Ces dernières sont connues à partir des analyses bibliographiques, des échanges avec le monde agricole local (OUGC, chambre d'agriculture, associations d'irrigants) ;
- **Les coefficients cultureux** (stades phénologiques des plantes). Ils sont déterminés de la même façon que les dates de semis. La croissance en fonction des degrés jours (besoins en température des plantes) est calculée à partir des données de température des stations météorologiques situées à proximité ;

- **La réserve utile des sols.** Cette dernière est estimée à partir des données pédologiques disponibles à l'échelle nationale, des échanges avec les acteurs locaux ;
- **Les données météorologiques** (précipitations, évapotranspiration, températures). Ces données sont des données SAFRAN.

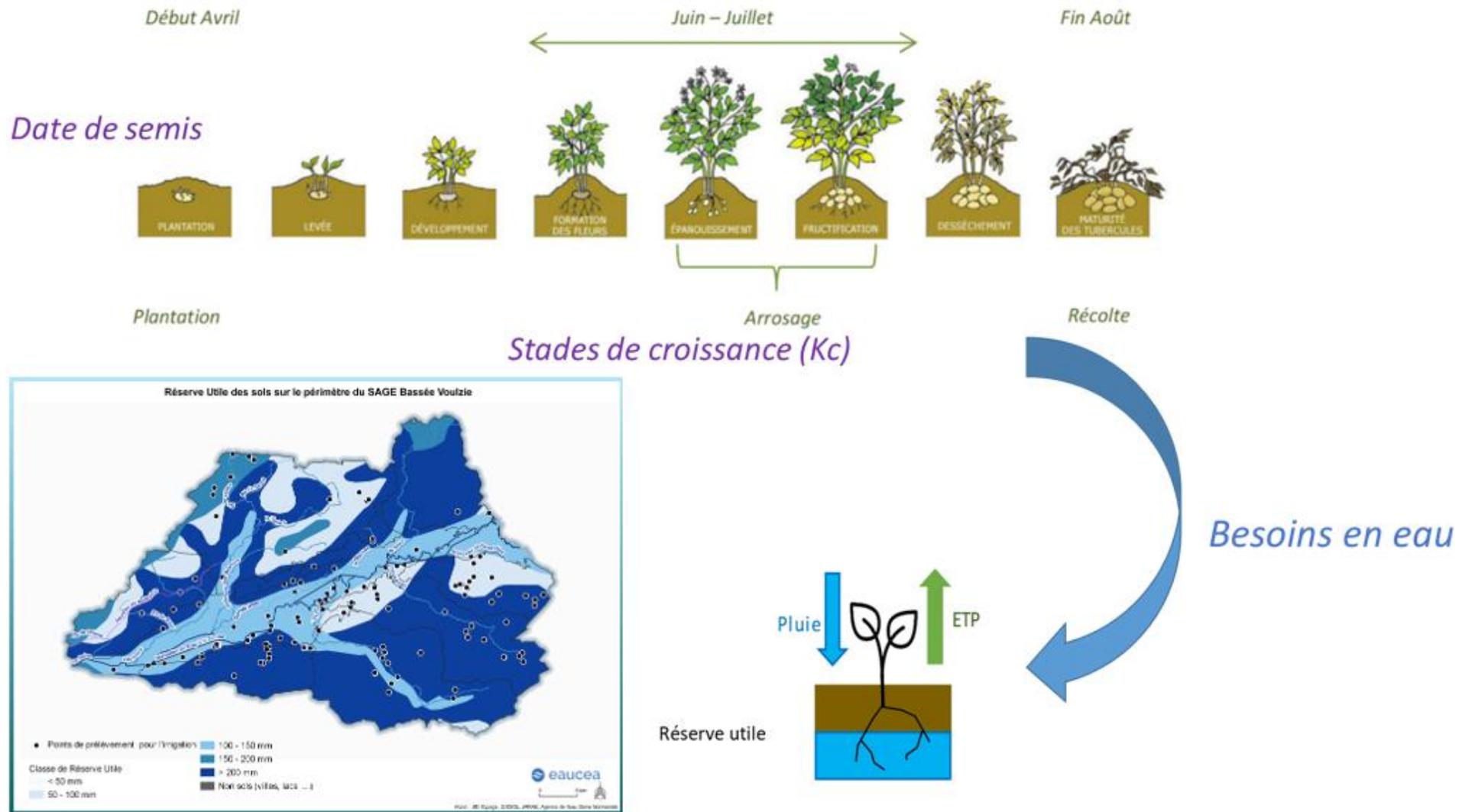


Figure 70 : Schéma de principe des hypothèses prises en compte dans le logiciel Irrid

Sur la base de ces paramètres d'entrée, les besoins en eau d'irrigation dépendent d'un équilibre journalier entre la disponibilité naturelle en eau du système et les besoins théoriques des plantes. Si la disponibilité en eau dans la réserve utilise est suffisante pour répondre aux besoins de la plante (après une pluie par exemple), il n'est pas simulé d'irrigation. A l'inverse, en cas de déficit naturel du système, les besoins manquants sont alors comblés par un apport d'irrigation.

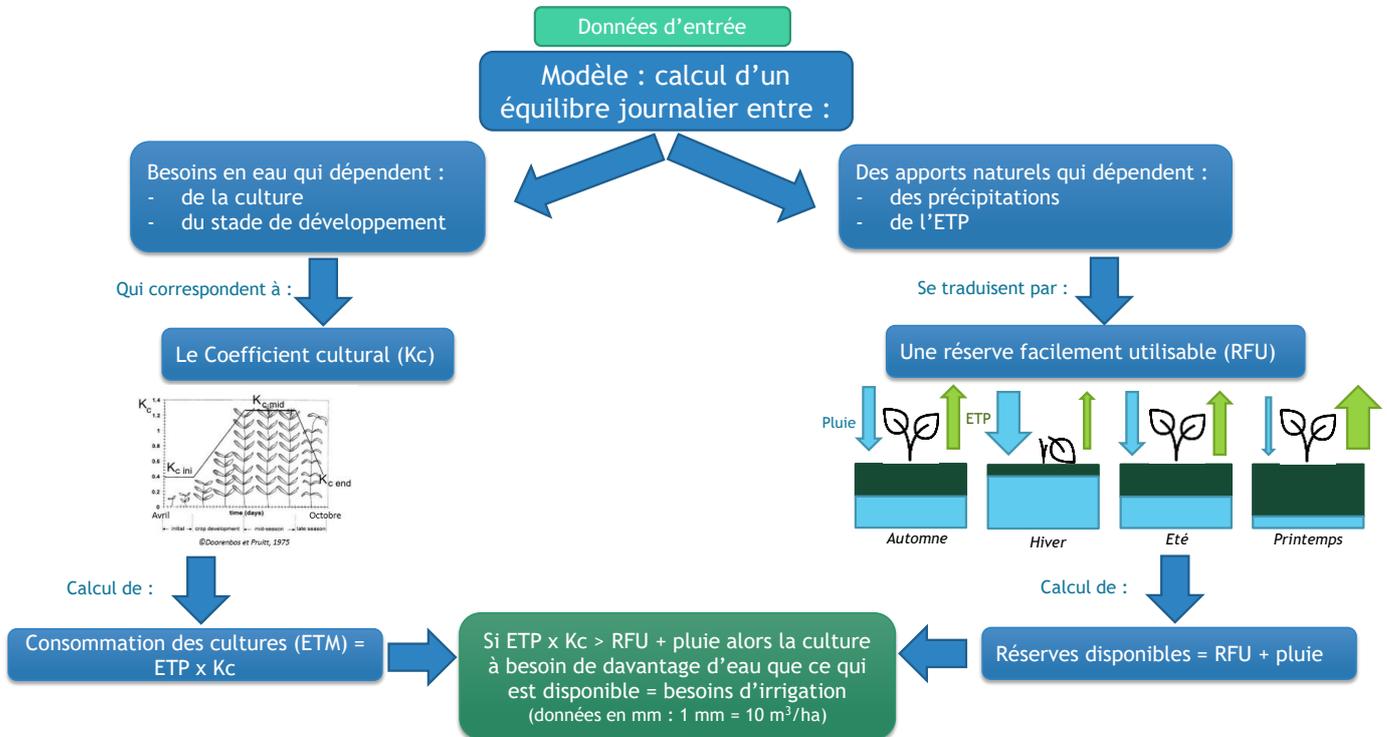


Figure 71 : Principe de calcul du modèle Irrid

4.2.4 Les hypothèses d'entrées

L'hypothèse d'entrée principale prise en compte dans la modélisation correspond à la répartition de **l'assolement irrigué** majoritaire déterminé à partir d'un croisement géographique entre les données d'assolement du Registre Parcellaire Graphique 2022 (RPG) et les points de prélèvement. Le recoupement de ces deux paramètres donne une estimation des surfaces irrigables à partir duquel une analyse est réalisée pour déterminer les surfaces potentiellement irriguées.

La carte réalisée montre que le territoire est assez homogène avec des zones de grandes cultures : blé tendre, orge, colza et des cultures industrielles qui peuvent être apparentées majoritairement à de la betterave, du maïs présent dans une moindre mesure sur le secteur et davantage cultivé à l'ouest alors que le fourrage (synonyme d'élevage) est cultivé à l'est du territoire. La catégorie des légumes et fleurs ne ressort pas à cette échelle d'analyse, mais peut être prise en compte dans le calcul. De manière plus anecdotique, plusieurs parcelles de vigne sont regroupées au nord-est du territoire.

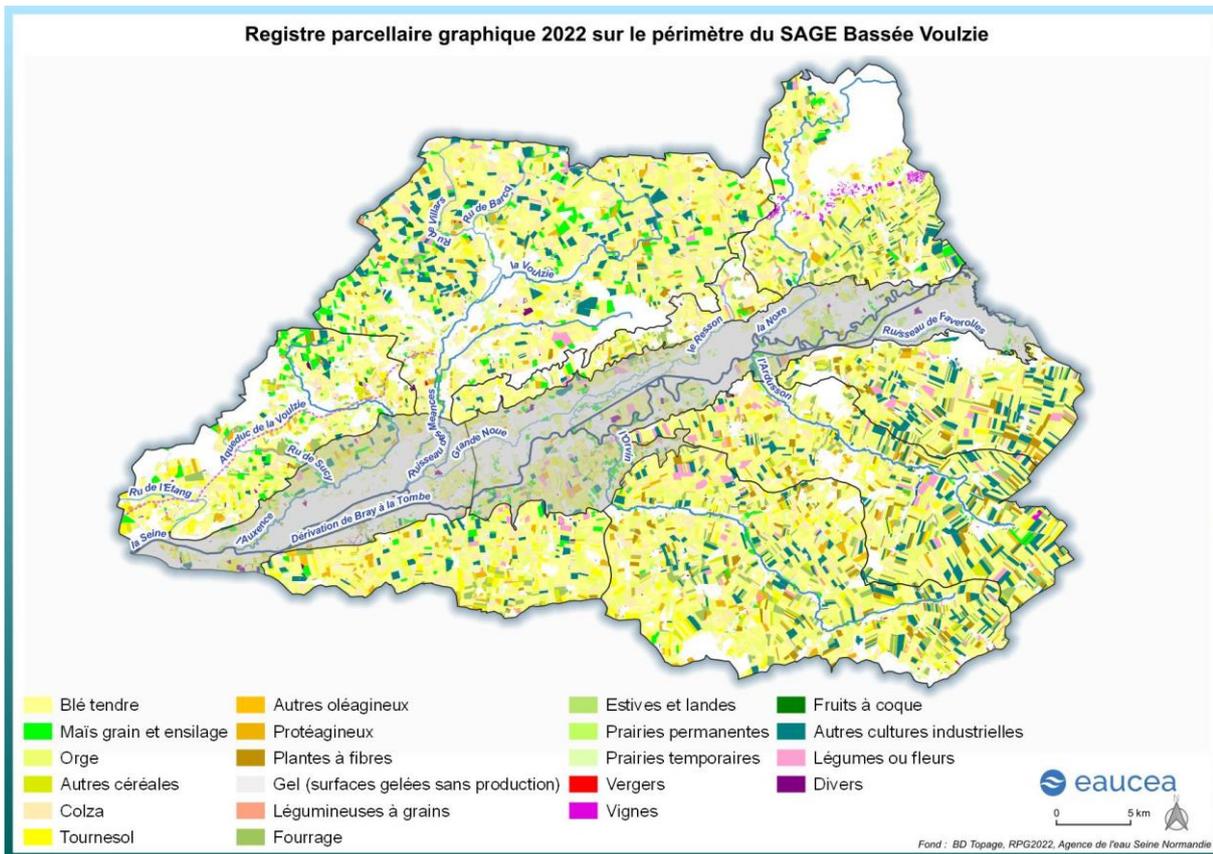


Figure 72 : Registre parcellaire graphique 2022 sur le périmètre du SAGE Bassée Voulzie

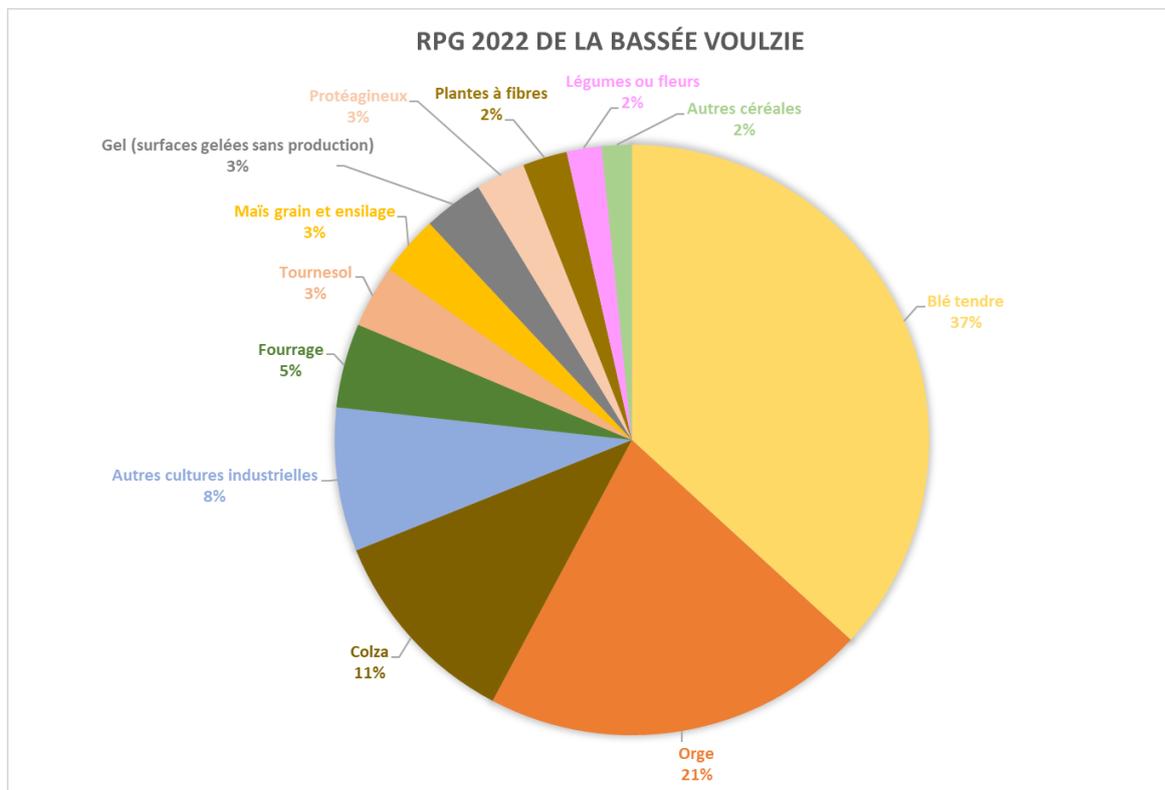


Figure 73 : Répartition du RPG 2022 sur le périmètre du SAGE de la Bassée Voulzie

D'après les données du recensement agricole 2020, les cultures majoritairement irriguées en termes diffèrent selon les départements qui ont une partie de leur périmètre compris dans le SAGE Bassée Voulzie.

Néanmoins, la pomme de terre et la betterave sont les deux cultures dont les surfaces irriguées sont les plus importantes, suivies du maïs, du blé, des autres céréales et des légumes frais/fraises/melons.

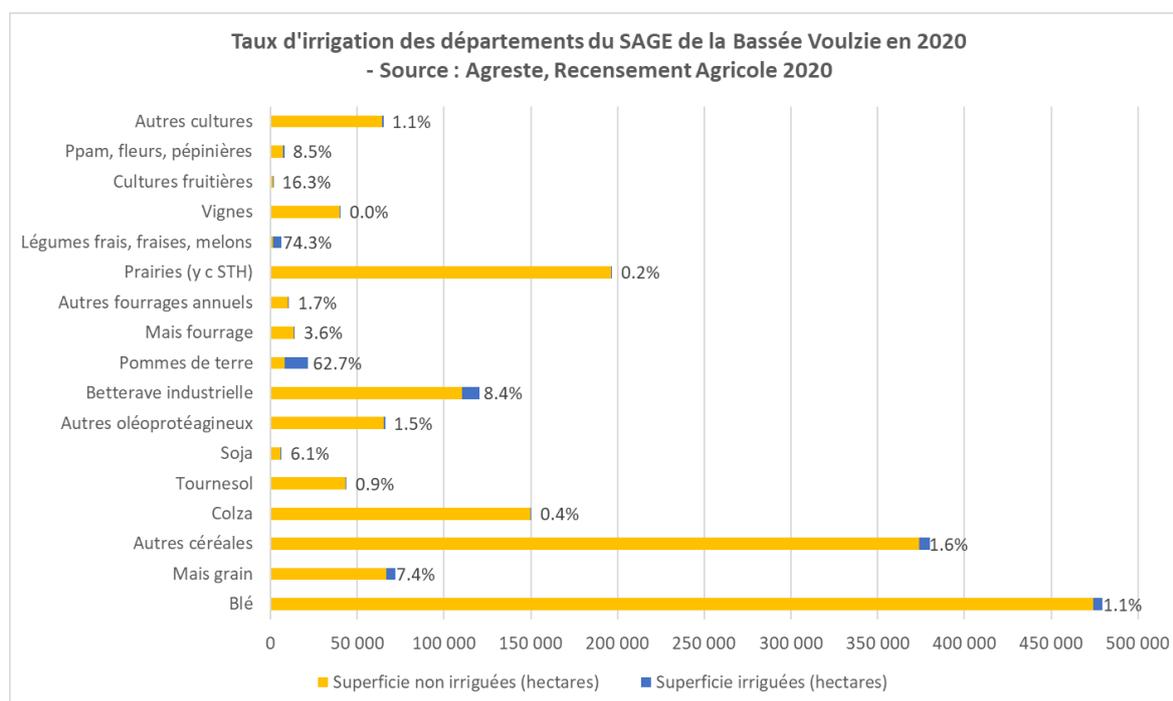


Figure 74 : Taux d'irrigation des cultures dans les départements du SAGE Bassée Voulzie

Le recouplement de ces trois assolements dans le RPG 2022 avec les assolements irrigués à l'échelle du SAGE de la Bassée-Voulzie donne la répartition suivante par sous bassins :

Assolement irrigué	Betteraves	Pomme de terre	Mais grain et ensilage
Ardusson	80%	10%	10%
Coteaux nord de la Seine	30%	20%	50%
Etang-Sucy-Auxence	20%	0%	80%
Montigny	60%	10%	30%
Noxe	60%	0%	40%
Orvin	80%	10%	10%
Pars	80%	20%	0%
Val de Seine amont	30%	30%	40%
Val de Seine aval	50%	0%	50%
Voulzie et Meances	60%	0%	40%
Périmètre du SAGE Bassée Voulzie	55%	10%	35%

Tableau 11 : Répartition de l'assolement irrigué par sous bassins pour le modèle agricole

1. des **date de semis théoriques (cf. tableau 12)** ;
2. des **coefficients culturaux (Kc)** fixes (en fonction des dates) pour les trois cultures ;
3. Les principales cultures irriguées sont décrites ci-dessous avec des indications sur les périodes d'irrigation :

Cultures irriguées	Quotas	Date de semis	Période d'irrigation	Date de récolte
Pomme de terre	2 500 m ³ /ha	Fin mars – Début avril	Juin - Juillet	A partir du 15 août
Oignons	2 800 m ³ /ha	1/10 Mars	Juin - Juillet	A partir du 15 août
Betteraves	750 m ³ /ha	15 Mars	Fin juin – 15 août	15 septembre – 15 décembre (en fonction de la disponibilité des machines)
Multiplication blé hybride	300 m ³ /ha	Mars	Fin Avril (Pendant le traitement spécifique)	Juillet
Orges de brasserie de printemps	600 m ³ /ha	15 Février – 15 Mars	Mai	A partir du 15 Juillet
Maïs	1 000 m ³ /ha	Mai	1 Juillet – 15 Août	Début septembre

Tableau 12 : Pratique agronomique sur le périmètre de la Bassée Voulzie

4. Une **réserve facilement utilisable des sols (RFU)** correspondant à un croisement entre les périmètres et la carte des Réserves Utiles (RU) des Sols réalisée par l'INRAE pour chaque périmètre élémentaire (la RFU représentant 2/3 de la RU).

La carte ci-dessous expose la diversité des sols rencontrés sur le périmètre d'étude même si elle ne rend pas bien compte de toutes les nuances locales voire parcellaires.

Le recoupement de la RU et des sous bassins ainsi que l'expertise des locaux produit les valeurs suivantes :

Sous-bassins	RFU (mm)
Ardusson	60
Coteaux nord de la Seine	60
Etang-Sucy-Auxence	60
Montigny	60
Noxe	60
Orvin	60
Pars	60
Val de Seine amont	55
Val de Seine aval	55
Voulzie et Meances	60
Périmètre SAGE Bassée Voulzie	60

Tableau 13 : RFU par sous bassins pour le modèle agricole

- Des **données météorologiques** : elles sont issues des données Météo-France de la grille SAFRAN. Un même maillage est disponible sur toute la France Métropolitaine avec des mailles de 8 km de côté. L'exploitation de ces données permet une meilleure précision qu'avec des stations météorologiques ponctuelles pour décrire le territoire d'étude.

4.2.5 La modélisation des besoins d'irrigation

4.2.5.1 Résultat des débits d'irrigation simulés

Pour chaque sous bassins, la demande agronomique spécifique dépendant de la météo et de l'assolement irrigué du territoire est simulée chaque année et produit les résultats statistiques illustrés en Figure 76 et Figure 77.

Les exemples pris sont ceux de l'Ardusson, principal UG pour l'irrigation, et le bilan pour le périmètre du SAGE sans les UGs Seine. Les résultats pour les autres UGs sont présentés en Annexe.

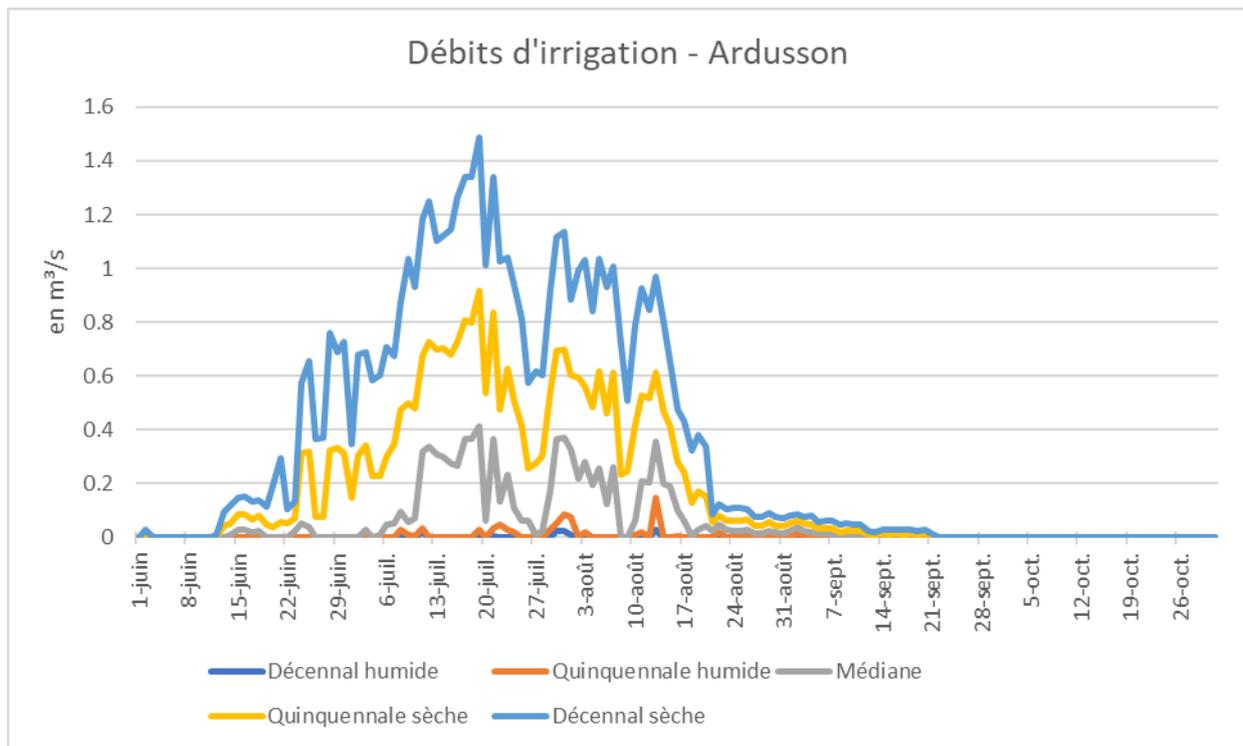


Figure 76 : Régime de prélèvement simulé sur Montigny

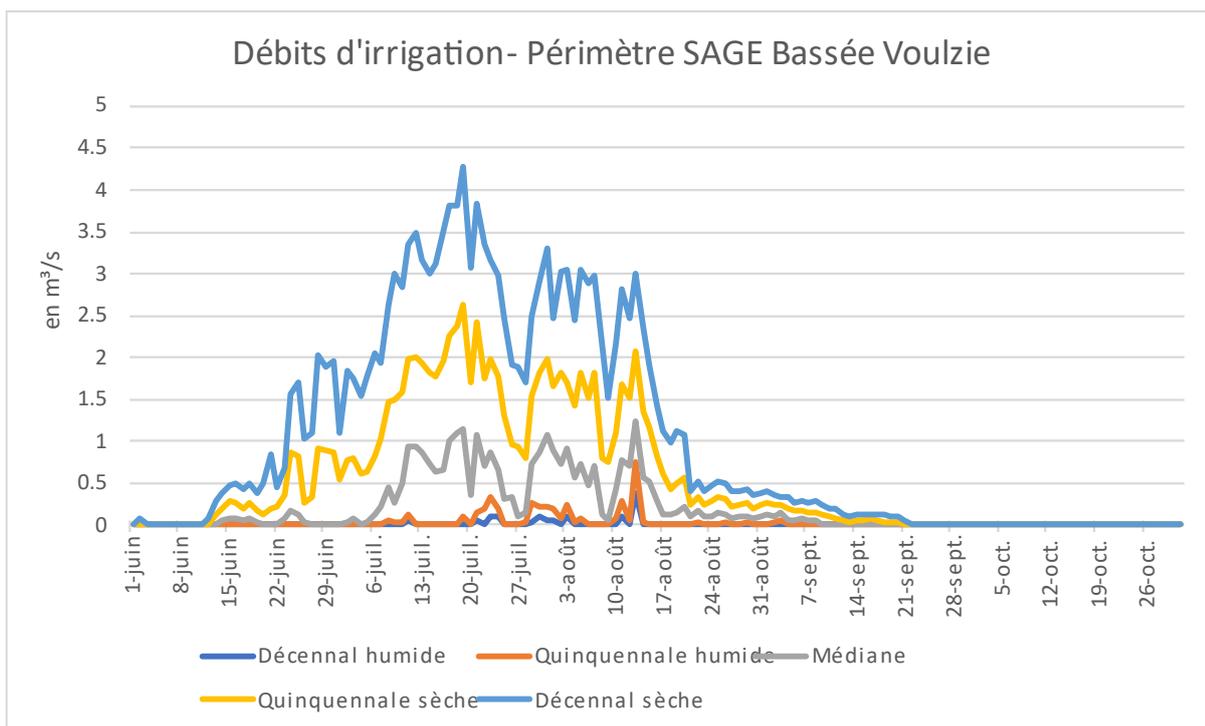


Figure 77 : Régime de prélèvement simulé sur le périmètre du SAGE Bassée Voulzie

4.2.5.2 Résultats des prélèvements d'irrigation

Les résultats journaliers sont ensuite cumulés annuellement et comparés aux données déclarées à l'Agence de l'Eau Seine Normandie afin de vérifier la cohérence de l'intensité simulée par sous bassins versants (exemple de quelques sous bassins, les autres sont disponibles en annexes).

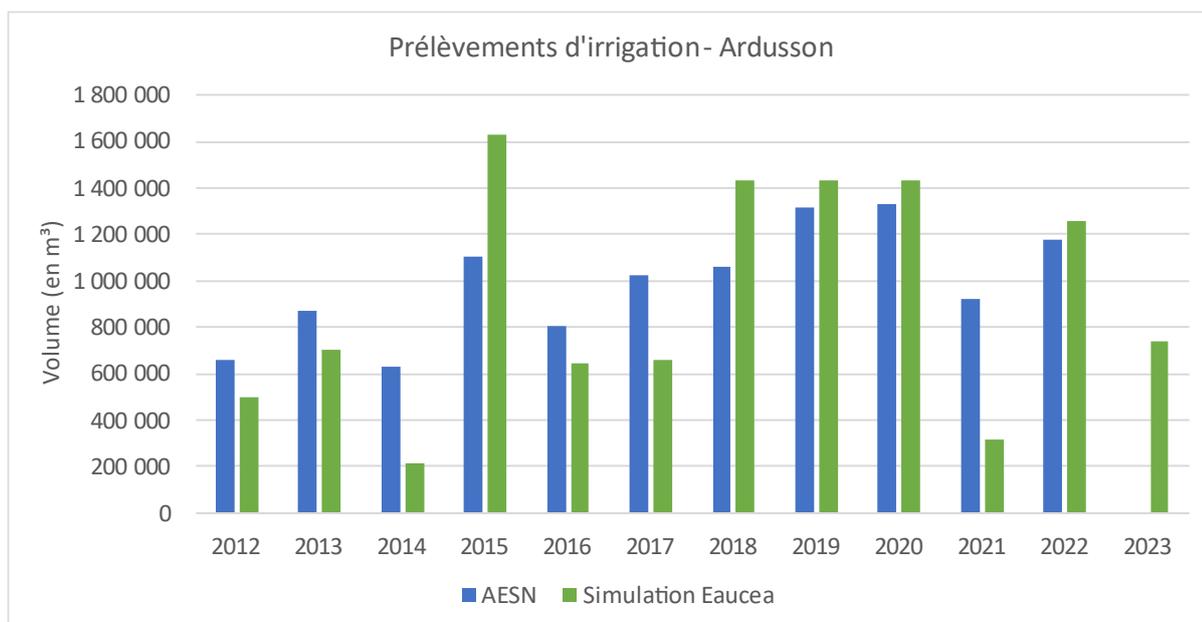


Figure 78 : Comparaison des données Agence de l'Eau et de la simulation des besoins d'irrigation sur l'UG d'Ardusson

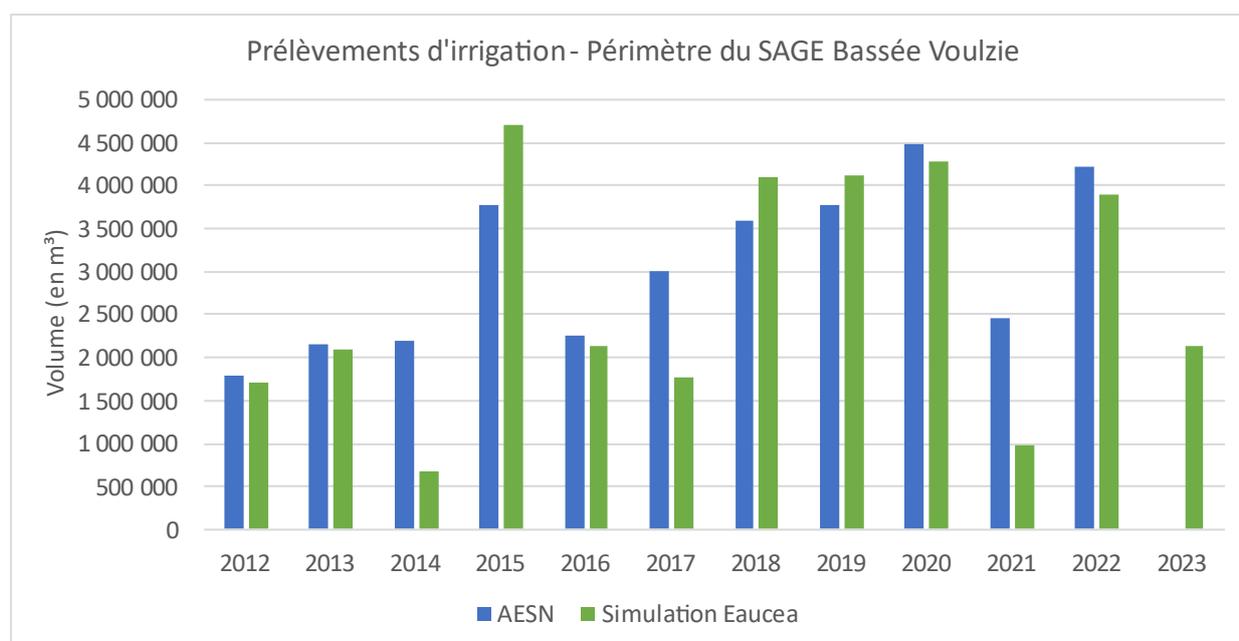


Figure 79 : Comparaison des données Agence de l'Eau et de la simulation des besoins d'irrigation sur le périmètre du SAGE de la Bassée Voulzie

Remarque : Les simulations sont réalisées avec un assolement constant dans le temps.

Les résultats obtenus montrent des volumes simulés tout à fait cohérents avec les données déclarées. Globalement, le modèle décrit bien les années sur la période 2012-2022.

Ce bon résultat nous autorisera donc avec une bonne fiabilité à exploiter le modèle pour décrire les régimes de prélèvement spécifiques à chaque année.

Cependant pour les années 2014, 2017 et 2021, les volumes prélevés sont parfois très supérieurs aux volumes simulés (exemple : Val de Seine amont et aval, Ardusson, Noxe, Pars et Montigny). Ce résultat ne remet pas fondamentalement en cause la performance du modèle et s'explique s'en doute pour les faits suivants : ces 2 années correspondent à des étés humides (plus que quinquennaux), ce qui a dû avoir des conséquences en terme de pratiques agricoles, soit la réserve utile des sols a été mal exploitée par les irrigants car mal connue à l'époque (absence de sondes tensiométriques), soit parce que les matériels d'irrigation n'autorisaient pas

la prise de risque d’une interruption des tours d’eau (équipement limitant) ou encore aux pratiques culturales (traitement du Mildiou).

La pluviométrie du bassin du SAGE Basse Voulzie a été associée à celle du sous-bassin Val de Seine amont.

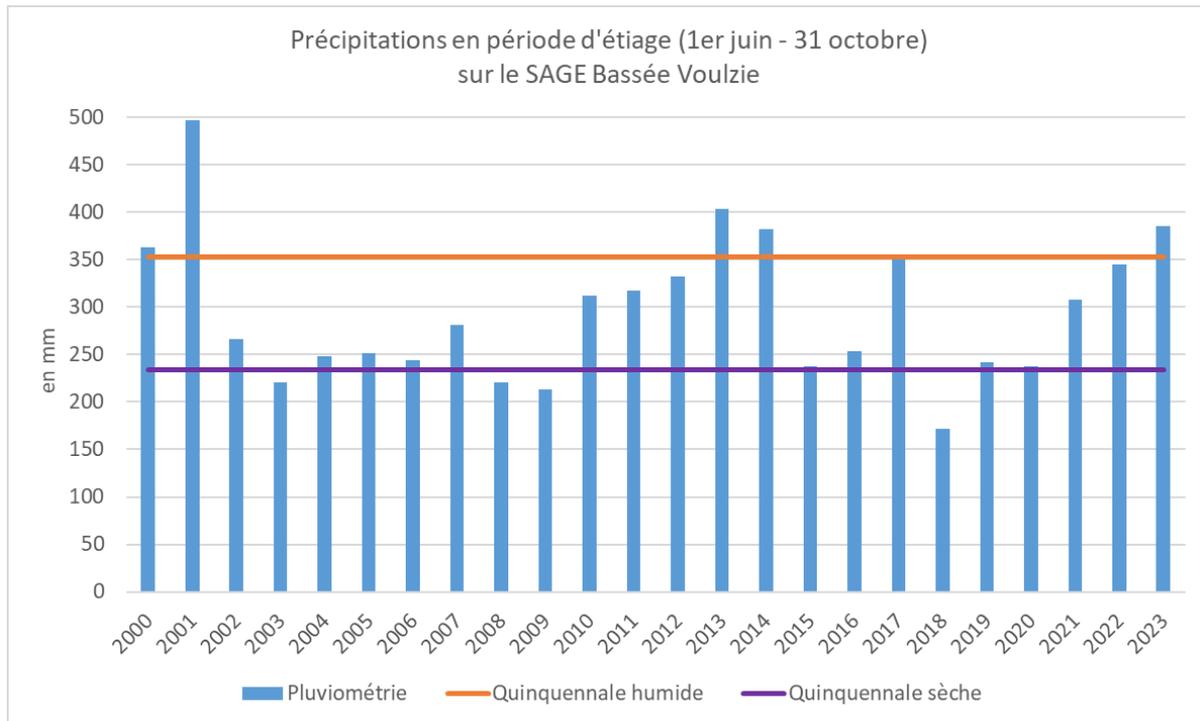


Figure 80 : Pluviométrie sur la période d’été sur la Bassée Voulzie

4.2.5.3 Extrapolation des régimes de consommations agricoles

Dix années de recouvrement ont été testées (2012-2022). Elles permettent d’extrapoler une consommation 2023 qui sera au moins dans le même ordre de grandeur que l’année 2013 (du fait de la pluviométrie estivale cumulée ces années-là).

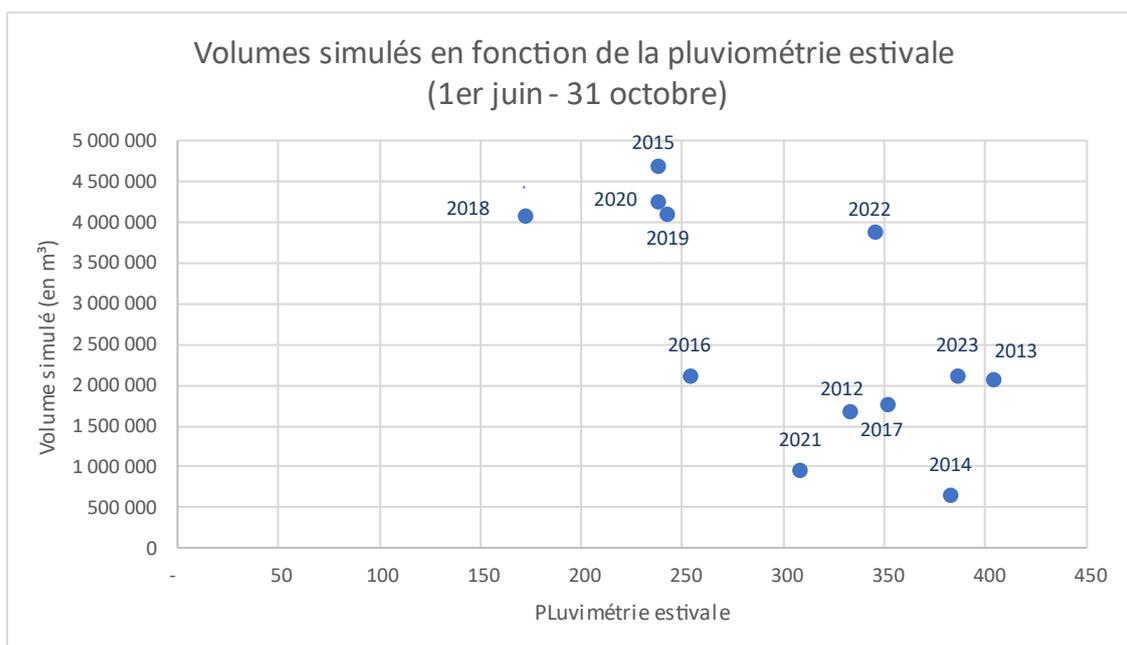


Figure 81 : Volumes simulés en fonction de la pluviométrie estivale à l’échelle du SAGE de la Bassée Voulzie

Les résultats obtenus permettent, de manière journalière, et pour chaque année la modélisation du régime et de l'intensité des prélèvements pour chacun des bassins.

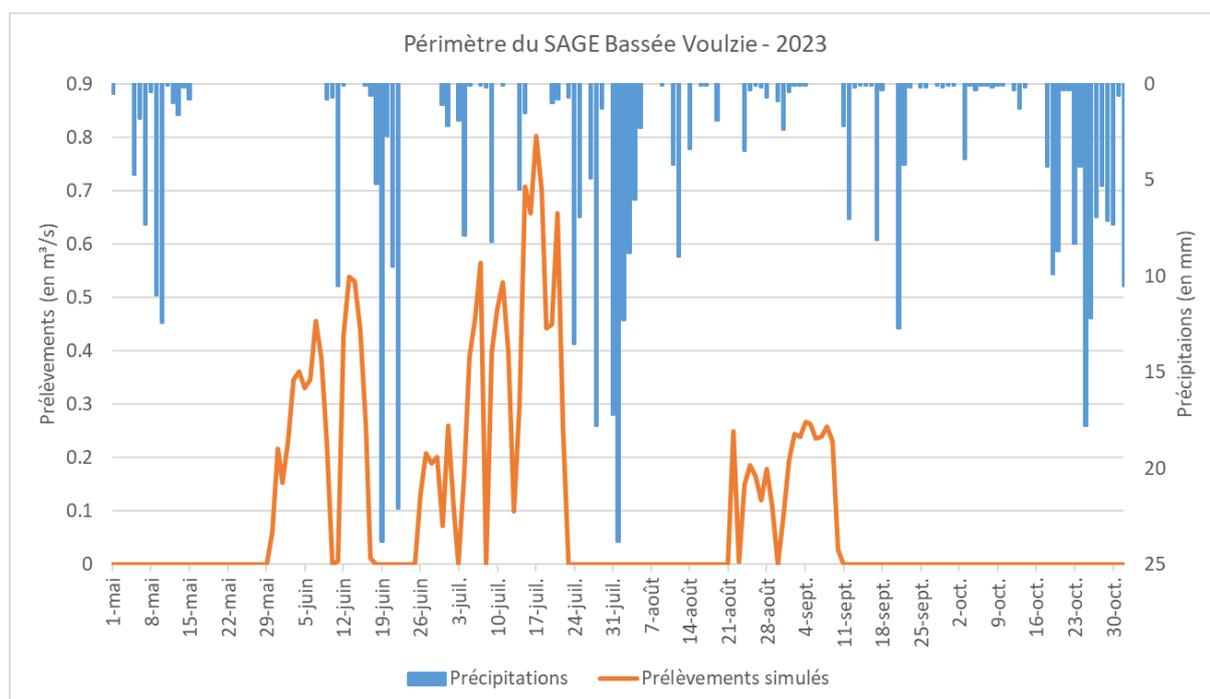


Figure 82 : Intensité des prélèvements simulée sur le périmètre du SAGE en 2023

4.2.6 Conclusion

Cette méthode permet donc d'estimer :

- La pression de consommation théorique ;
- Le régime saisonnier de cette pression de prélèvement.

Ces deux informations permettent donc d'estimer l'impact de l'irrigation sur les débits observés et de façon symétrique l'intérêt du soutien d'étiage pour sécuriser ces prélèvements et donc cette activité.

5 ANNEXES

5.1 Analyse hydrologique actualisée des stations de la Seine

5.1.1 La Seine à Pont-sur-Seine

5.1.1.1 Régime général

La variabilité annuelle du régime de la Seine est assez faible (cf. **figure 89**). Ce régime amorti s'explique par l'effet tampon des réservoirs Seine mais aussi par le fonctionnement hydrogéologique du bassin. Les mécanismes de restitution des nappes dominant sur le ruissellement. Les hautes eaux s'observent en hiver (février) et les étiages en été (août). Ce régime est donc typiquement pluvial océanique.

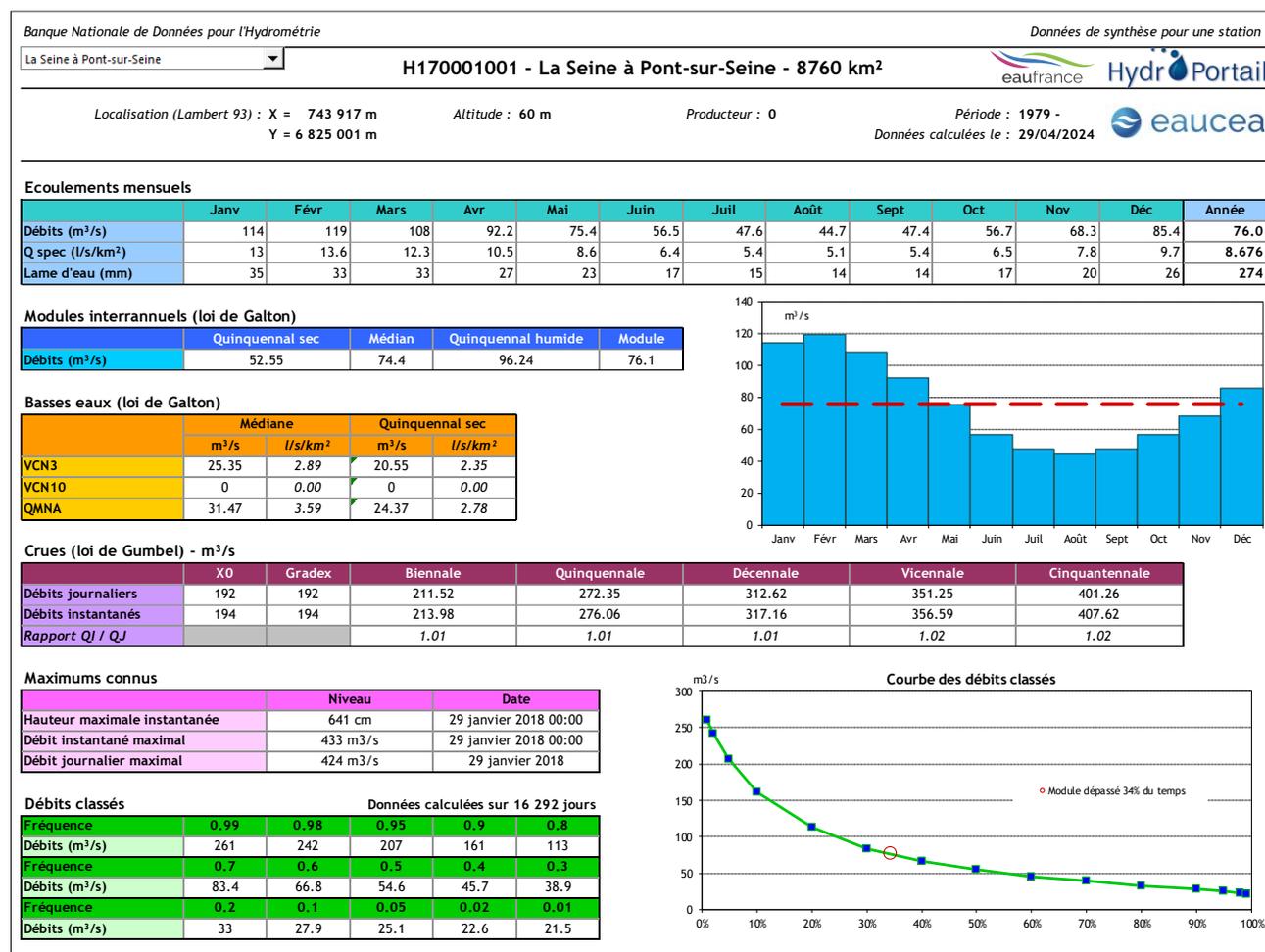


Figure 83 : Fiche de synthèse de la station de mesure de la Seine à Pont-sur-Seine de janvier 1979 à avril 2024

5.1.1.2 Régime en étiage

L'arrêté d'orientation du bassin Seine Normandie fixe plusieurs seuils réglementaires à la station de Pont-sur-Seine (cf.

* Seuils fixés par l'arrêté d'orientation du bassin Seine-Normandie N°IDF-2022-02-22-00008 en date du 22 février 2022. Les données sont fournies par les DREAL Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté ainsi que la DRIEAT Île-de-France.

tableau 14) qui sont établis sur une base de calcul resserrés dans le temps. Ce débit de référence est la plus faible des moyennes des débits sur trois jours consécutifs durant la quinzaine écoulée, appelé VCN3 (cf. paragraphe 3.1.1.2).

Seuils à Pont sur Seine	Vigilance	Alerte	Alerte renforcée	Crise
m ³ /s	25	20	17	16

* Seuils fixés par l'arrêté d'orientation du bassin Seine-Normandie N°IDF-2022-02-22-00008 en date du 22 février 2022. Les données sont fournies par les DREAL Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté ainsi que la DRIEAT Île-de-France.

Tableau 14 : Débits seuils à Pont-sur-Seine

La **figure 84** ci-dessous illustre à Seine à Pont-sur-Seine les indicateurs d'étiage de l'année 2019 : VCN3, VCN10 et QMNA. En 2022, année sèche il est intéressant de noter que le VCN3 et le VCN10 et le QMNA ont été atteints en juin alors que le VCN30 est à cheval sur le mois de juillet et d'août.

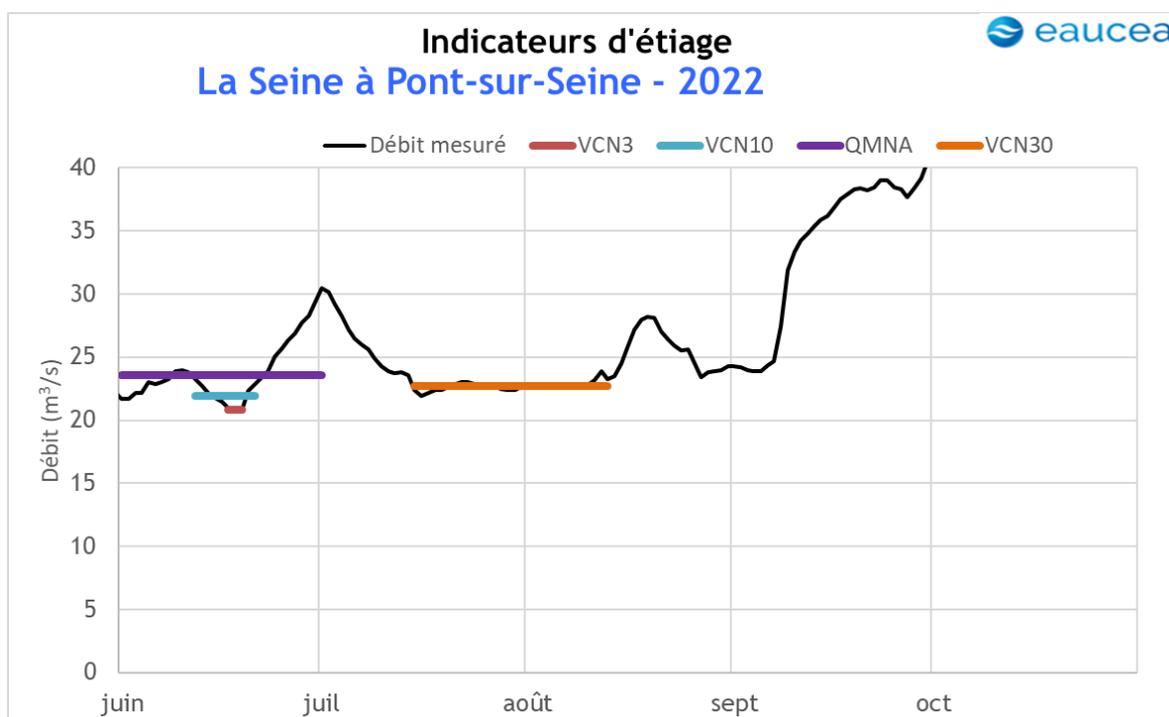


Figure 84 : Exemple du VCN3, VCN10 et QMNA de la Seine à Pont-sur-Seine en 2019

Les VCN3 de la Seine à Pont-sur-Seine (cf. **figure 85**) mesurés depuis la création de la station en 1979 présentent des valeurs variables selon les années avec un minimum à 18,7 m³/s en 1991. Ces débits sont cependant très fortement influencés par la gestion des lacs réservoirs et les lâchers de soutien d'étiage. Rappelons que la création du réservoir Seine date de 1966 et celui de l'Aube de 1990.

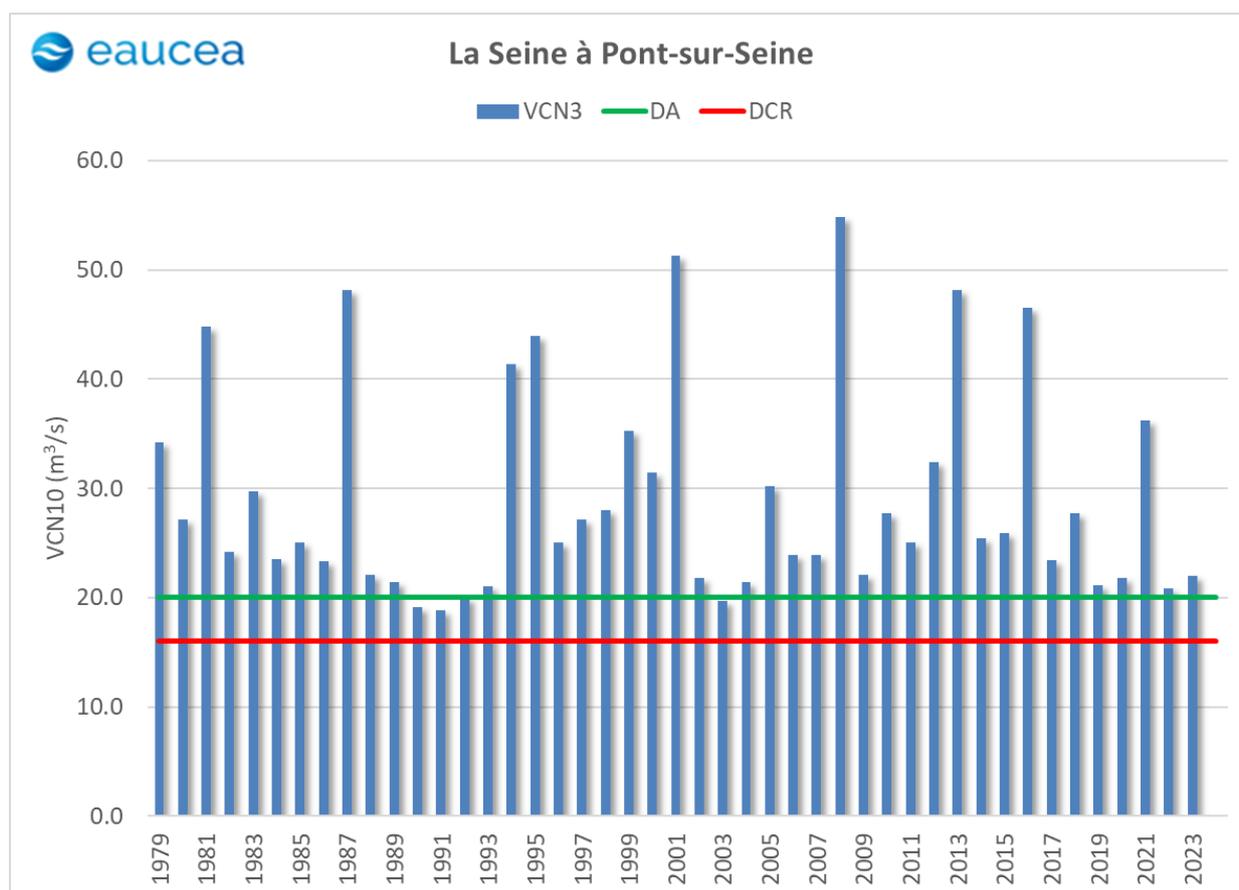


Figure 85 : Analyse des VNC3 de la Seine à Pont-sur-Seine

L'évolution des VCN10 (cf. figure 86) montre le même profil que les VCN3 avec des valeurs légèrement supérieures. A noter que l'objectif de débits à Pont-sur-Seine est au minimum de 20 m³/s pour permettre le fonctionnement dans des conditions optimales du CNPE de Nogent-sur-Seine. Cette valeur minimale est ponctuellement dépassée pour les VCN3 (1990 à 1992 et 2003) mais jamais pour les VCN10, illustrant bien la limite de prise en compte du VCN3 comme indicateur d'étiage. En effet, une manœuvre ponctuelle d'un ouvrage hydraulique peut faire chuter momentanément le débit sans pour autant affecter de manière durable la gestion des ouvrages liés à l'étiage qui s'effectue bien en amont.

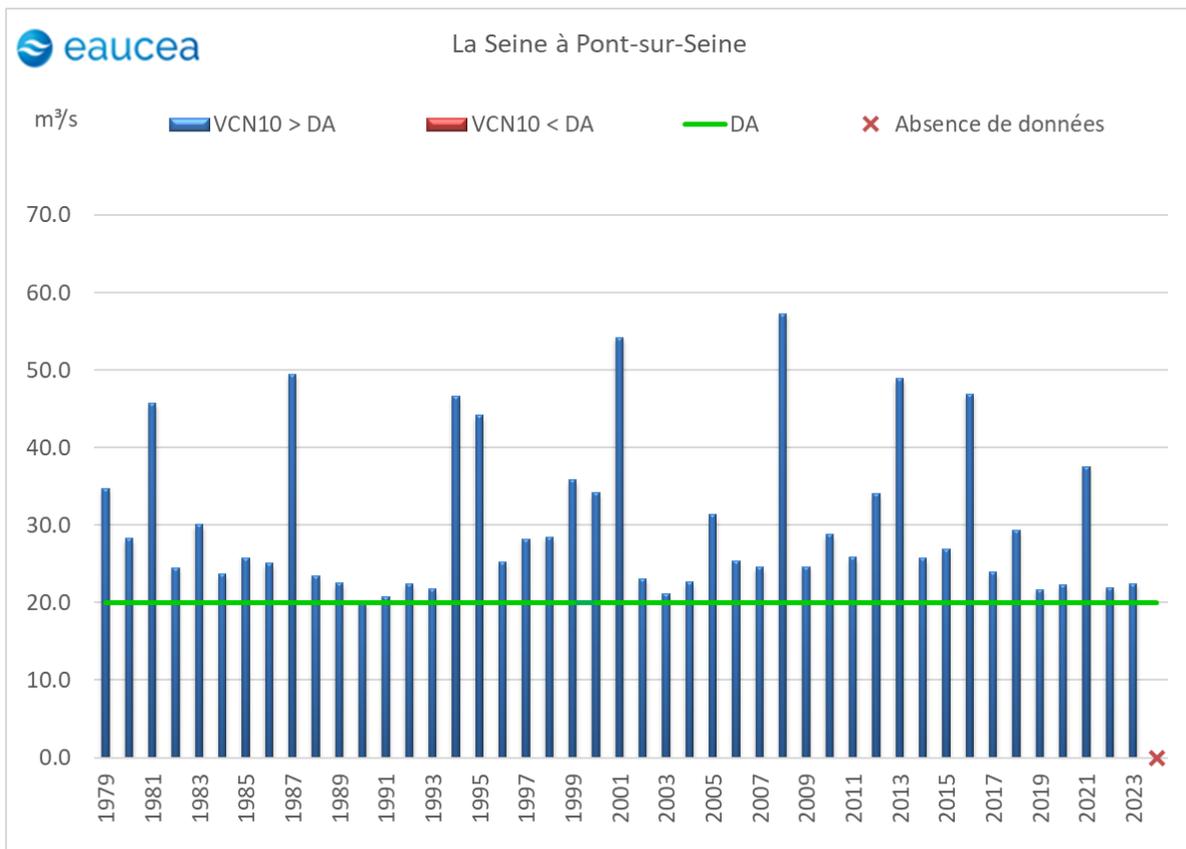


Figure 86 : Analyse des VCN10 de la Seine à Pont-sur-Seine

Les QMNA sont présentés en **figure 87**. Comme les VCN3 et VCN10 ils présentent une homogénéité des valeurs basses, liée à la gestion des lacs réservoirs. Le graphe montre que le seuil de vigilance a été franchi en moyenne mensuelle 3 fois sur les 5 dernières années.

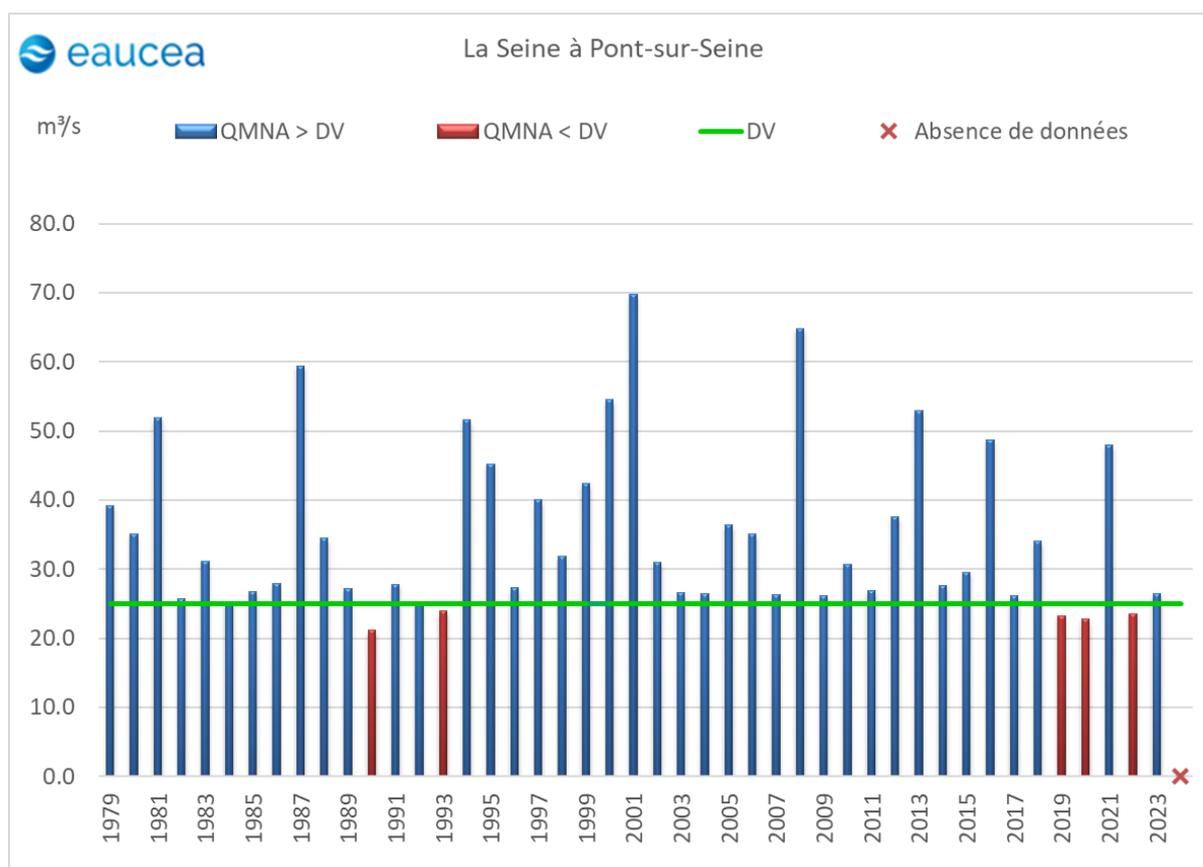


Figure 87 : Analyse des QMNA de la Seine à Pont-sur-Seine

Aucun DOE (Débit d'Objectif d'Étiage) n'est défini pour la station de Pont-sur-Seine. Cette station bénéficie cependant d'un débit de vigilance (DV) fixé 25 m³/s (cf.

* Seuils fixés par l'arrêté d'orientation du bassin Seine-Normandie N°IDF-2022-02-22-00008 en date du 22 février 2022. Les données sont fournies par les DREAL Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté ainsi que la DRIEAT Île-de-France.

tableau 14).

L'analyse des déficits par rapport à ce seuil montre des valeurs importantes au début des années 1990 (cf. **figure 88**) avec un maximum à près de 18 hm³ en 1990, année de la création du lac réservoir Aube. Lors de l'étude précédente, le déficit maximal atteint était de 4 hm³. Il est cependant remarquable que sur les 5 dernières années 3 années ont dépassé la valeur de 10 Hm³ ! avec des déficits qui s'expriment principalement en juin et juillet (cf. **figure 89**), c'est-à-dire au tout début de la période des lâchers de soutien d'étiage (cf. Erreur ! Source du renvoi introuvable.).

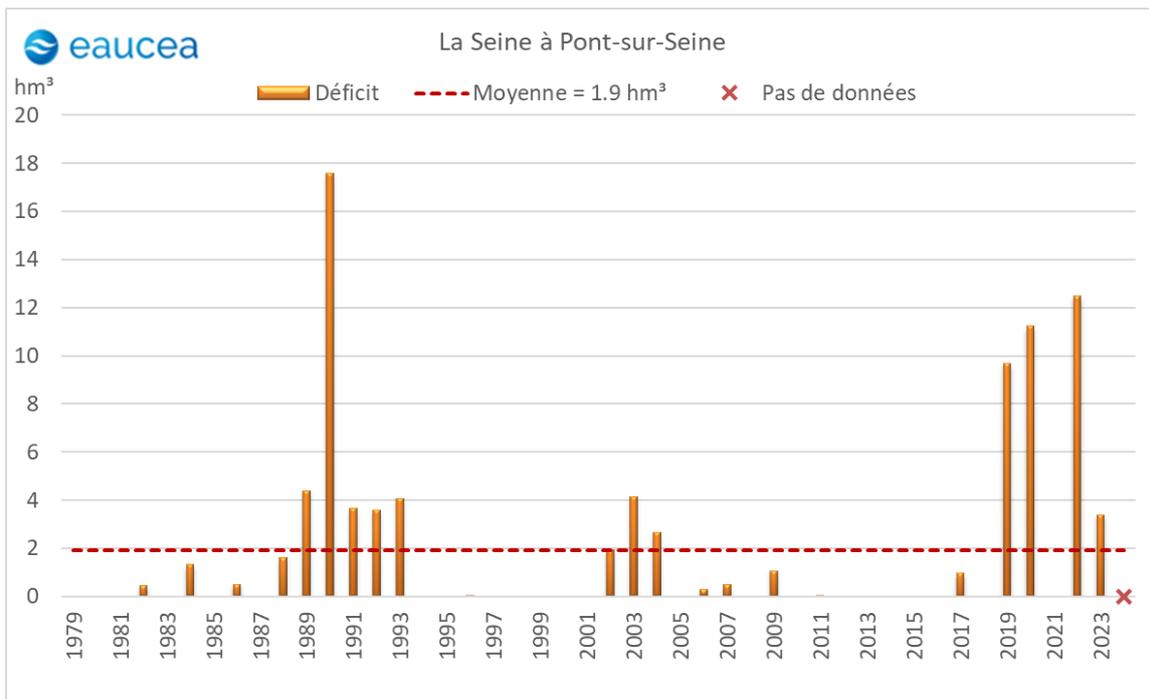


Figure 88 : Analyse des déficits de la Seine à Pont-sur-Seine par rapport au débit de vigilance (DV)

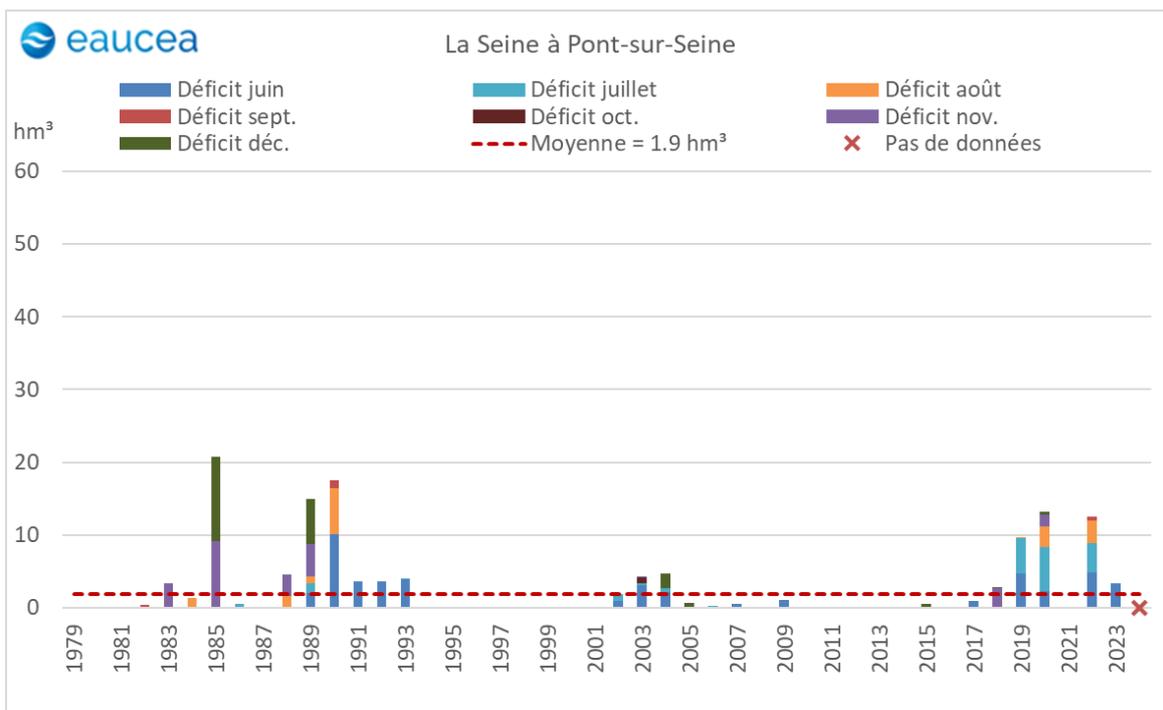


Figure 89 : Analyse mensuelle de la répartition des déficits par rapport au débit de vigilance de la Seine à Pont-sur-Seine

5.1.2 La Seine à Bazoches-lès-Bray

5.1.2.1 Régime général

Le régime général de la Seine à Bazoches-lès-Bray est tout à fait similaire à celui de Pont-sur-Seine (cf. figure 90).

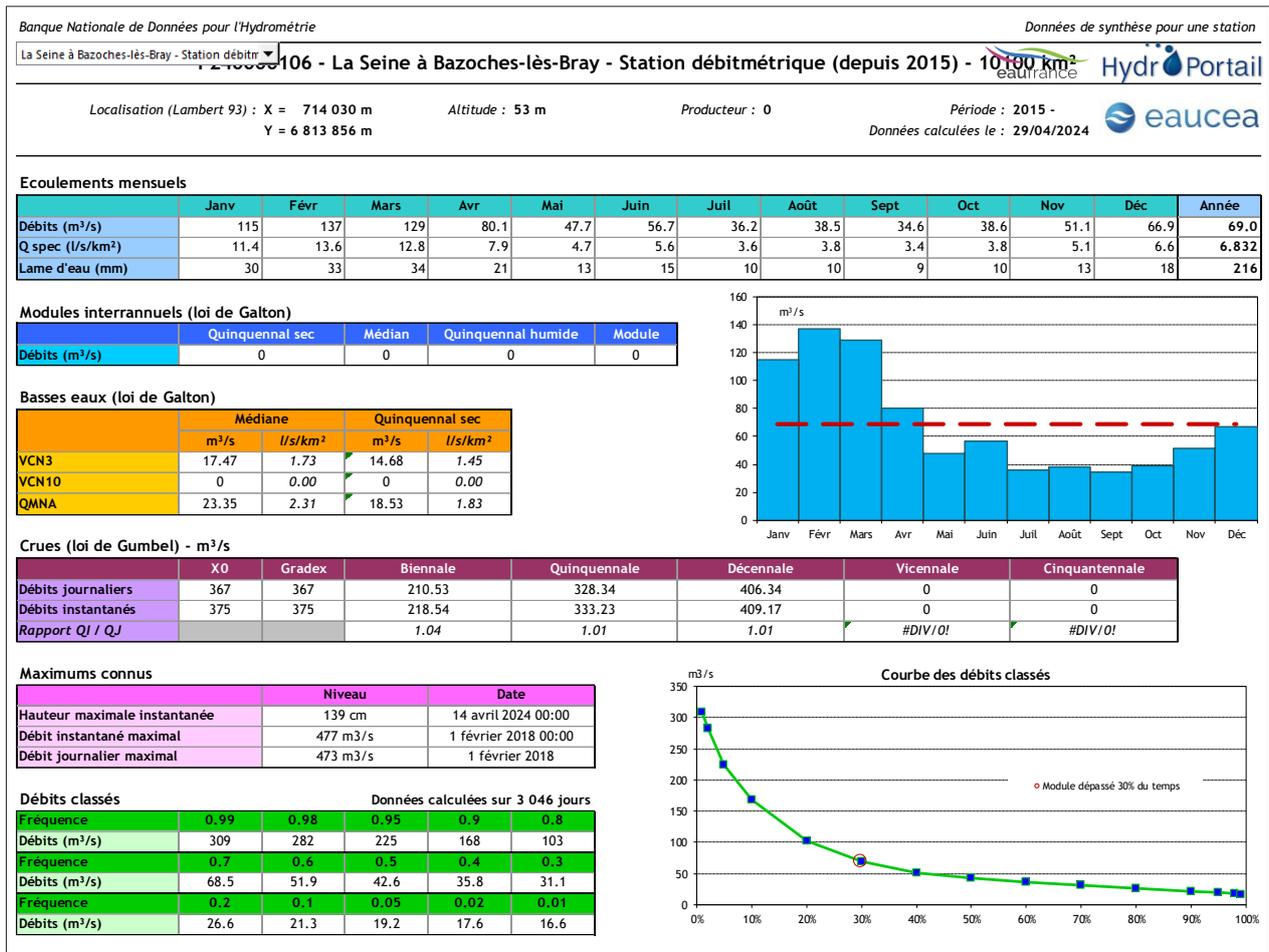


Figure 90 : Fiche de synthèse de la station de mesure de la Seine à Bazoches-lès-Bray sur la période récente (2015/2023)

Cependant, en amont, et sur une même période (1990/2023) le débit de la Seine à Pont sur Seine est de 1,4 m³/s supérieur en moyenne annuelle (cf. figure 91). Ce résultat peut surprendre puisque l'on devrait constater au contraire une augmentation du débit produit par l'augmentation du bassin versant (+ 1340 km²) qui intègre une grande partie du périmètre du SAGE.

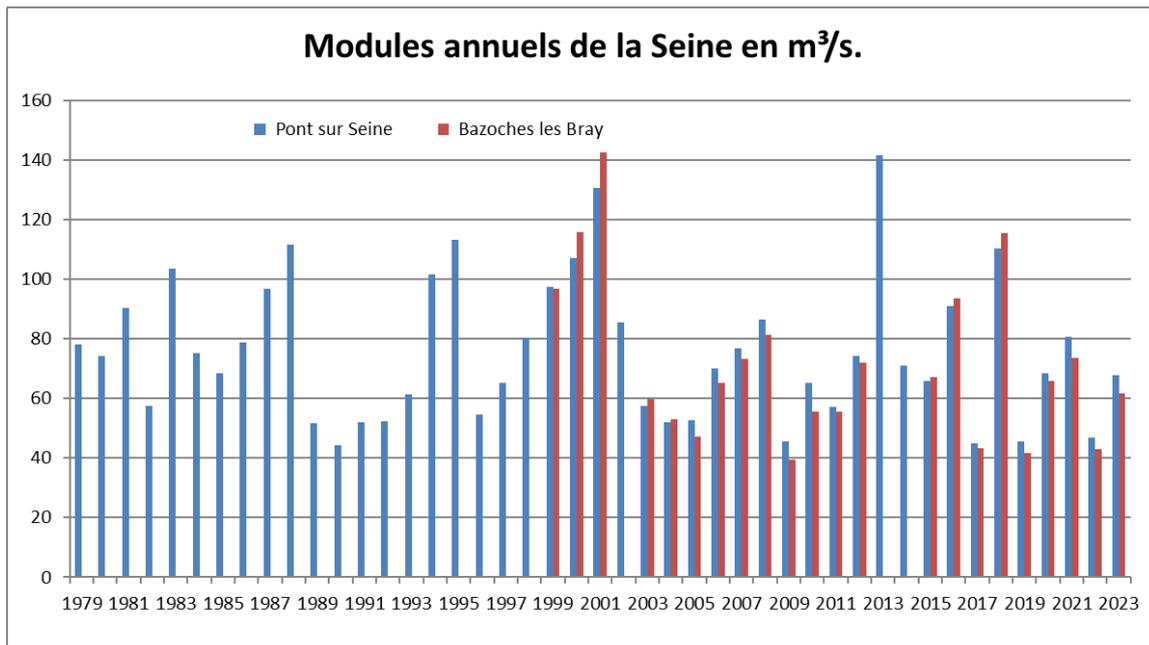


Figure 91 : Comparaison des modules de la Seine à Pont-sur-Seine et à Bazoches-lès-Bray

L’historique des modules annuels est présenté dans le graphe ci-dessus. Une analyse statistique (test de Mann Kendall) ne montre aucune tendance significative sur la période.

Même si les périodes de calcul du module sont différentes, la comparaison des modules annuels révèle un effet intéressant avec un bassin intermédiaire qui apparaît plutôt producteur d’eau en année humide et plutôt consommateur en année sèche. Cette baisse apparente est due à des apports du bassin intermédiaire (Ardusson, Orvin et Voulzie) plus faibles que les pertes (évaporation des tours aéroréfrigérantes du CNPE de Nogent-sur-Seine, prélèvements agricoles, consommation pour l’alimentation en eau potable et l’industrie, consommation de la ripisylve avec notamment la zone verte de la Bassée et dérivation du canal de Bray).

L’intensité du phénomène peut être appréciée par l’analyse de la **figure 92** suivante :

🔹 Baisse entre les deux stations proportionnelle à la sévérité des étiages :

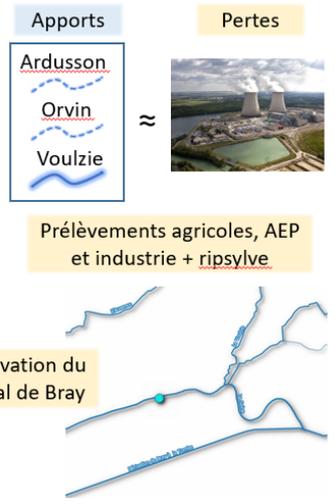
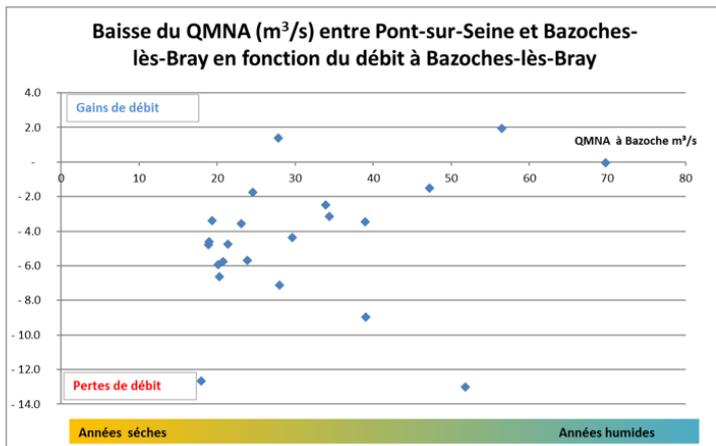
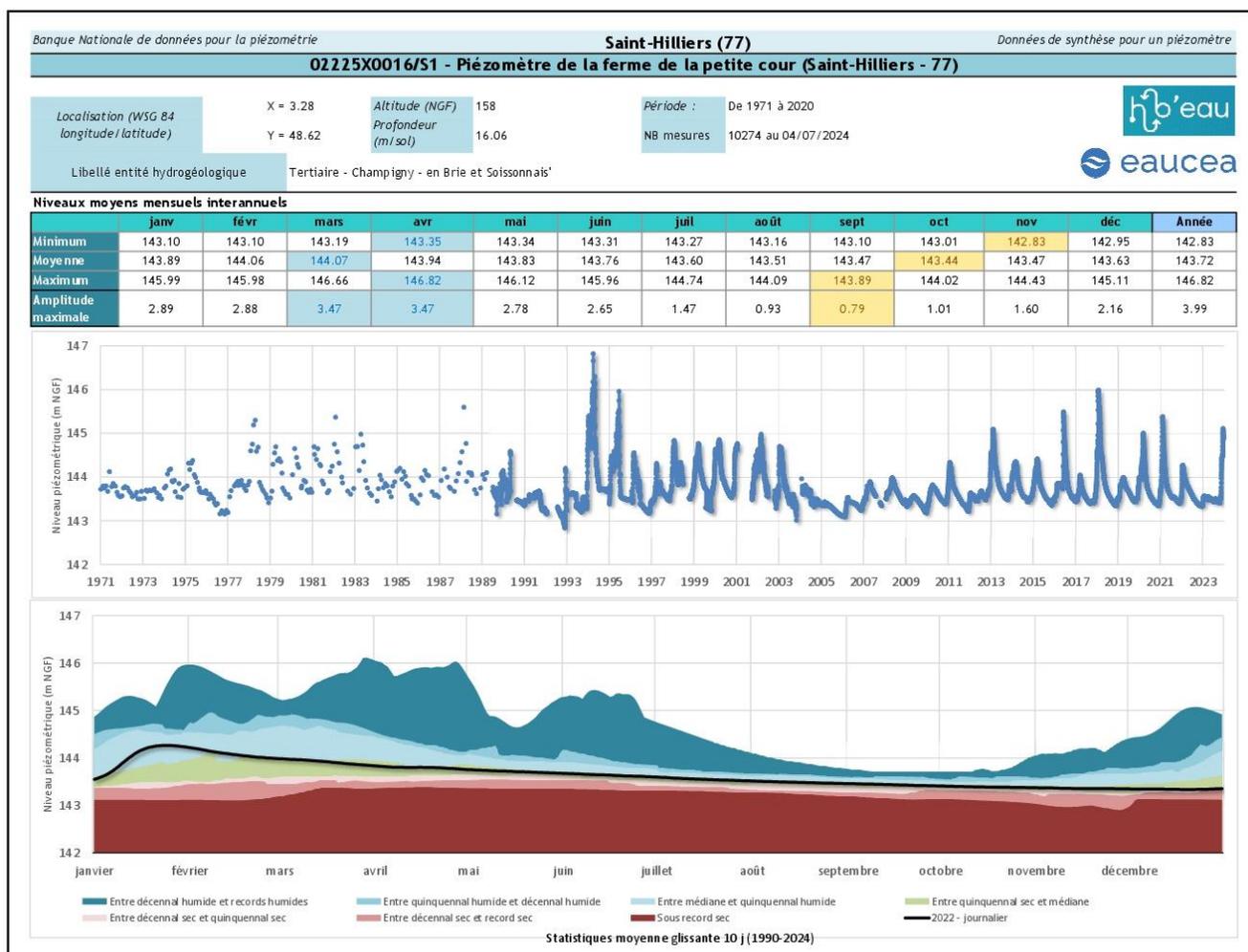
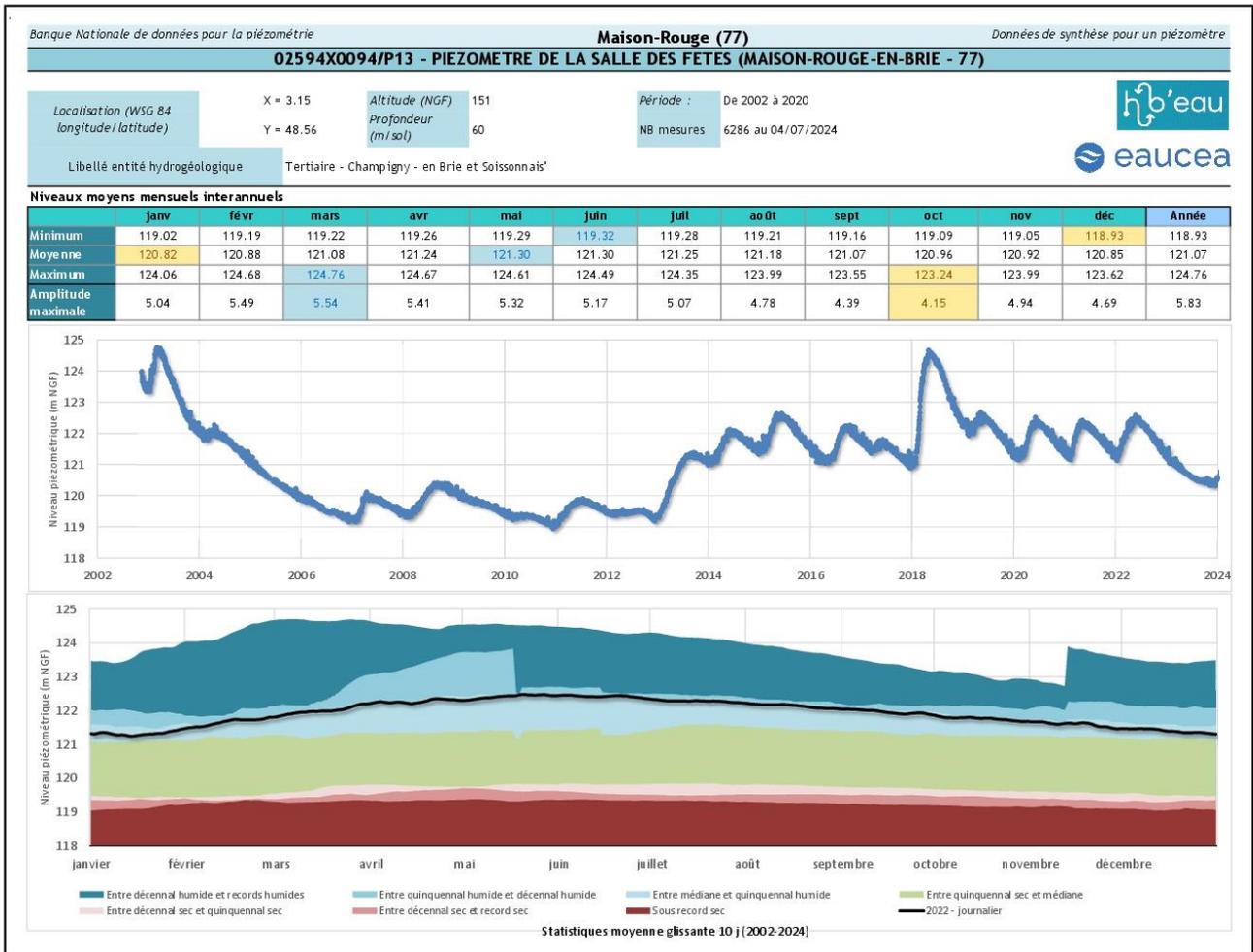


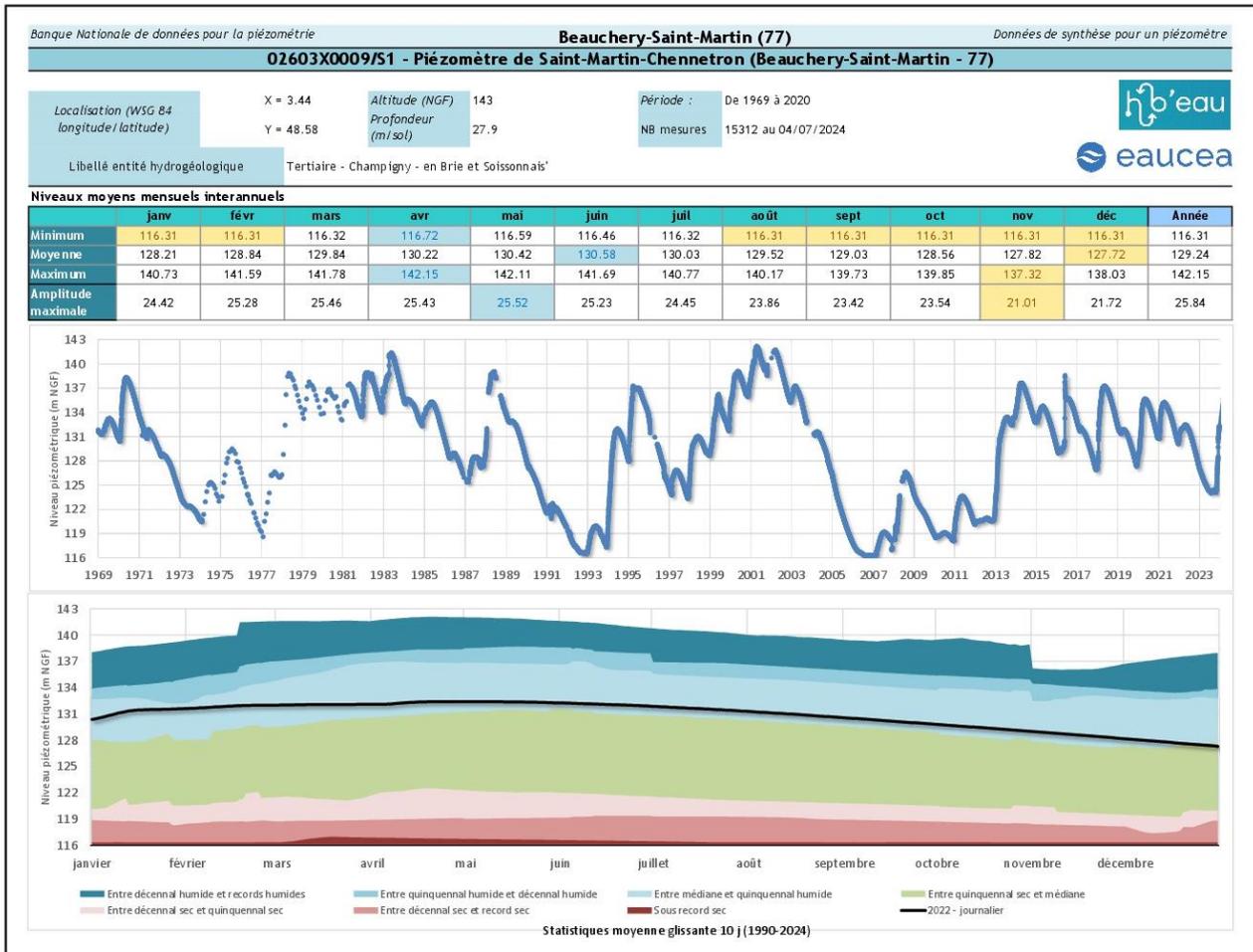
Figure 92 : Anomalie hydrologique de la Bassée ? (Module)

5.2 Fiche détaillée des ouvrages piézométriques

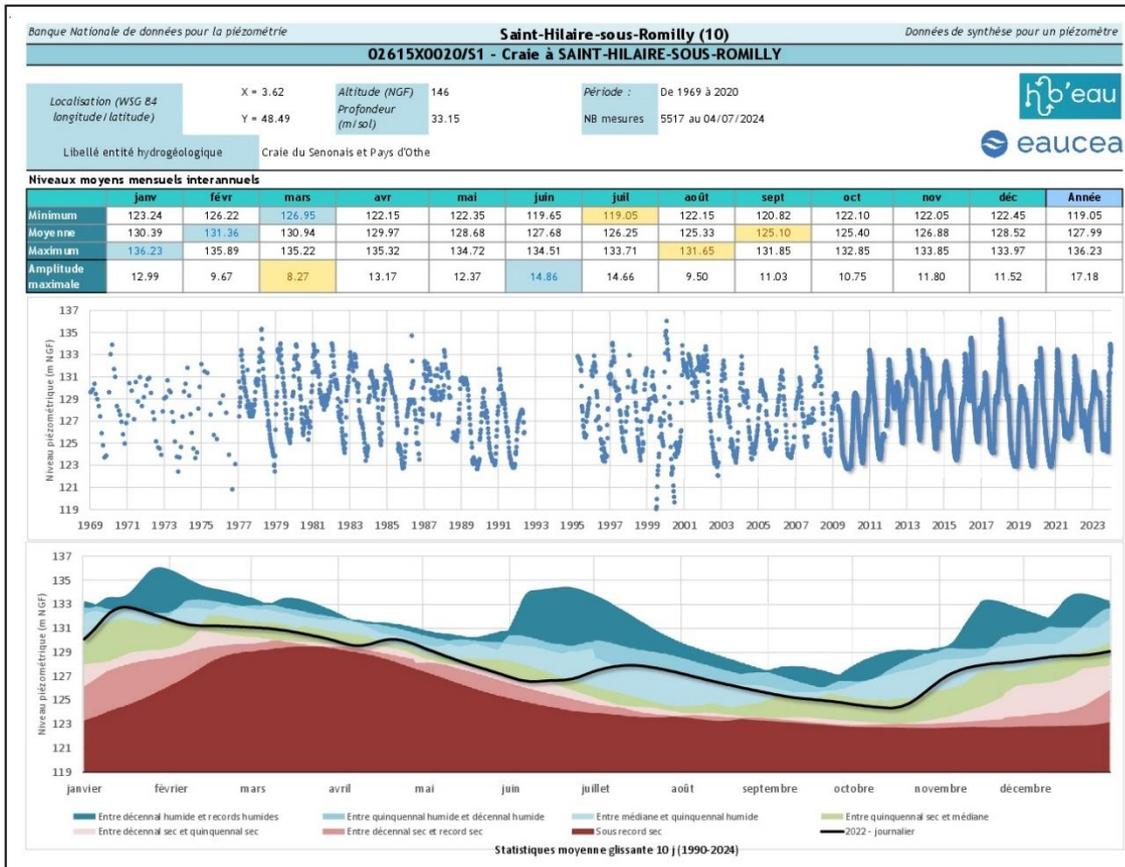
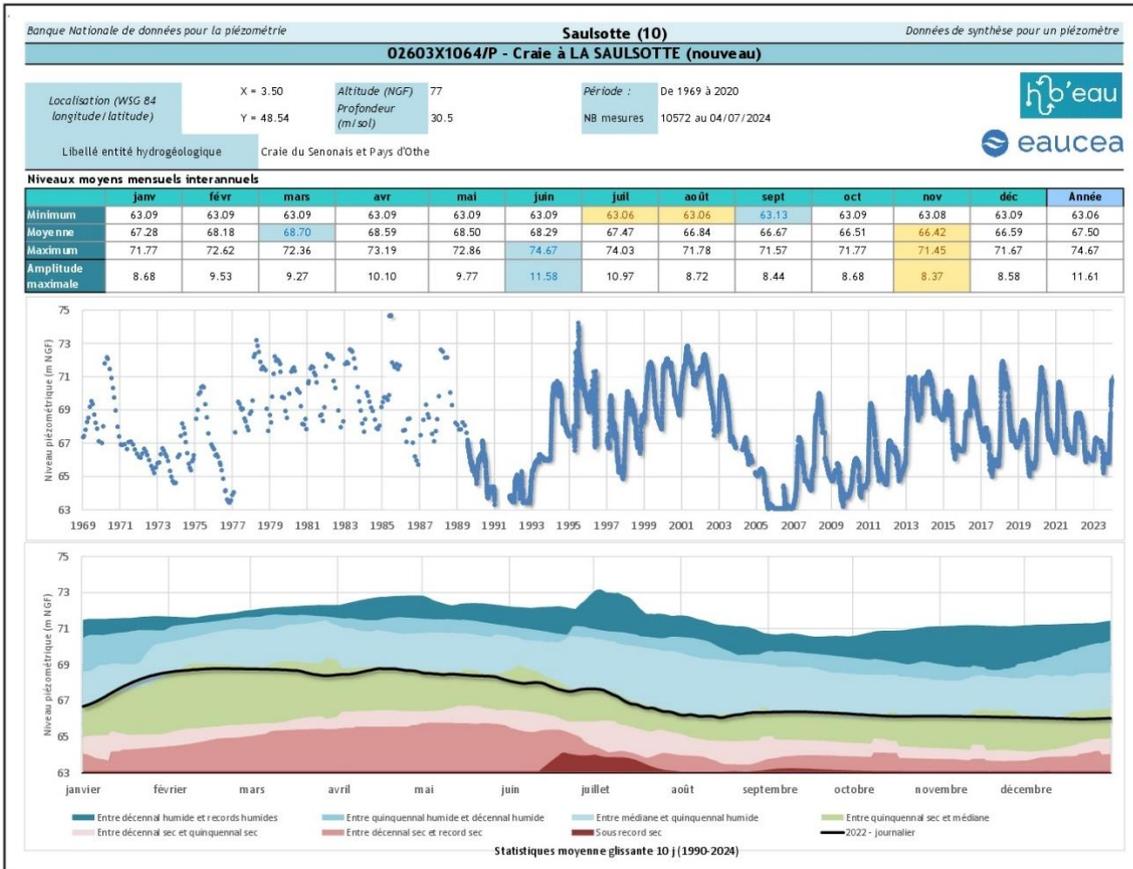
5.2.1 Ouvrages de la nappe de Champigny

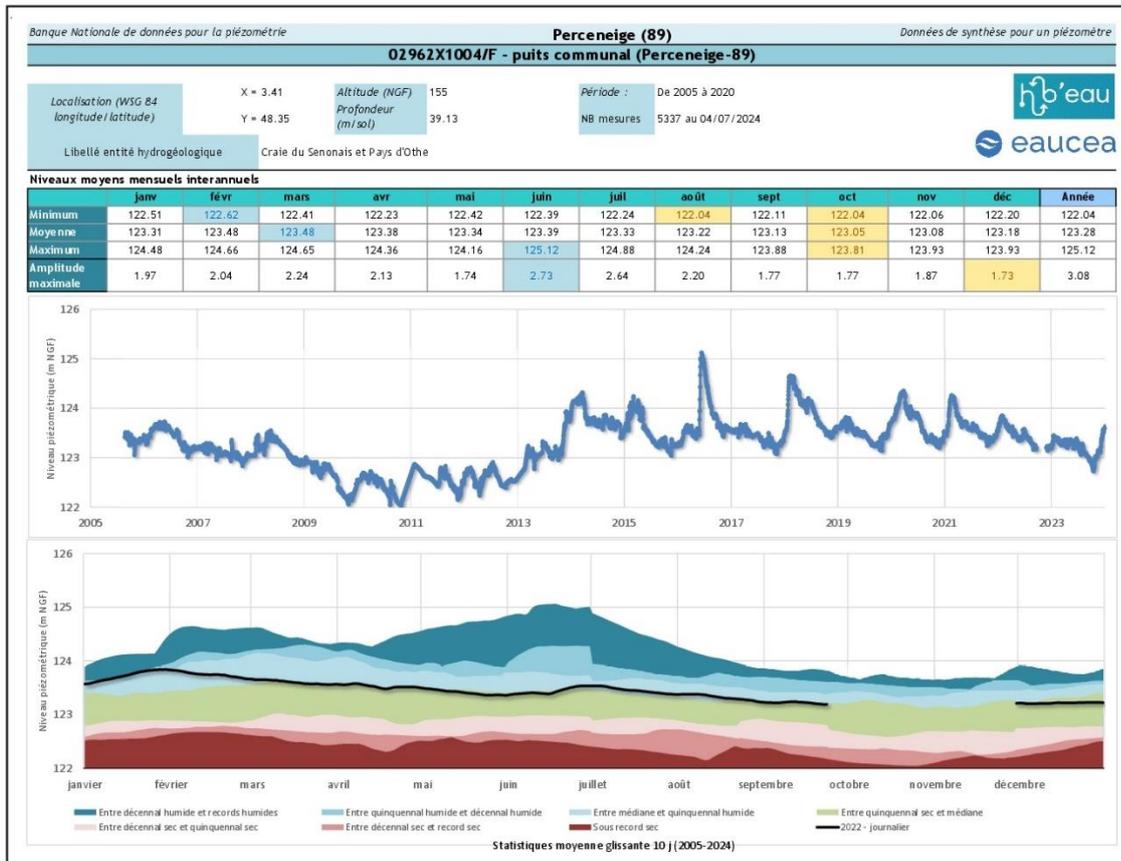
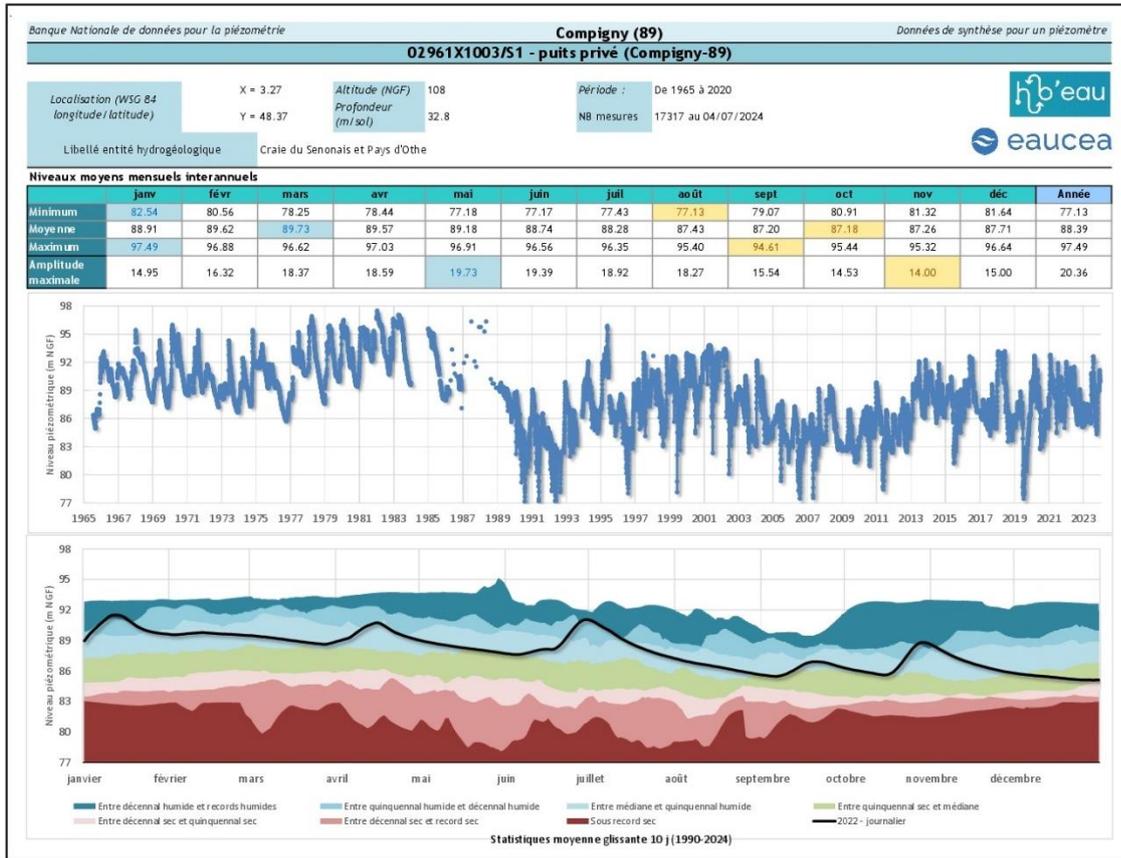


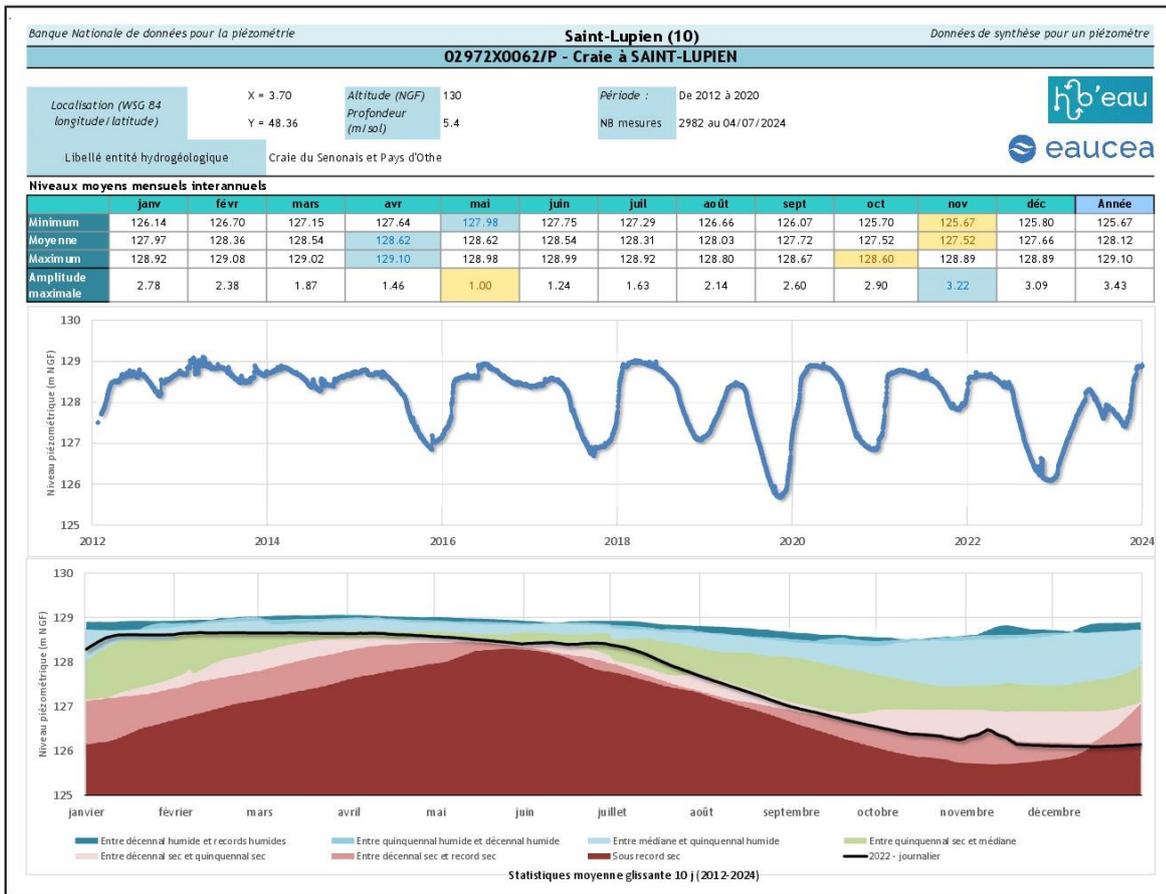




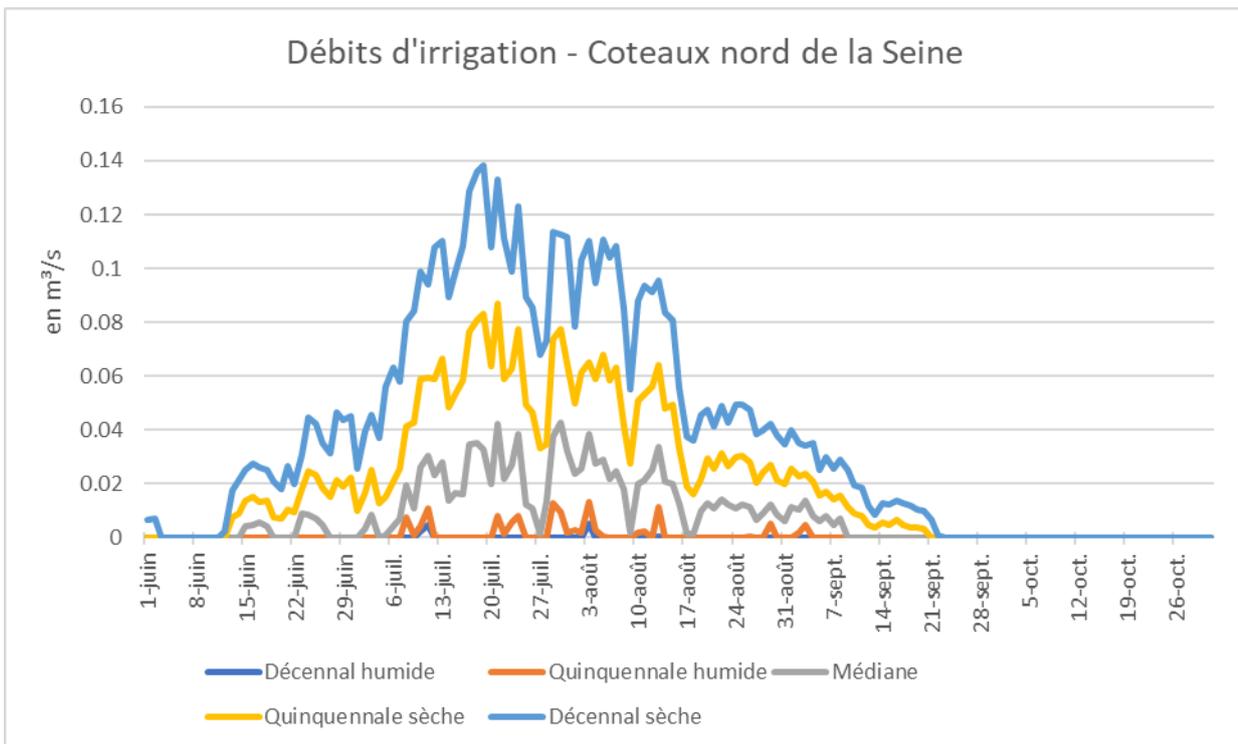
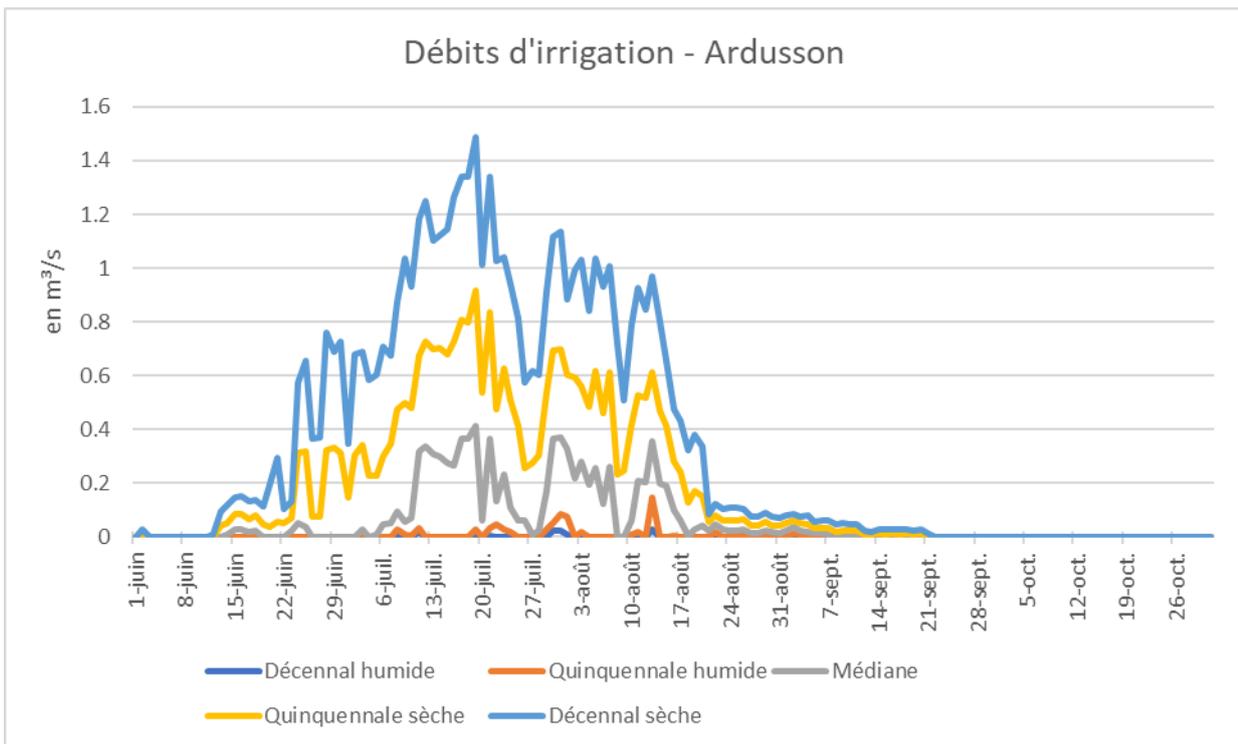
5.2.2 Ouvrages de la nappe de la Craie

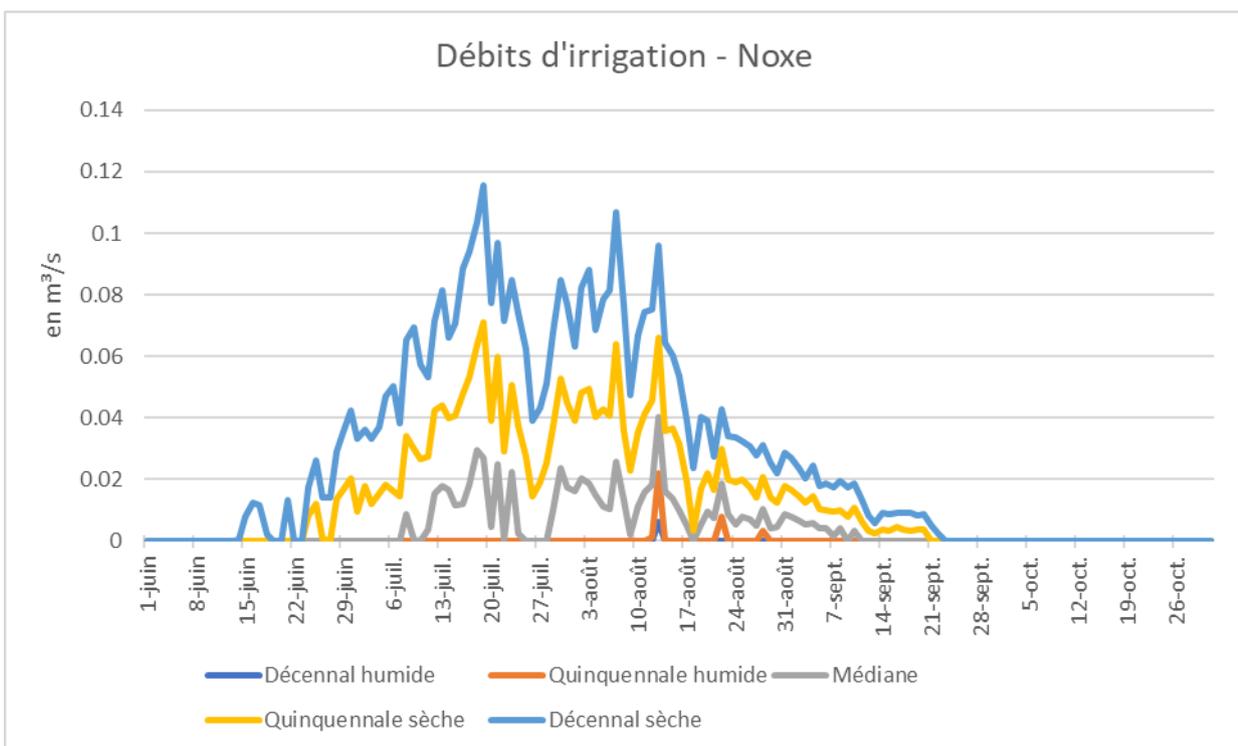
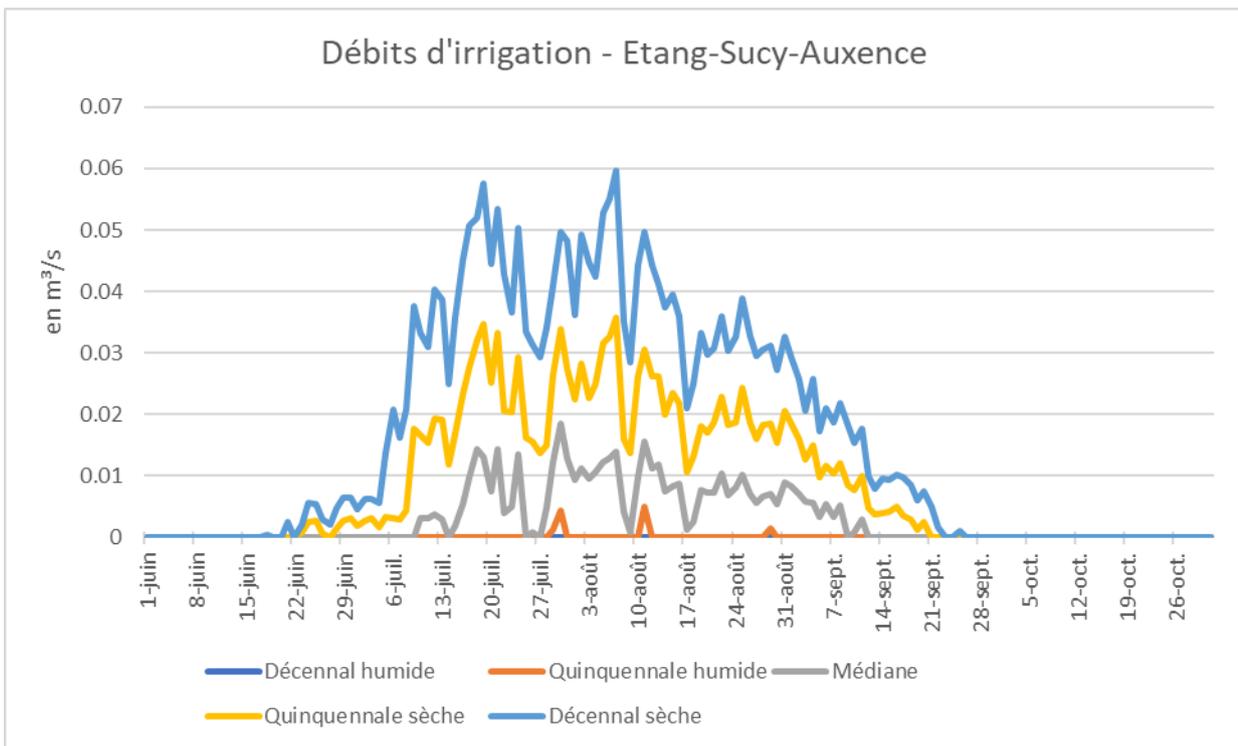


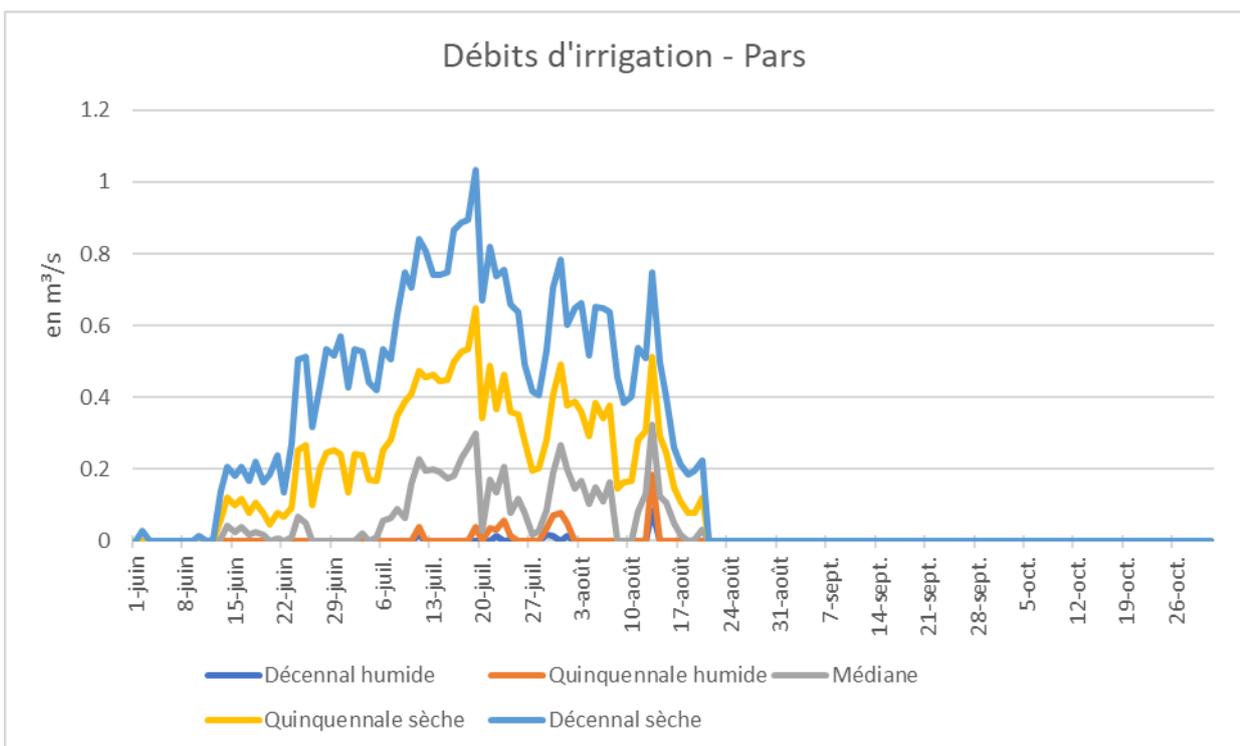
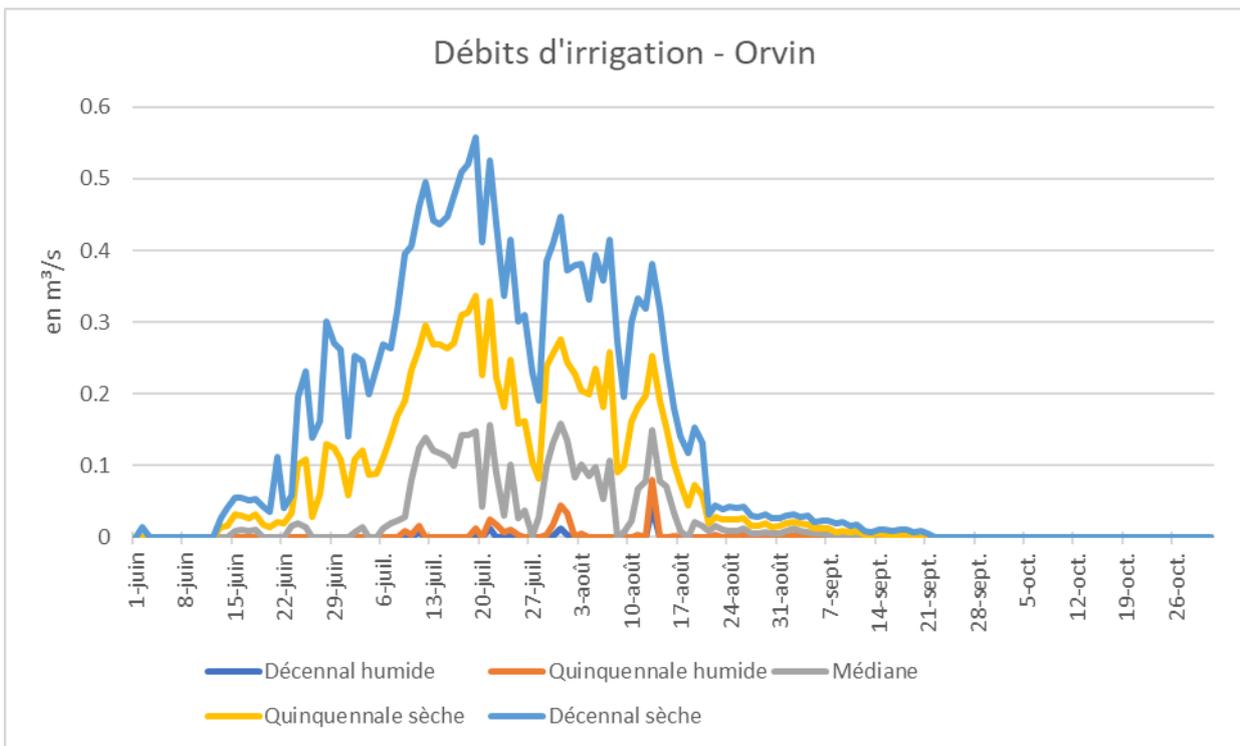


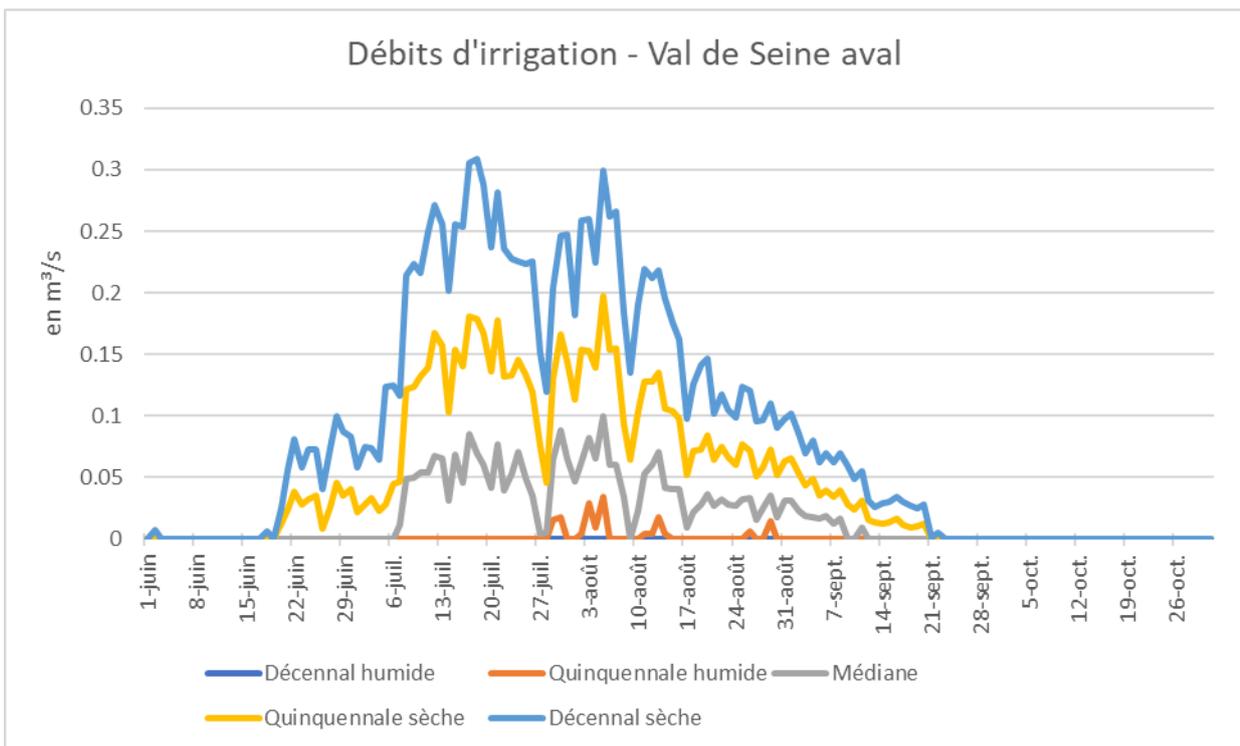
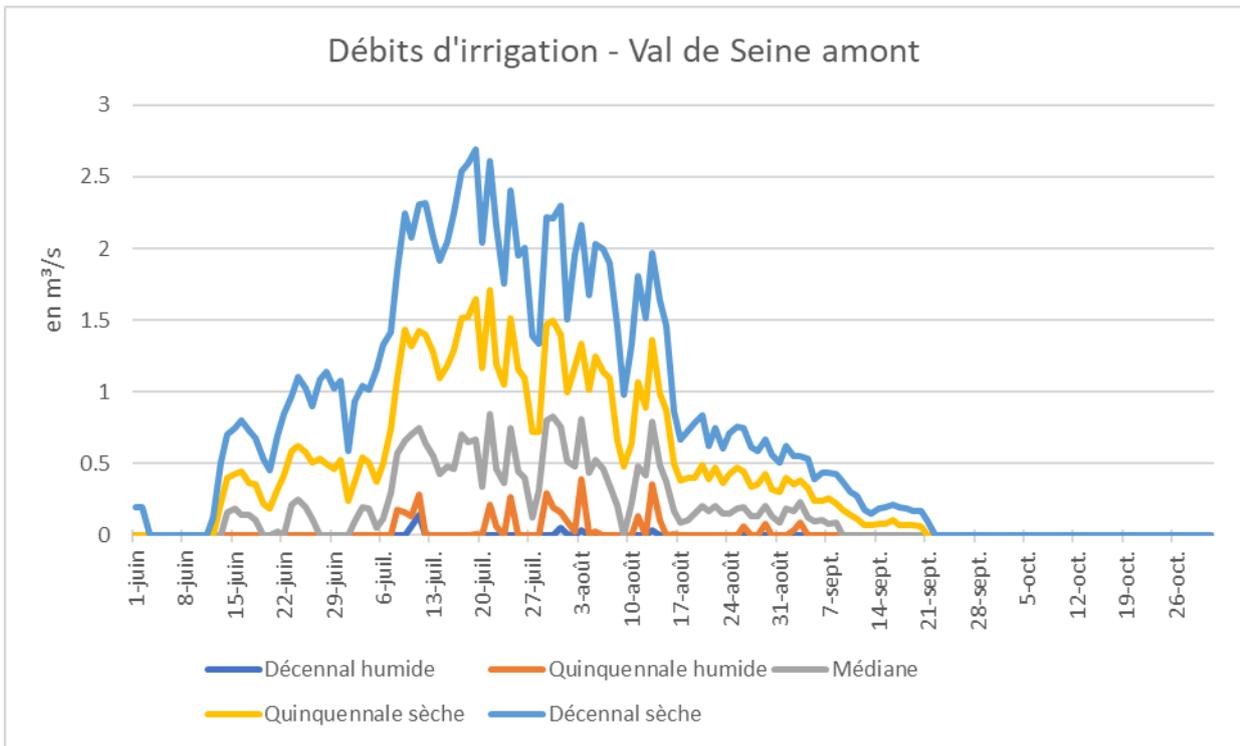


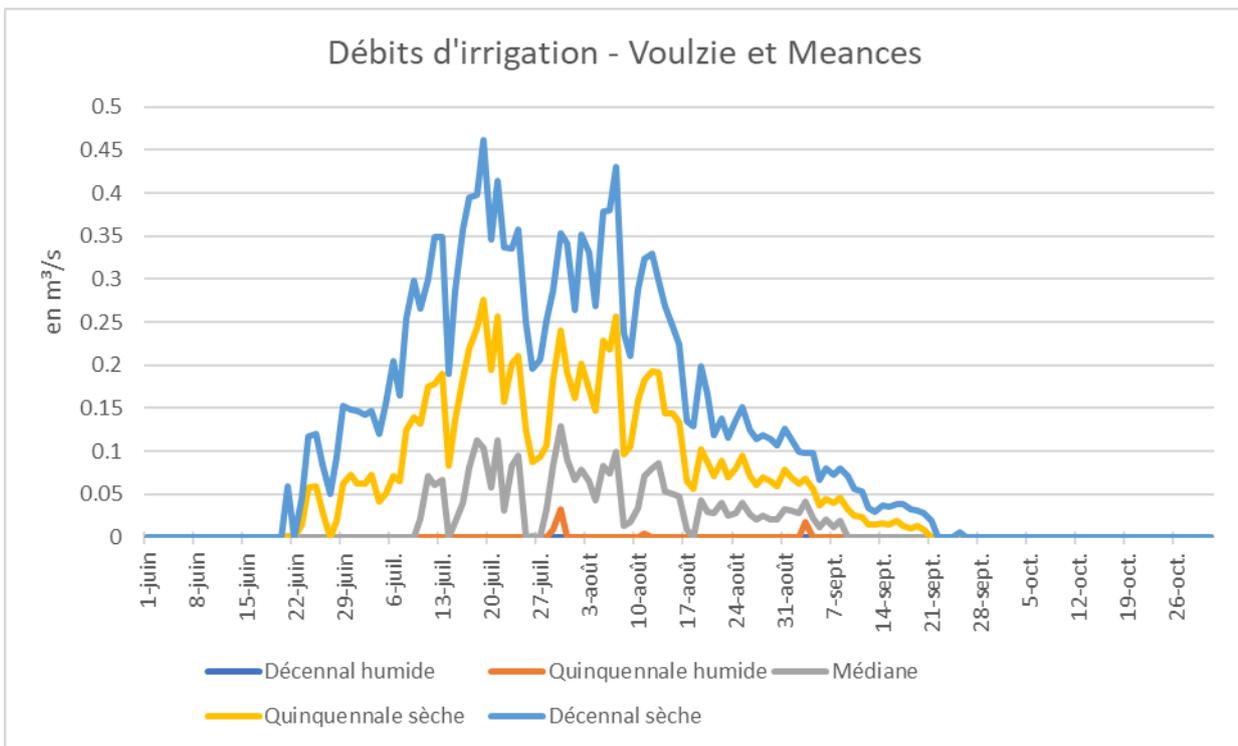
5.3 Débits d'irrigation simulés par sous bassins



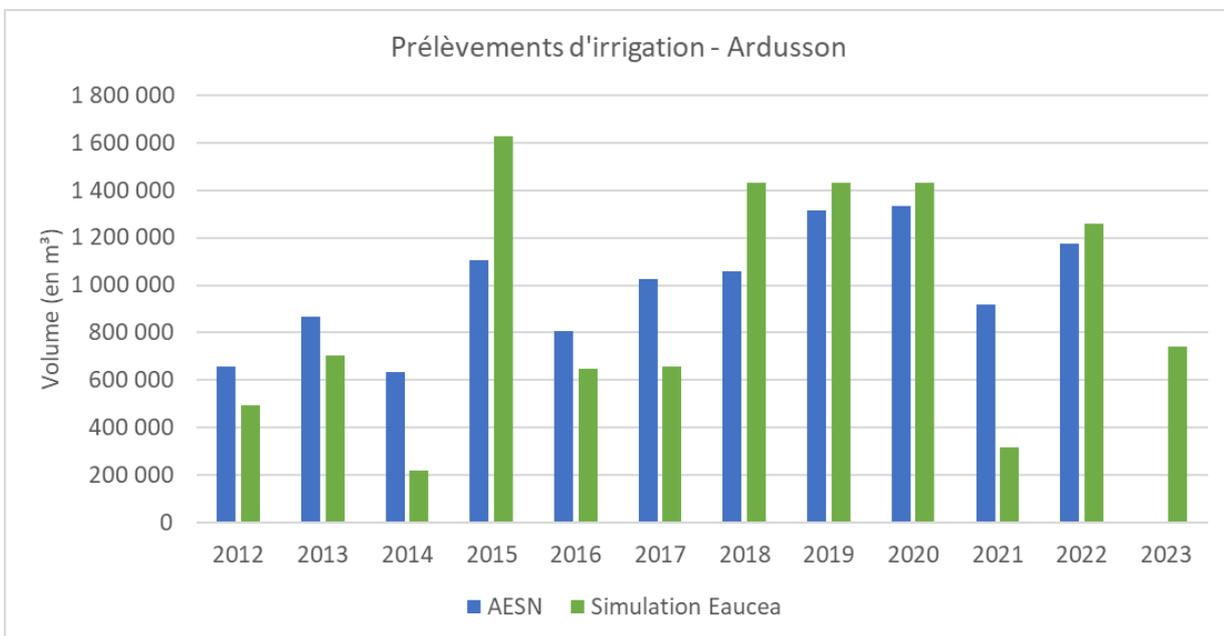


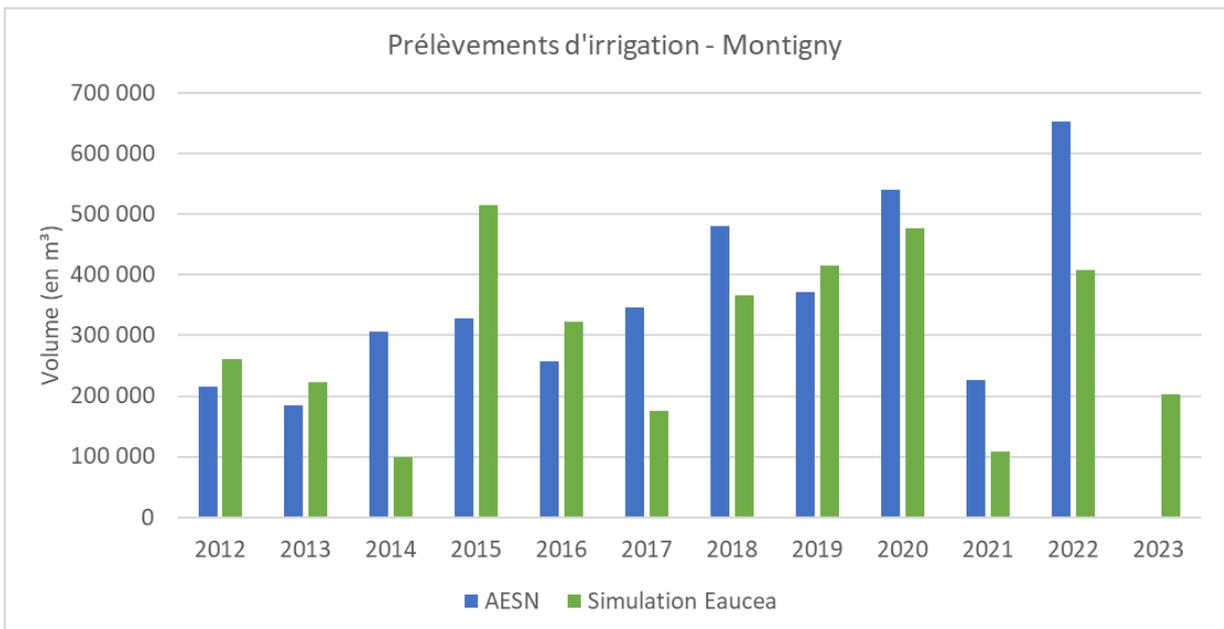
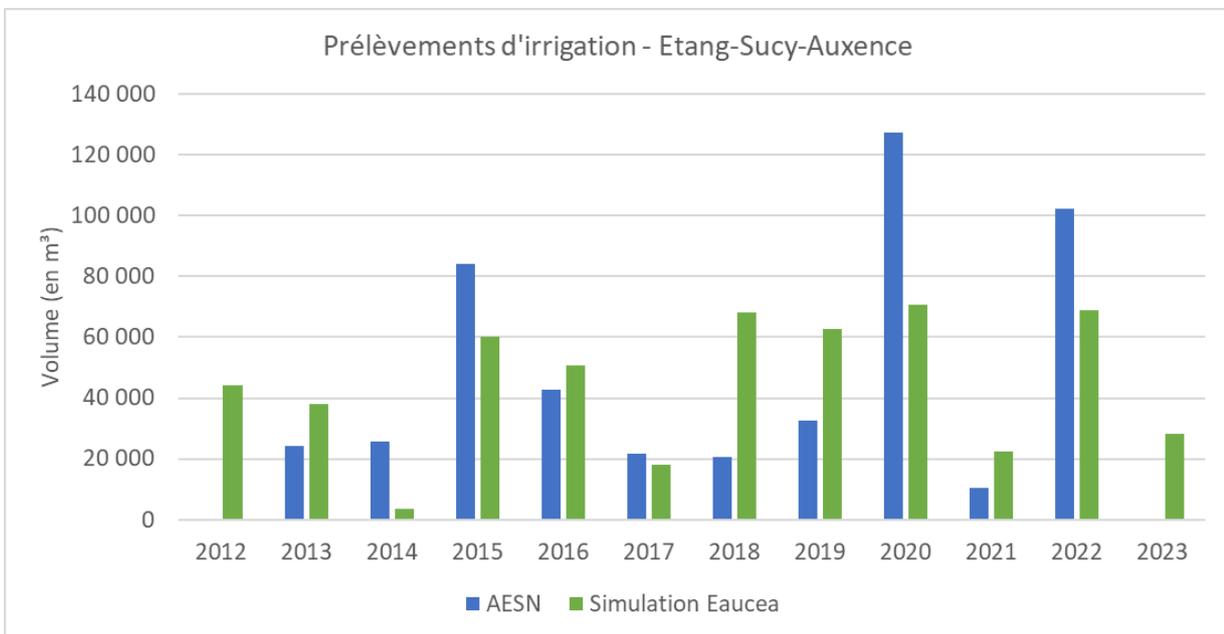
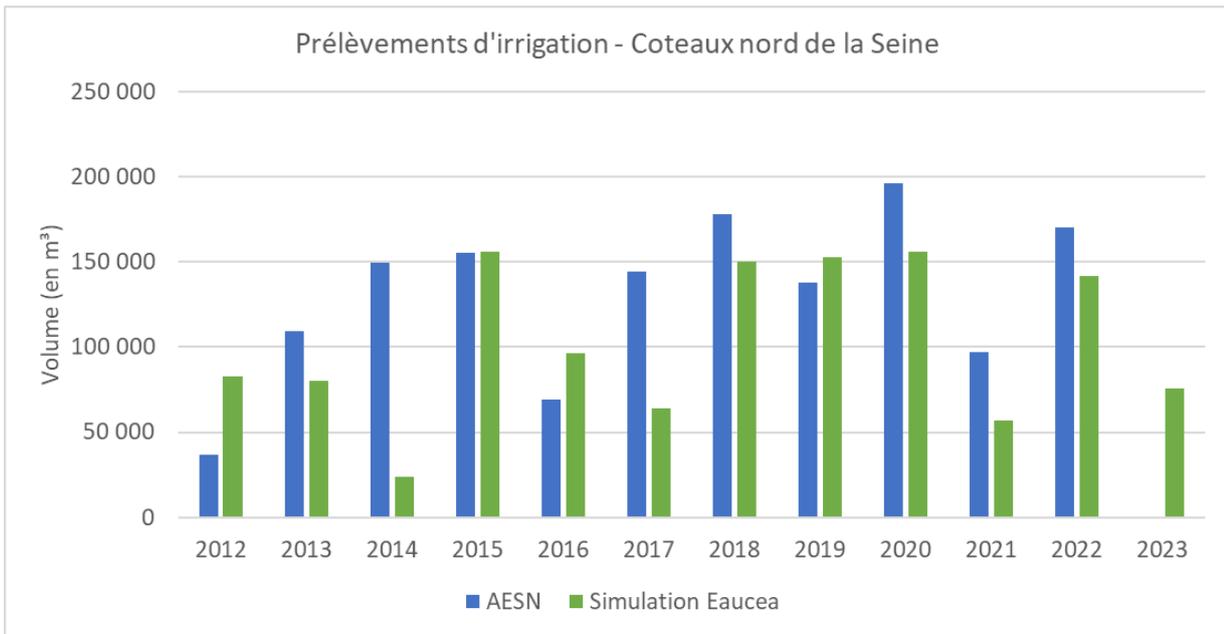


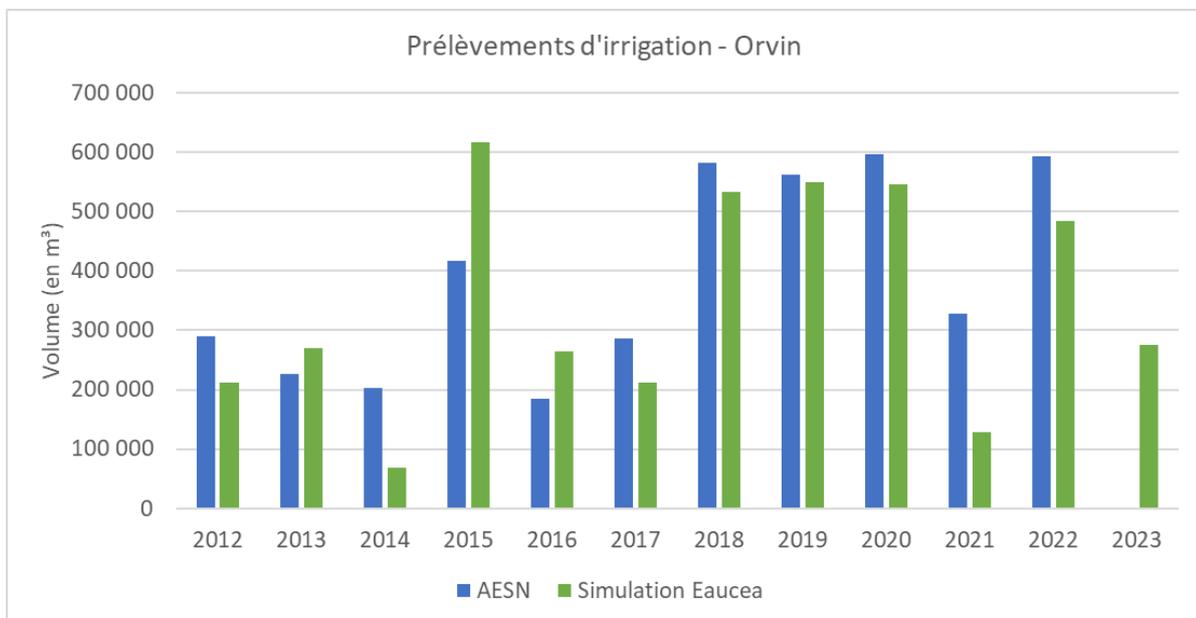
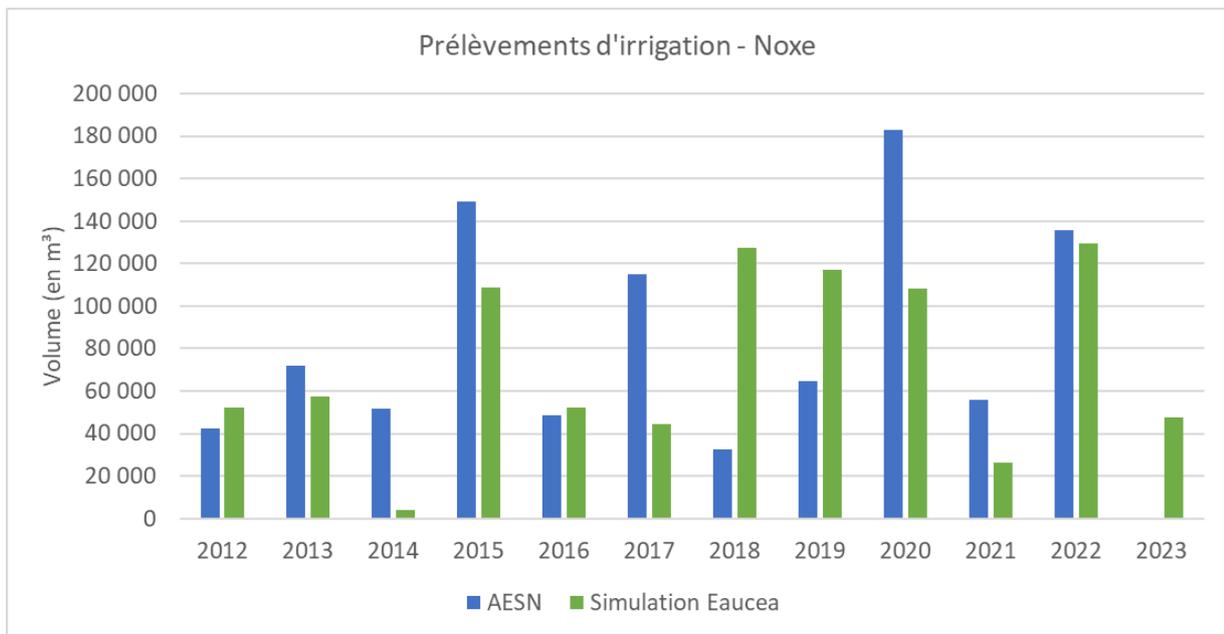


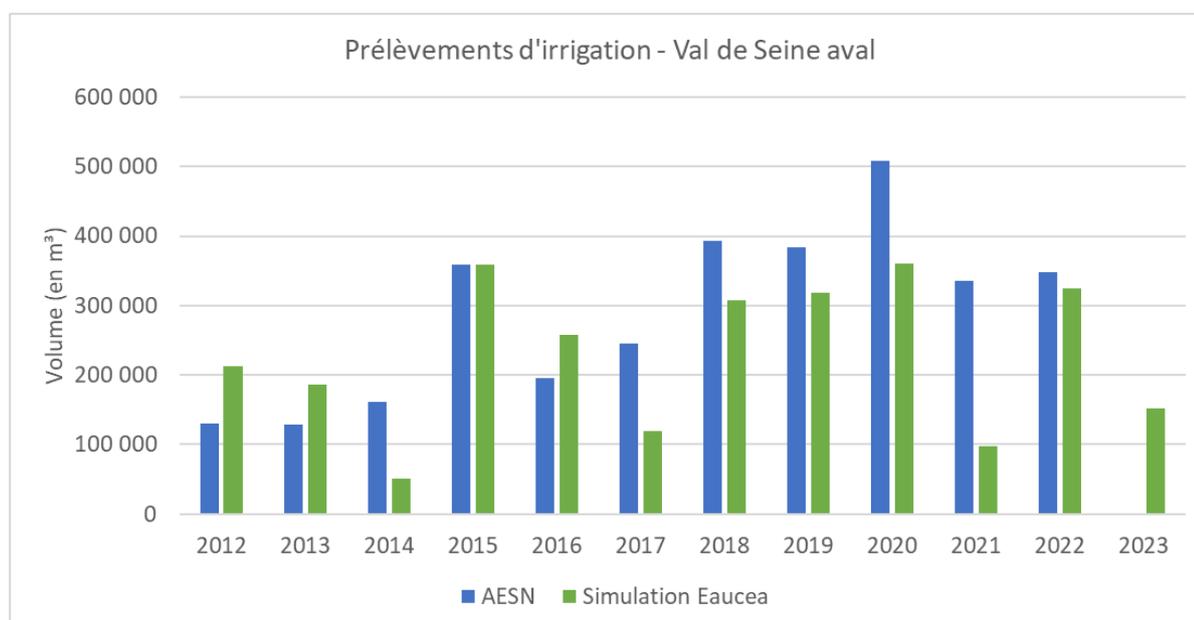
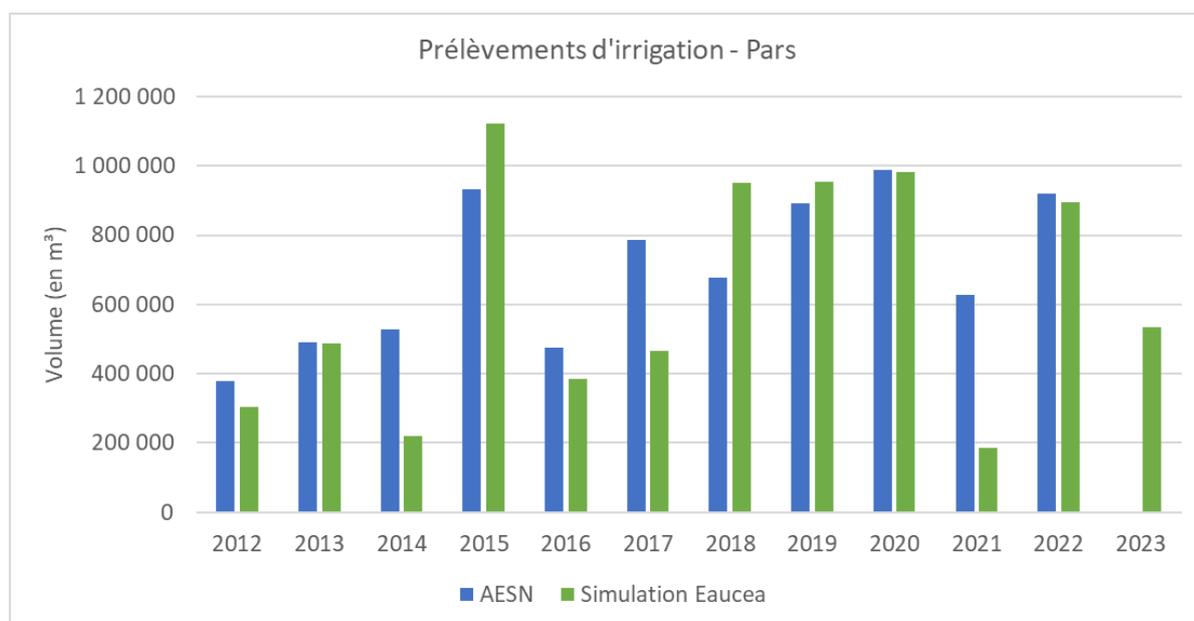


5.4 Comparaison des données Agence de l'Eau et de la simulation des besoins d'irrigation sur le périmètre du SAGE de la Bassée Voulzie









5.5 Mesures de gestion des usages agricoles

Les deux départements qui couvrent la majeure partie du périmètre du SAGE Bassée Voulzie sont l’Aube et la Seine et Marne. Des mesures de limitation et de restriction des usages agricoles de l’eau sont définis dans les arrêtés cadres sécheresse qui allouent des quotas annuels d’eau en fonction du type de culture implantée et déclarée. Ils sont présentés dans les Figure 93 et Figure 94 ci-dessous. Les quotas définis se voient rabaisser à chaque nouveau franchissement de seuils.

ARTICLE 7 : Mesures de limitation ou de restriction des usages agricoles de l'eau**7-1 Cultures irrigables**

Seules les cultures principales mentionnées dans le tableau ci-après, et déclarées en tant que surfaces éligibles aux aides surfaciques de la Politique Agricole Commune (PAC), peuvent faire l'objet d'une allocation d'un quota annuel d'eau en fonction des surfaces déclarées et implantées.

Code sandre	Type de cultures éligible à l'octroi d'un quota destiné à l'irrigation	Quota alloué ⁽¹⁾
09-03	Asperges	2000 m ³ /ha
04-10	Betterave à sucre	750 m ³ /ha
09-04	Betteraves rouges	3000 m ³ /ha
01-02	Blé dur ⁽²⁾	300 m ³ /ha
01-12	Blé hybride (multiplication de semences) ⁽²⁾	300 m ³ /ha
09-05	Carotte, panais	3000 m ³ /ha
09-06	Céleris	3000 m ³ /ha
03-01	Chanvre, lin	600 m ³ /ha
09-11	Chicorée endive	1100 m ³ /ha
09-34	Choux à choucroute	3000 m ³ /ha
09-08	Courges y compris potimarron	3000 m ³ /ha
06-05	Légumineuses groupe 1 : pois protéagineux, lentilles, pois potagers et trèfle violet (multiplication de semences), vesces	900 m ³ /ha
06	Légumineuses groupe 2 : pois potagers (en vert), haricots sec	1200 m ³ /ha
07-01	Maïs, sorgho	1300 m ³ /ha
02-04	Oeillette	300 m ³ /ha
09-30	Oignons bulbilles	2100 m ³ /ha
09-18	Oignons semis	2800 m ³ /ha
01-03	Orge de printemps ⁽¹⁾ ⁽²⁾	600 m ³ /ha
10-06	Plantes aromatiques	750 m ³ /ha
09-22	Poireaux	3000 m ³ /ha
09-32	Pommes de terre de consommation	2500 m ³ /ha
09-33	Pommes de terre de féculé	2100 m ³ /ha
02-03	Soja	1000 m ³ /ha
04-03	Tabac	2000 m ³ /ha
02-02	Tournesol	750 m ³ /ha

⁽¹⁾ L'octroi d'un quota d'eau pour l'orge de printemps est permis uniquement :

- dans les petites régions agricoles de la plaine de Brienne et du Nogentais, ainsi que dans les communes de Soligny les Etangs et Trancault (la liste des communes concernées est jointe en annexe N° 3 du présent arrêté)

- pour les prélèvements réalisés dans les corridors fluviaux de l'Aube et de la Seine à l'aval des restitutions des barrages réservoirs.

⁽²⁾ L'octroi d'un quota d'eau pour ces cultures n'est pas autorisé dans les bassins versants en tension quantitative de la Barbuise, de l'Herbissonne, de la Lhuîtrelle et de l'Ardusson figurant à l'annexe N°3.

⁽³⁾ Les quotas alloués par type de culture éligible aux points de prélèvements situés dans les corridors de la Seine et de l'Aube, à l'aval des restitutions des barrages réservoirs (zones d'alerte n° 2 et 4) ou dans le bassin versant de la Voire (zone d'alerte n° 10), peuvent bénéficier, sur demande spécifique, d'une majoration de 20 % dans le respect de l'autorisation de prélèvement accordée au titre de la loi sur l'eau.

7-2 Règles de gestion quantitative des prélèvements dans les bassins en tension

Seuls les irrigants dont tous les ouvrages de prélèvement en service sont équipés de compteurs volumétriques et ont une existence légale au titre de la loi sur l'eau, peuvent prétendre à l'allocation d'un quota d'eau pour l'irrigation de leurs cultures.

Pour les 4 bassins versants hydrologiques de la de la Barbuise, de l'Herbissonne, de la Lhuîtrelle et de l'Ardusson, les plafonds des prélèvements totaux sont fixés aux niveaux suivants :

Bassin versant de la Barbuise :	1 900 000 m ³ /an ;
Bassin de l'Herbissonne	1 265 000 m ³ /an ;
Bassin de la Lhuîtrelle :	1 500 000 m ³ /an ;
Bassin de l'Ardusson	1 100 000 m ³ /an ;

Sur ces quatre bassins, en l'absence de données confortées sur les volumes prélevables, aucune nouvelle autorisation de prélèvement ne sera accordée. Une gestion collective des prélèvements d'eau destinée à l'irrigation reste à privilégier.

7-5 Taux d'abattement applicables aux quotas d'eau destinés à l'usage agricole

Lors du franchissement d'un niveau de seuil d'alerte, les taux d'abattement des quotas d'irrigation, en fonction de la localisation des points de prélèvements d'eau et du type de culture à arroser, sont les suivants :

	Réduction des quotas en fonction du franchissement des seuils		
	Seuil d'alerte	Seuil d'alerte renforcée	Seuil de Crise
Prélèvements dans les corridors fluviaux (zones d'alerte n° 2 et 4 : Seine et Aube à l'aval des barrages et leur lit majeur)	30 %	100 %	100 %
Prélèvements dans les quinze cours d'eau crayeux (zone d'alerte N°5) et dans une bande de 100 mètres de part et d'autre de leurs berges hors corridors fluviaux	30 %	50 %	100 %
Prélèvements dans les zones d'alerte hydrographiques homogènes (zones d'alerte N° 1 et 3). Prélèvements dans les zones d'alerte hydrogéologiques (zones d'alerte n° 8, 9 et 10) hors cours d'eau crayeux et hors bande des 100 mètres de part et d'autre de leurs berges	5 %	15 %	30 %
Prélèvements dans les zones d'alerte N°6 (Vanne Amont) et N°7 (Armanche amont)	5 %	15 %	30 %

Au premier niveau d'alerte (seuil de vigilance), aucune mesure de restriction quantitative n'est appliquée. Une communication en faveur d'une gestion économe de l'eau est mise en œuvre à destination de l'ensemble des usagers.

7-6 Exclusions du dispositif des quotas d'irrigation

Les mesures définies dans les paragraphes 7.1 à 7.4 ci-dessus ne s'appliquent ni à l'arrosage effectué dans le cadre de programmes expérimentaux, ni à l'arrosage des cultures maraîchères, des cultures horticoles, des vergers et des pépinières.

Figure 93 : Arrêté cadre sécheresse du département de l'Aube

11-1-1. Cas général

Seule est autorisée l'irrigation des cultures suivantes :

Type de culture irriguée	Quota alloué (m ³ /ha)
Pomme de Terre de Consommation	2500
Pomme de Terre : Plants et Féculés	2100
Oignon : Semis	2800
Oignon : Bulbilles	2100
Asperge	2000
Chicorée endive (sauf inuline)	1500
Tabac	2000
Autres légumes de plein champs (betterave rouge, chou, poireau, navet,...)	2500
Fruits rouges	2500
Carotte	3000
Céleri	3000
Chanvre	600
Épinard (une culture)	1250
Flageolet, lentillon (une culture)	1250
Haricot vert, pois potager (une culture)	1250
Lin	600
Oeillette	300
Protéagineux (pois potager semence, féveroles, lentillons porte graine, pois protéagineux)	600
Type de culture irriguée	Quota alloué (m ³ /ha)
Soja	1000
Truffes	3000
Plante aromatique	2500

11-1-2. Cas particuliers

En complément des cultures du cas général, à l'intérieur des corridors de la Marne, de l'Aube et de la Seine (voir liste des communes concernées en annexe 1), ainsi que sur les territoires des communes dont la liste figure en annexe 3 (terroirs particuliers du Tardenois et du Perthois), l'irrigation des cultures suivantes est en outre autorisée.

Types de culture irriguée	Quota alloué (m ³ /ha)
Betterave à sucre	750
Céréales (Blé, Escourgeon, Orge, Avoine,...)	600
Oléagineux (Colza, Tournesol,...)	600
Maïs	1200
Pâturage	600
Toutes autres cultures	900

Les mesures d'attribution de quotas et de restriction ne s'appliquent pas aux cultures sous serres, au maraîchage et à l'horticulture, à la culture du gazon en plaque, aux pépinières, aux vergers, ainsi qu'aux éventuelles expérimentations agronomiques (bambou notamment à hauteur de 2000 m³/ha).

En cas de nécessités liées aux conditions climatiques, les éleveurs pourront demander des dérogations pour irriguer le maïs fourrage à destination de leur cheptel, en dehors des terroirs particuliers.

Pour les communes listées en annexe 3bis, toutes les cultures sont irrigables, mais sans allocation de quotas. Ainsi, l'irrigation est limitée aux seuls exploitants qui ont demandé pour la saison en cours l'attribution d'un quota d'eau pour irriguer les cultures de la liste générale stipulée à l'article 11-1-1 de l'arrêté, les volumes utilisés pour les autres cultures viendront alors en déduction des volumes octroyés par l'administration pour la saison en cours.

11-2. Définition des restrictions agricoles en fonction du franchissement des différents seuils et de la localisation des prélèvements.

Le tableau ci-dessous précise les mesures de restriction sur les surfaces irriguées qui devront être opérées en fonction du franchissement des différents seuils et de la localisation du prélèvement. Les quatre zones sont définies à l'article 7.

	Réduction des quotas en fonction du franchissement des seuils		
	Seuil d'Alerte	Seuil d'Alerte renforcée	Seuil de Crise
Zone 1 Prélèvements dans les corridors fluviaux (Seine, Aube et Marne à l'aval des barrages et leur lit majeur)	30%	100%	100%
Zone 2 Prélèvements effectués dans les rivières (hors corridors fluviaux) et dans les nappes d'accompagnement de ces rivières (bande de 100 m de part et d'autre des berges)	30%	50%	100%
Zone 3 Prélèvements dans les autres aquifères (hors nappes d'accompagnement des corridors fluviaux et de la bande des 100 m des rivières)	5%	15%	30%
Zone 4 Prélèvements en dehors de tous les autres critères (hors corridor et nappe du corridor, hors rivière et bande de 100 m, hors aquifère suivi) : définition à partir du bassin versant hydrologique	10 %	20 %	50 %

Ces pourcentages s'appliquent en abattement des quotas théoriques restant à consommer pour la campagne en cours.

Figure 94 : Arrêté cadre sécheresse du département de la Seine et Marne

