



Réalisation d'une étude hydrogéologique relative à l'estimation des volumes mobilisables annuels et, dans la mesure du possible, en période de basses eaux par deux approches simples sur chacune des 26 zones d'alerte du bassin Artois-Picardie.

RAPPORT SYNTHETIQUE DES VOLUMES MOBILISABLES DU SAGE DE LA SCARPE AVAL

Mai 2024



SOMMAIRE

1	<i>Préambule</i>	1
1.1	Rappel des objectifs de l'étude conduite.....	1
1.2	Synthèse de l'approche méthodologique déployée	1
1.3	Limites de l'étude conduite	3
2	<i>Caractéristiques globales du territoire du SAGE de la Scarpe aval</i>	5
2.1	Les cours d'eau et Canaux	5
2.2	Géologie et masses d'eau souterraines	8
2.3	Les unités sècheresse	12
2.4	Les bassins versants repères analysés pour le territoire de la Scarpe aval.....	12
3	<i>Synthèse du fonctionnement de l'hydrosystème crayeux et des défaillances observées</i>	14
3.1	Rappel des connaissances générales sur le fonctionnement piézométrique de la Craie (source SIGES Seine-Normandie – Aquifère de la craie Picarde).....	14
3.2	Fonctionnement global sur le SAGE	15
3.3	Indicateurs de ressource en eau	19
3.3.1	Indicateurs hydrologiques	19
3.3.2	Indicateurs de franchissement des seuils piézométriques	27
3.3.3	Indicateurs de tendances piézométriques	30
4	<i>Synthèse des résultats de calcul de recharges</i>	32
4.1	Résultats des calculs de recharges apparentes	32
4.2	Résultats SIM2, WALLINGFORD, GARDENIA	34
4.2.1	Analyse comparée des résultats des différentes méthodes.....	34
4.2.2	Estimation de la recharge finale à l'échelle du SAGE de la Scarpe aval	37
5	<i>Synthèse des prélèvements effectués sur le territoire du SAGE</i>	39
5.1	Données disponibles et hypothèses prises en compte	39
5.2	Bilan sur les volumes annuels prélevés sur l'ensemble du SAGE.....	39
5.3	Bilan sur les volumes prélevés sur la période Mai à Octobre.....	41
6	<i>Estimation de l'enveloppe de volumes mobilisables provisoires</i>	44
6.1	Approche méthodologique déployée pour la définition des volumes mobilisables.....	44

6.2	Fourchettes de volumes mobilisables provisoires proposées (VP)	44
6.2.1	Analyse pour les eaux souterraines vis-à-vis des observations historiques	45
6.2.2	Analyse pour les eaux de surface vis-à-vis des observations historiques.....	46
6.3	Incidence des volumes mobilisables définis vis-à-vis des prélèvements actuels sur le territoire en périodes de Mai à Octobre	47
6.4	Examen des volumes prélevés de Mai à Octobre en eaux souterraines à la craie au regard de la recharge	47
7	Perspectives et évolutions	49
7.1	Quant à la précision et la complétude des données.....	49
7.2	Vis-à-vis de la surveillance et de la gestion des unités sècheresse	49
7.3	Sur les méthodes mises en œuvre pour les prochaines études de volumes prélevables.....	50
7.4	Pour les outils de gestion quantitative (gestion dynamique).....	50

FIGURES

Figure 1 : Schéma de principe de l'approche méthodologique déployée	2
Figure 2 : Carte de présentation du territoire du SAGE	6
Figure 3 : Schéma hydraulique du réseau de la Scarpe au droit du Canal à Grand Gabarit (source : Voies Navigables de France)	7
Figure 4 : Coupe géologique ONO-ESE au Nord des Hauts de France (sources SIGES).....	9
Figure 5 : Coupe géologique SSO-NNE à l'Ouest des Hauts de France (sources SIGES)	9
Figure 6 : Carte des masses d'eau souterraines	10
Figure 7 : Contexte géologique et piézométrie basses eaux 2009 de la craie	11
Figure 8 : Carte des unités sècheresse et des ouvrages de référence correspondants	13
Figure 9 : pile hydro-stratigraphique issue du SIGES Nord Pas de Calais - 2024	15
Figure 10 : Illustration de la double cyclicité avec sensibilité aux évènements climatiques annuels peu marqués sur le piézomètre 00281X0002/F1 au sein de la Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée	16
Figure 11 : Illustration de la cyclicité annuelle dominante avec subsistance d'une cyclicité pluri-annuelle le piézomètre 00281X004/F1 au sein de la Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée	17

Figure 12 : Carte de cyclicité de piézomètres présents sur le territoire du SAGE.....	18
Figure 13 : Evolution du nombre de jours de franchissements du QMNA₅	20
Figure 14 : Evolution des QMNA sur la station du Courant de Coutiches à Flines-lez-Raches vis-à-vis du QMNA quinquennal (sec et humide) et du QMNA biennal	20
Figure 15 : Evolution des QMNA sur la station du Courant de l'Hôpital à Bousignies vis-à-vis du QMNA quinquennal (sec et humide) et du QMNA biennal.....	21
Figure 16 : Cartographie des taux de franchissement interannuel du QMNA₅.....	22
Figure 17 : Cartographie des modalités interannuelles d'assecs observés sur le réseau ONDE.....	23
Figure 18 : Analyse des durées d'étiage et des volumes déficitaires correspondants sur la station hydrologique du Courant de Coutiches à Flines-lez-Raches	25
Figure 19 : Analyse des durées d'étiage et des volumes déficitaires correspondants sur la station hydrologique du Courant de l'Hôpital à Bousignies.....	25
Figure 20 : Analyse de l'étiage de l'année 2022 sur la station du Courant de Coutiches à Flines-lez-Raches (déficit à l'écoulement et durée d'étiage).....	26
Figure 21 : Analyse de l'étiage de l'année 2022 sur le Courant de l'Hôpital à Bousignies (déficit à l'écoulement et durée d'étiage)	26
Figure 22 : Cartographie des taux de franchissement interannuel du HMNA₅.....	29
Figure 23 : Graphique de tendance piézométrique récente (1991 – 2022) du piézomètre 00207X0133/F1	30
Figure 24 : Graphique de tendance piézométrique récente (1991 – 2022) du piézomètre 00216X0073/PZ3	30
Figure 25 : Graphique de tendance piézométrique récente (1991 – 2022) du piézomètre 00281X0002/F1	31
Figure 26 : Graphique de tendance piézométrique récente (1991 – 2022) du piézomètre 00281X0004/F1	31
Figure 27 : Principe de la recharge apparente, de la vidange apparente et du calcul du solde (solde = recharge - vidange)	32
Figure 28 : Recharge, vidange et solde apparents du piézomètre 00216X0073/PZ3	34
Figure 29 : Recharge, vidange et solde apparents du piézomètre 00207X0133/F1	34
Figure 30 : Comparaison des résultats des calculs de recharges entre les différentes méthodes utilisées pour la station sur le Courant de Coutiches à Flines-lez-Raches.....	36
Figure 31 : Comparaison des résultats des calculs de recharges entre les différentes méthodes utilisées pour la station sur le courant de l'Hôpital à Bousignies	36

Figure 32 : Comparaison des résultats des calculs de recharges SIM2 de l'ensemble du SAGE avec ceux des stations hydrologiques	37
Figure 33 : Evolution des prélèvements en eaux superficielles toutes masses d'eau confondues	39
Figure 34 : Evolution des prélèvements en eaux souterraines toutes masses d'eau confondues	39
Figure 35 : Evolution des prélèvements en eaux superficielles sur Mai à Octobre toutes masses d'eau confondues	41
Figure 36 : Evolution des prélèvements en eaux souterraines sur Mai à Octobre toutes masses d'eau confondues	41
Figure 37 : Répartition des points de prélèvements sur le territoire du SAGE avec identification des usages	42
Figure 38 : Répartition de l'importance des volumes AEP, industriels et agricoles prélevés sur le territoire du SAGE (année 1996 toutes ressources confondues – hors canaux et refroidissements industriels)	43
Figure 39 : Positionnement des volumes prélevés en eau souterraine sur Mai à Octobre avec les volumes mobilisables définis, les recharges et les franchissements de seuils d'arrêtés sécheresse (hors canaux et refroidissement industriel)	45
Figure 40 : Positionnement des volumes prélevés en eau souterraine sur l'ensemble de l'année avec les volumes mobilisables définis annuellement (hors canaux et refroidissement industriel)	46
Figure 41 : Pourcentage de répartition des années au regard des seuils proposés, en fonction des volumes prélevés à la craie sur Mai à Octobre en eaux souterraines	47
Figure 42 : Positionnement des fourchettes de volumes prélevables proposés en eau souterraine avec l'historique des prélèvements d'Octobre à Mai (hors canaux et refroidissement industriel)	48

1 Préambule

Les chapitres suivants rappellent les objectifs de l'étude conduite pour l'agence de l'eau Artois Picardie, l'approche méthodologique globale déployée ainsi que les limites intrinsèques liées à la méthode utilisée. Les particularités du SAGE et du fonctionnement de l'hydrosystème seront rappelées dans les chapitres dédiés au SAGE lui-même.

1.1 Rappel des objectifs de l'étude conduite

L'objectif de l'étude conduite pour l'Agence de l'eau Artois Picardie vise la définition d'une *enveloppe de volumes mobilisables* pour l'ensemble des 26 zones d'Alertes de l'Agence de l'eau avec une déclinaison par SAGE. Cette *notion diffère de la définition réglementaire* du *volume prélevable* (satisfaction de tous les besoins anthropiques et naturels 8 années sur 10). De ce fait, cette étude ne se substitue pas aux définitions qui peuvent exister ou pourront être engagées dans un futur proche par les SAGE eux même. Elle propose une *première estimation des enveloppes de volume mobilisables* qui se veulent provisoires afin de *fournir une aide à la décision pour l'inscription de volumes dédiés à l'irrigation dans les arrêtés sécheresse*. Rappelons ici que les volumes mobilisables proposés à l'issue de cette étude concernent les *volumes prélevés dans la nappe de la Craie*.

1.2 Synthèse de l'approche méthodologique déployée

L'approche méthodologique déployée dans le cadre de ce projet repose sur une analyse « qualitative » - à la différence d'une étude de volumes prélevable à proprement parlé qui « quantifie » les volumes - et s'appuie essentiellement sur un bilan historique des observations réalisées sur les ressources en eau sur les *30 dernières années* (1991 à 2021). L'objectif de cette étude est donc bien de *confronter les événements historiques avec les pratiques et les tendances en matière de prélèvements* afin d'en dégager des *volumes qui semblent « acceptables » ou « trop importants »* aux vues des *indicateurs* renvoyés par l'historique des observations sur les ressources en eau et les prélèvements. Le schéma suivant illustre le principe global de l'approche déployée au pas annuel et mensuel.

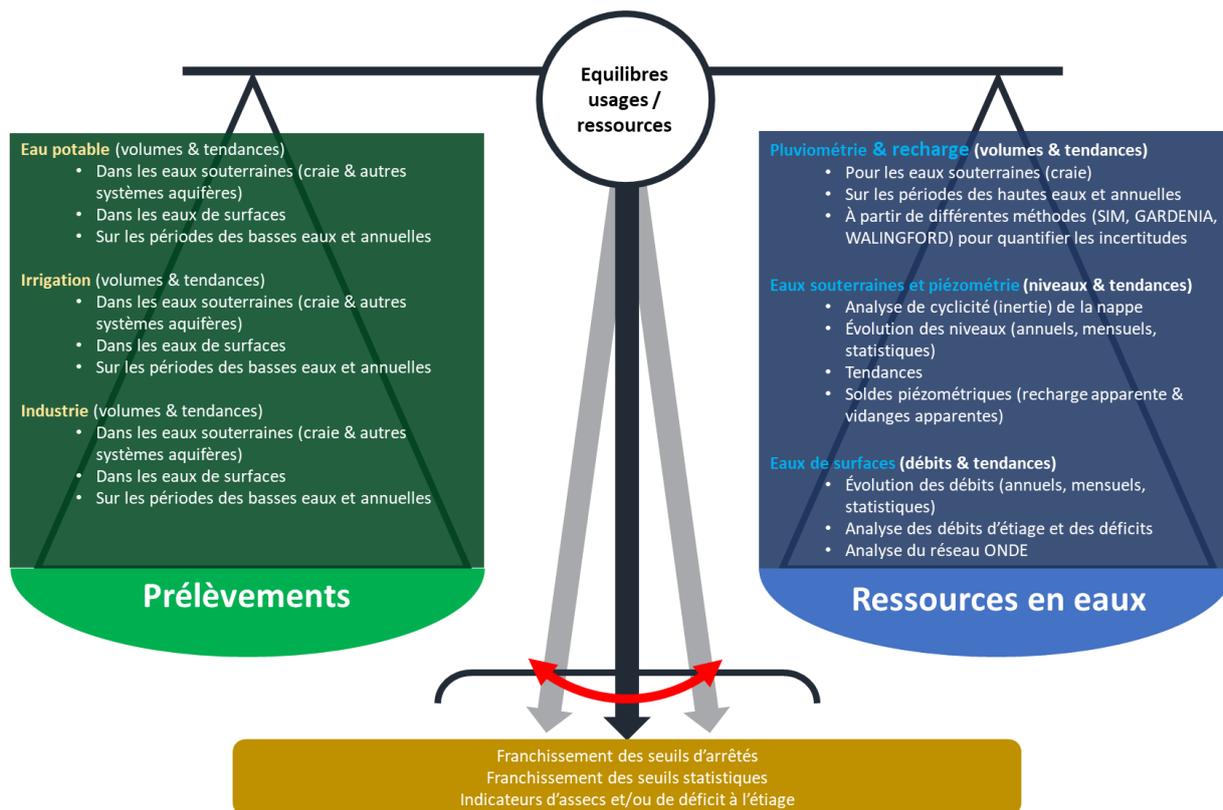


Figure 1 : Schéma de principe de l'approche méthodologique déployée

Dans le détail, les principaux éléments étudiés au cours de l'étude concernent donc :

<p>Sur la ressource en eaux souterraines</p>	<p>Variations piézométriques mensuelles, annuelles et interannuelles Tendance piézométrique sur les 30 dernières années Cyclicité et périodes de cycles piézométriques Franchissement de seuils statistiques classiques (HMNA₅¹, HCN₃) Franchissement des seuils d'arrêtés sècheresse Evaluation de la recharge apparente (delta de niveaux entre hautes eaux de l'année n & basses eaux de l'année n-1) et de la vidange apparente qui la suit</p>
<p>Sur la ressource en eaux de surface</p>	<p>Variations de débit mensuelles, annuelles et interannuelles Franchissement de seuils statistiques classiques (QMNA₅², VCN₃) Franchissement des seuils d'arrêtés sècheresse Evaluation des étiages sur les stations hydrométriques Analyse des résultats du réseau ONDE (assecs)</p>
<p>Sur la recharge et les évènements climatiques</p>	<p>Analyse des recharges pluviométriques sur la base de la chaine SIM2 (Safran – ISBA – MODCOU) Analyse des recharges à travers des mise en œuvre de modèles GARDENIA sur des bassins versants cibles des SAGE Analyse des recharges hivernales par la méthode de WALLINGFORD Analyses statistiques des fréquences de retour sur les recharges hivernales</p>

¹ HMNA₅ : Hauteur Minimale Mensuelle Interannuelle de fréquence de retour 5 ans sec.

² QMNA₅ : Débit Minimum Mensuel Interannuel de fréquence de retour 5 ans sec.

Sur les prélèvements

Analyse des prélèvements annuels et sur les périodes de basses eaux d'Octobre à Mai
Analyse des prélèvements par type de ressource sollicitée
Analyse des prélèvements par type d'usage

On rappellera que la méthode mise en œuvre dans cette analyse :

- Ne permet pas la prise en compte des effets du changement climatique.
- Intègre, dans la mesure du possible, la prise en compte des *enchaînements d'épisodes successifs de sécheresse*.
- N'intègre pas les *éventuels rejets* opérés sur la ressource, qu'ils s'effectuent en eaux souterraines ou en eaux superficielles.
- N'intègre pas la prise en compte des prélèvements par les CANAUX ainsi que le refroidissement des centrales ou installations industrielles.

1.3 Limites de l'étude conduite

Les méthodes d'évaluation des recharges de nappe mises en œuvre dans le cadre de l'étude (SIM2, WALLINGFORD, GARDENIA, recharge apparente) connaissent leurs propres limites d'application :

- Elles s'appuient sur les évaluations de recharges de nappes libres, ce qui *exclut les nappes profondes éventuellement présentes* (nappe du Calcaire carbonifère de Roubaix-Tourcoing captif en profondeur sous la craie, présente sur moins de 10 % de la surface du territoire du SAGE) ou moins profondes pouvant être semi-captives, surmontées par des formations de recouvrement importantes ou situées sous d'autres formations aquifères drainant le réseau superficiel *Dans le cas du SAGE de la Scarpe aval, cette dernière restriction apparaît ce manière* conséquente en raison de la présence des *Sables du Landénien d'Orchies* qui *recouvrent les formations crayeuses* sous-jacentes sur près de 96 % de la surface du territoire.
- Ces méthodes sont peu adaptées dans le cas de nappes présentant une cyclicité pluriannuelle dominante, a fortiori en l'absence de doublement d'une cyclicité annuelle (double cycle). *Dans le cadre du SAGE de la Scarpe aval, ce cas de figure s'applique pour les ouvrages à la craie sur une partie importante du territoire* (cf. Figure 12).

Ce qui suppose une connaissance des phénomènes de drainance verticale lorsque la craie est sous recouvrement, toujours délicate à évaluer, qui peuvent influencer sur la *représentativité des dépassements des seuils d'arrêt sécheresse* selon que la situation de la nappe est en position haute ou basse dans le cycle.

Par ailleurs, les limites de la méthodologie sont dépendantes :

- De la *bonne connaissance des prélèvements effectués sur le territoire* (localisation et volumes concernés) s'agissant de les comparer à la recharge et aux indicateurs de dépassement de seuils.
- En particulier pour les *prélèvements de surface ou des transferts d'eau*, dans un contexte géographique marqué par la présence de nombreux canaux en lien avec le réseau hydrographique (prises d'eau, pertes potentielles pouvant alimenter la nappe sous-jacente, rejets en soutien).

-
- Des choix faits dans la prise en compte des *modélisations sur des bassins versants parfois peu représentatifs* des prélèvements du bassin, choix dépendants des stations hydrométriques existantes, de leur positionnement, de leur représentativité selon l'importance des prélèvements effectués sur les bassins versants en amont de la station.
 - De la *non prise en compte du désinfluencement* des régimes piézométriques et hydrologiques pour calibrer au mieux l'influence des prélèvements sur les eaux souterraines et superficielles.

2 Caractéristiques globales du territoire du SAGE de la Scarpe aval

Le périmètre du SAGE de la Scarpe aval englobe la partie aval du bassin versant de la Scarpe, en prolongement du SAGE de la Scarpe amont. Il s'étend sur environ **620 km²** sur le département du Nord. Ce SAGE comprend 75 communes.

2.1 Les cours d'eau et Canaux

Le territoire du SAGE est marqué par la présence de la *Scarpe*, qui prend sa source dans la commune de Berles-Monchel dans le Pas-de-Calais, pour rejoindre l'Escaut à Mortagne-du-Nord, près de la frontière belge, après avoir parcouru près de **102 km sur le territoire français**.

Le territoire du SAGE n'est concerné que par **les 37 derniers kilomètres de son cours**, entre Douai en amont et Mortagne-du-Nord à la confluence avec l'Escaut.

La rivière et son bassin versant ont subi des *modifications et des aménagements anciens* afin d'en favoriser la *navigation* d'une part (avec sa canalisation sur une grande partie de son cours), *l'assainissement de la plaine à des fins agricoles* d'autre part. La pente générale de la plaine alluviale est peu marquée (0,2 % en moyenne).

Plusieurs *affluents du cours d'eau*, de *débits généralement limités* au regard de ceux de la Scarpe, sont identifiés sur le territoire du SAGE, les plus importants se situant en rive gauche, parmi lesquels pour n'en citer que quelques-uns :

- En rive gauche, le Courant du Décours, le Courant de Coutiches, le Courant de l'Hôpital, l'Elnon.
- En rive droite, le Bouchard, le Courant de Masny, la Traitoire qui longe la Scarpe canalisée, le Courant des Rouissoirs, la Navie, le Courant de la Fontaine d'Hertaing, le ruisseau des Fontaines d'Haveluy, le Courant de Saint-Martin

Tous ces cours d'eau et fossés forment un *chevelu dense, complexe, fortement interconnecté*, présent sur l'ensemble du bassin, *drainant les nappes superficielles* dont celle majoritairement représentée au sein des *Sables du Landénien d'Orchies*.

Les travaux résultants des *aménagements du Canal à Grand Gabarit* ont conduit à de profondes *modifications du réseau hydrologique de la Scarpe*, qui présente un fonctionnement hydraulique spécifique.

On peut ainsi distinguer *une partie « Scarpe amont »*, en amont de Douai et *une partie en aval (« Scarpe moyenne et aval »)* qui traverse tout le territoire du SAGE. Ainsi, l'alimentation de la Scarpe à l'entrée du territoire se fait par le biais de l'écluse Fort de Scarpe (ainsi que par la station d'épuration de Douai) après dérivation de la Scarpe amont par le canal de dérivation de la Scarpe sur près de 8 km de distance. Cet aménagement conditionne le débit de la Scarpe qui traverse le territoire.

Sur la quasi-totalité de son parcours de 37 km sur le territoire de la Scarpe aval, la *rivière* apparaît *endiguée et artificialisée, déconnectée des eaux souterraines sous-jacentes*, avec un positionnement en fond de vallée supérieur en altitude aux terres avoisinantes. A ces aménagements, s'ajoutent ceux anciens mis en place pour valoriser les terres humides en fond de vallée de la Scarpe, en contre canal de cette dernière, constitués principalement de la Traitoire et du Décours.

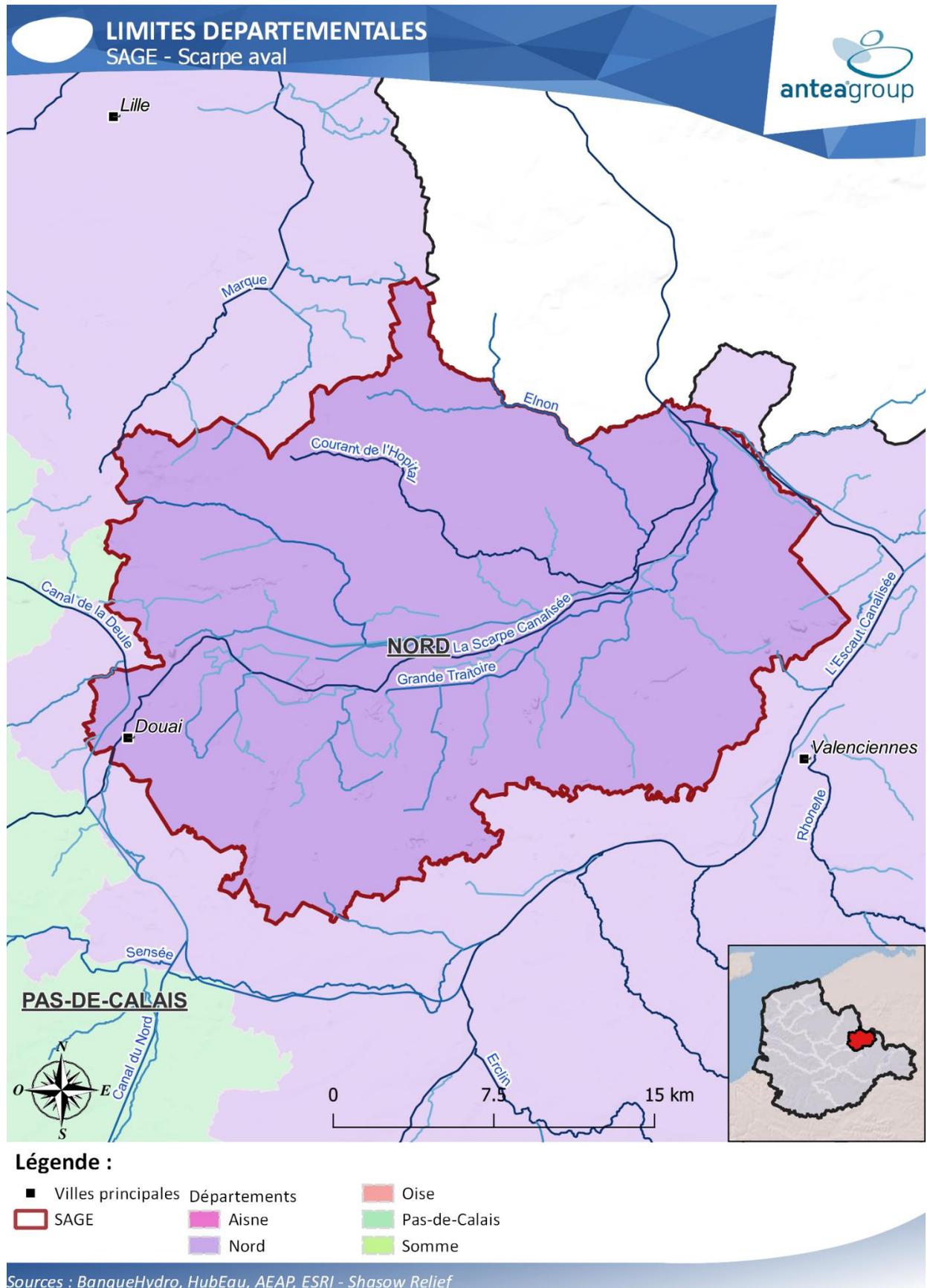


Figure 2 : Carte de présentation du territoire du SAGE

Enfin, pour compléter ces éléments, on notera que, par suite des affaissements de terrain résultant de l'exploitation minière, des *stations de relèvements des eaux* (près de 40 au total) ont été mises en place, contribuant à la modification périodique des écoulements au sein du réseau hydrologique.

Il en résulte que pour ce qui concerne la Scarpe dans sa partie traversant le territoire du SAGE, l'artificialisation et les différents ouvrages hydrauliques modifient l'écoulement naturel de la rivière selon les besoins et les objectifs recherchés (gestion du risque inondation, soutien des niveaux en période d'étiage, besoin pour la navigation...) dont la gestion est assurée par plusieurs entités gestionnaires.

Extrait du schéma hydraulique des voies navigables du Nord Pas de Calais

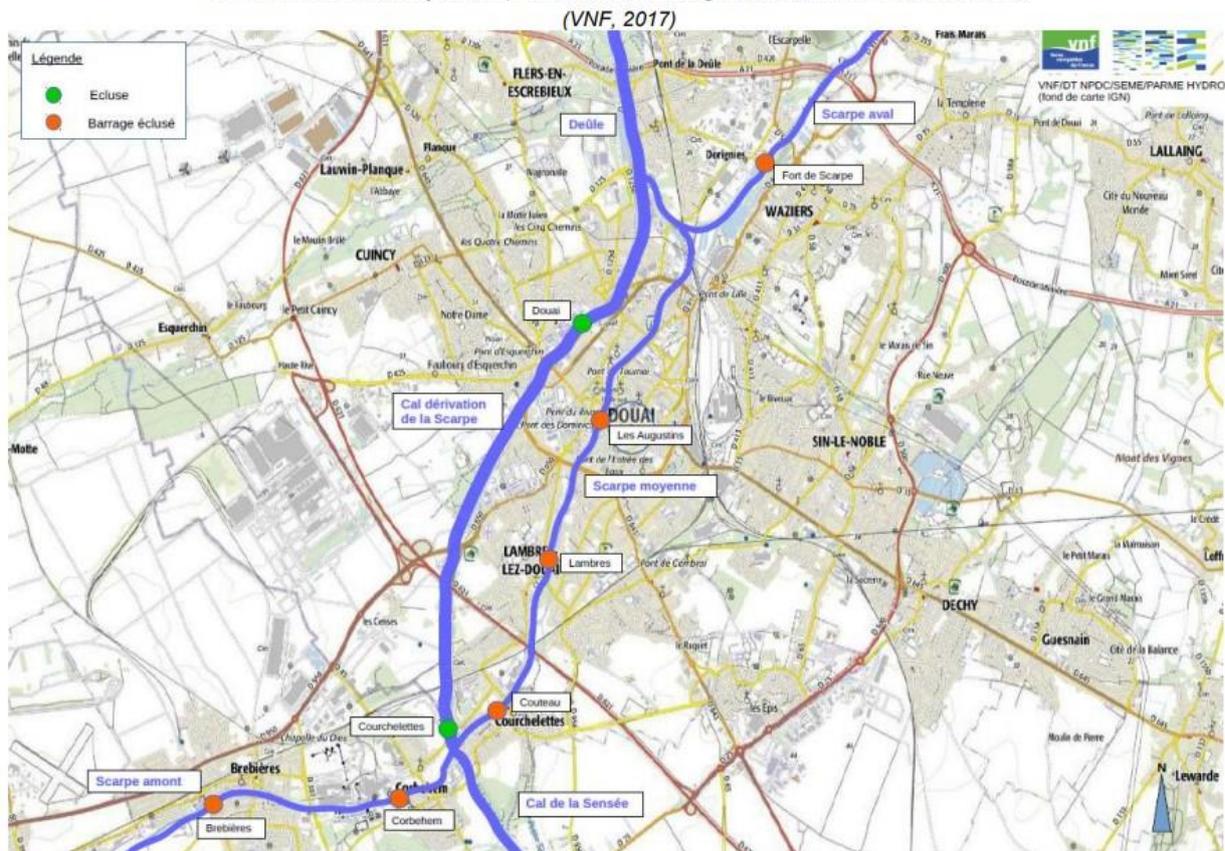


Figure 3 : Schéma hydraulique du réseau de la Scarpe au droit du Canal à Grand Gabarit (source : Voies Navigables de France)

2.2 Géologie et masses d'eau souterraines

Les *formations crayeuses* sont présentes sur la *totalité de la superficie du territoire du SAGE* de la Scarpe aval.

Une masse d'eau principale est représentée au sein de cette craie (cf. Figure 6), avec des caractéristiques sensiblement *constantes en termes de cyclicité* : la *Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée*, présente sur près de 614 km² (99 % de la superficie du SAGE).

On peut également noter la présence quelques *masses d'eau périphériques*, d'extension très limitée (pas plus de 1 % de la superficie du SAGE) :

- Au Sud : la Craie du Cambrésis.
- Au Sud-Est : la Craie du Valenciennois

Une des caractéristiques du territoire est la présence des formations des *Sables du Landénien d'Orchies*, sur près de 598 km² (96 % de la superficie du SAGE), qui viennent ainsi en recouvrement sur les formations crayeuses sur la quasi-totalité du territoire.

Enfin, plus en profondeur, et pour mémoire, la territoire se caractérise par la présence plus en profondeur de la masse d'eau, captive, des *Calcaires carbonifères de Roubaix-Tourcoing*, présente sur environ 52 km², soit près de 8 % de la surface du territoire, essentiellement localisée en partie Nord.

L'essentiel des plateaux est recouvert (cf. Figure 7) :

- Sur la partie Nord-Ouest, par des *formations quaternaires* représentées par des formations sableuses tertiaires résiduelles qui reposent sur les formations éocènes (Yprésien argileux en tête et sables d'Ostricourt, Grandglise, glauconieux et de Bracheux du Thanétien à la base), *formations éocènes caractérisant les argiles et sables d'Orchies*.
- Plus à l'Est, présence de limons loessiques à silex limons loessiques du *Quaternaire* (avec un faciès de cailloutis à silex en sommet des buttes à l'extrême Est du territoire), reposant sur les sables d'Ostricourt, Grandglise, glauconieux et de Bracheux du Thanétien toujours présents.
- Sur toute la partie Sud, présence de limons et dépôts résiduels du *Quaternaire* reposant pour l'essentiel sur les *formations crayeuses du Coniacien* ou localement, sur des *lambeaux résiduels de formations de l'Eocène* qui restent bien représentées.

Ces formations superficielles sont *absentes en fonds de vallée de la Scarpe* et dans les parties aval des cours d'eau, sièges de dépôts alluvionnaires récents.

Il en résulte que les *formations crayeuses à l'affleurement* sont *peu représentées* sur le territoire, si ce n'est localement sur sa partie extrême Sud ou en bordure amont de fonds de vallée).

De ce fait, *au droit du territoire*, la craie bénéficie *d'une réalimentation et d'une recharge par les pluies efficaces* qui ne peut se faire qu'*au travers* des formations de recouvrement avec des apports dépendant de leur nature et leur importance. *L'essentiel de cette réalimentation et de cette recharge se fait en dehors du SAGE selon le sens d'écoulement de la nappe*.

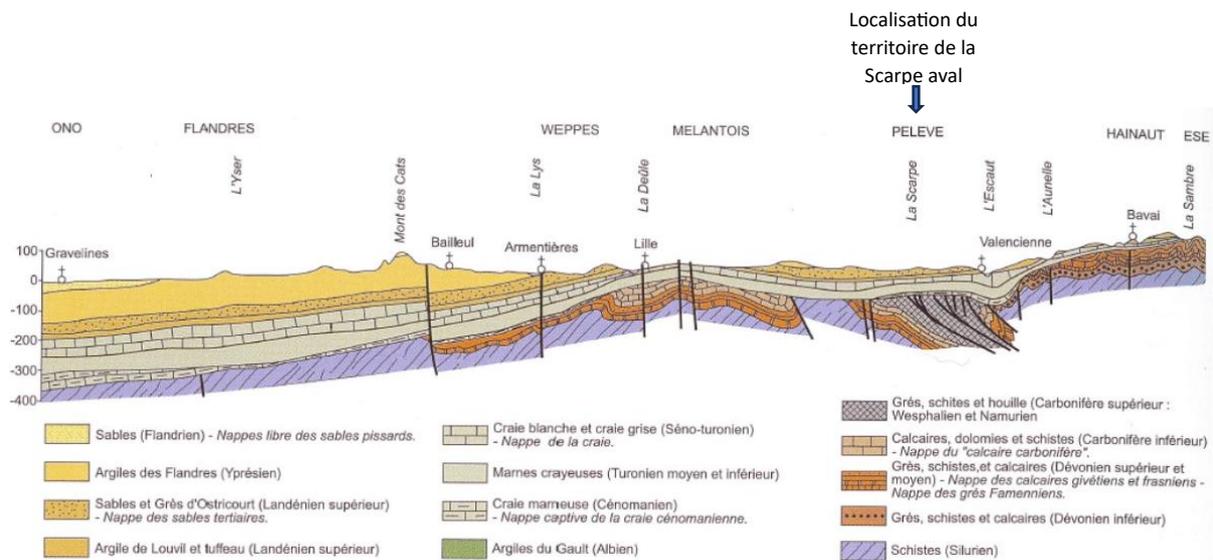


Figure 4 : Coupe géologique ONO-ESE au Nord des Hauts de France (sources SIGES)

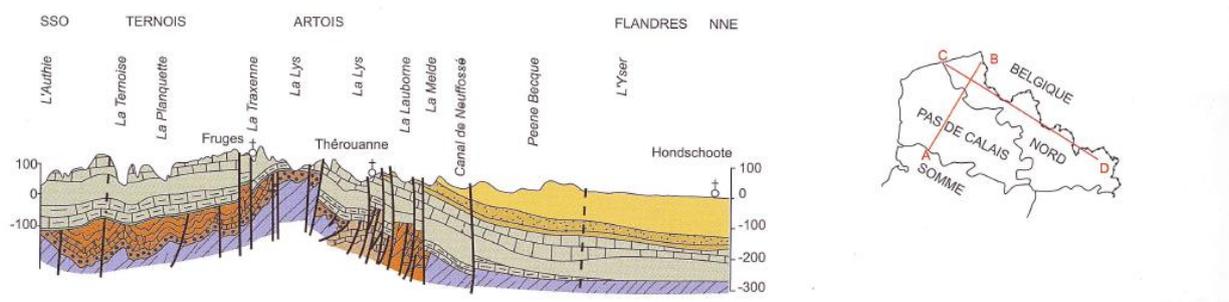


Figure 5 : Coupe géologique SSO-NNE à l'Ouest des Hauts de France (sources SIGES)

D'un point de vue piézométrique (cf. Figure 7), la nappe de la craie, qui reste considérée comme une entité hydrogéologique unique, connaît un *écoulement général* sensiblement orienté du *Sud-Ouest vers le Nord-Est*, mais fortement perturbé par la présence de la dépression de la vallée de la Scarpe.

En effet, dans ce secteur à la topographie plus tabulaire, on observe un *écoulement convergent vers le bassin d'Orchies*, résultant du *caractère captif de la craie* dans ce secteur *qui limite sa réalimentation* probablement associée à une *mauvaise perméabilité* (il n'est pas recensé de prélèvements importants au sein de la craie dans ce secteur qui contribueraient à la mise en place d'une dépression piézométrique).

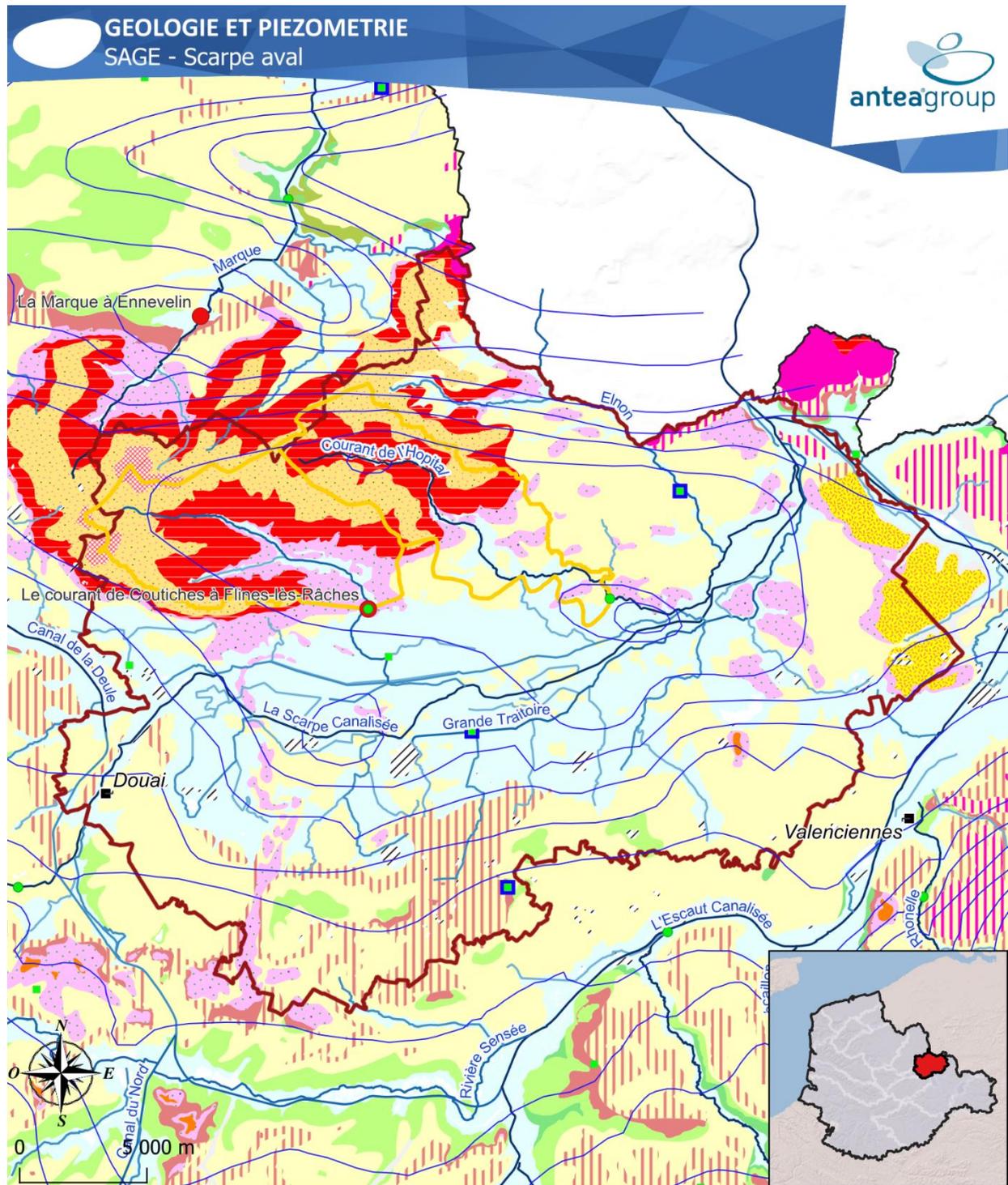


Légende :

- SAGE
- Villes principales
- Piézomètres - arrêts sécheresse
- Piézomètres - recharge apparente
- Stations hydrométriques - arrêts sécheresse
- Stations hydrométriques modélisées
- Bassin de la station hydrométrique modélisée

Sources : BanqueHydro, AEAP, Bd Charm-50, Bd Carthage.

Figure 6 : Carte des masses d'eau souterraines



Sources : BanqueHydro, AEAP, Bd Charm-50, Bd Carthage.

Figure 7 : Contexte géologique et piézométrie basses eaux 2009 de la craie

2.3 Les unités sècheresse

Une *unité sècheresse principale* est présente sur le territoire du SAGE (*Bassin versant de la Scarpe aval*) qui couvre *98% du territoire* (cf. Figure 8) :

Unité sècheresse	% concerné sur le SAGE
Bassin versant de la Scarpe aval	98%

Les *ouvrages de références* qui déterminent les seuils de prise d'arrêtés sècheresse, avec les seuils correspondants, sont les suivants :

- **Piézométrie** : 3 ouvrages de référence, s'adressant tous à la masse d'eau de la *Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée* :
 - *00216X0073/PZ3*, localisé sur le territoire du SAGE dans sa partie Nord.
 - *00281X0002/F1*, localisé sur le territoire du SAGE, en partie plutôt centrale.
 - *00281X0004/F1*, également localisé sur le territoire du SAGE, en limite avec celui de l'Escaut sur la commune de Abscon.
- **Hydrométrie** : 1 station hydrométrique de référence, située sur le territoire du SAGE : *Le courant de Coutiches à Flines-lez-Raches*.

2.4 Les bassins versants repères analysés pour le territoire de la Scarpe aval

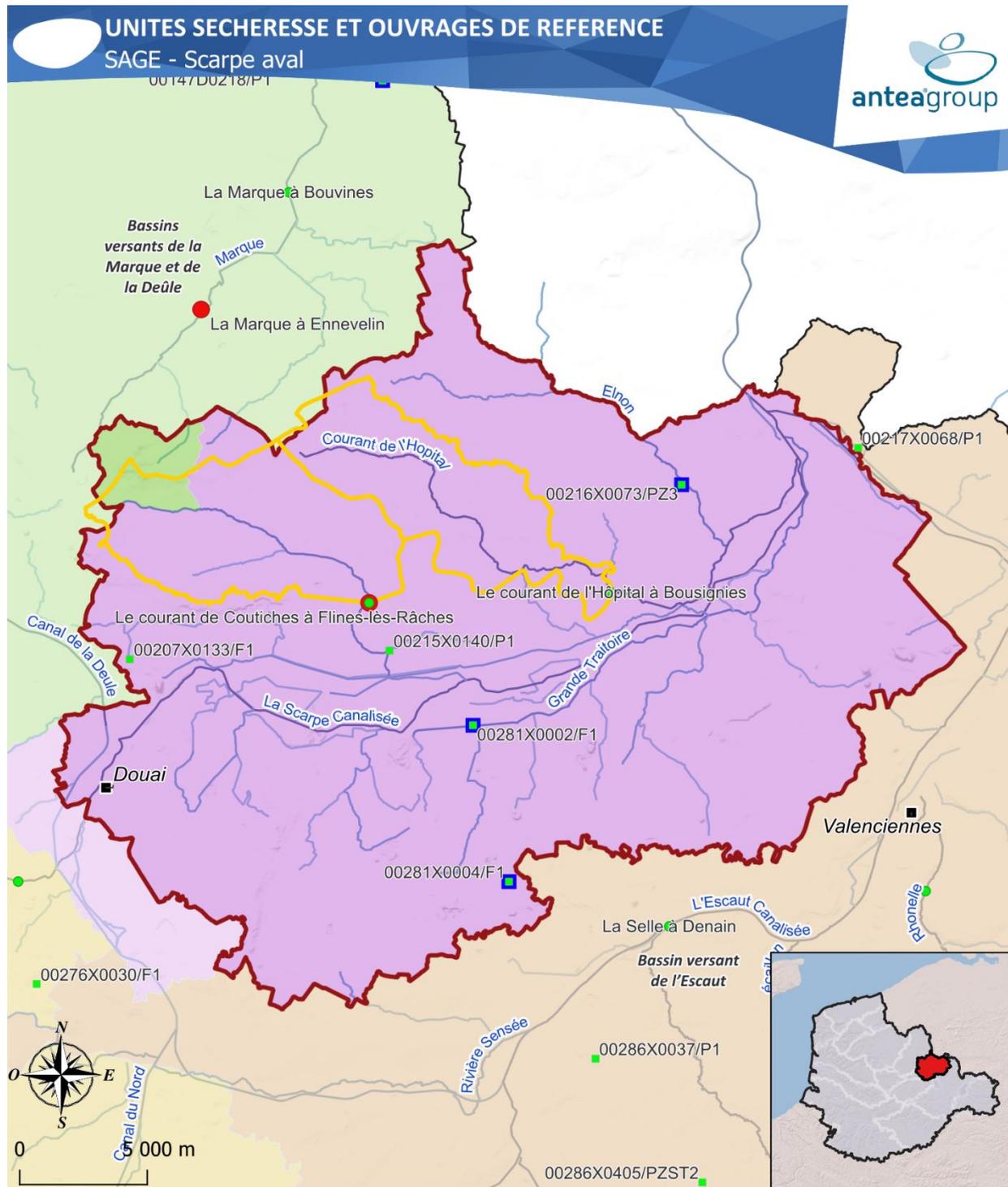
Seulement quatre stations hydrologiques sont encore actives sur le territoire du SAGE de la Scarpe aval, dont certaines sont assez récentes.

Code station	Libelle station	Date d'ouverture	Surface du bassin versant (km ²)
E236741001	Le courant de Coutiches à Flines-lez-Raches	01/12/1982	52
E237110501	La Scarpe canalisée à Mortagne-du-Nord	01/01/2004	586
E237601001	Le courant de l'Hôpital à Bousignies	01/11/1982	66
E237721001	L'Elnon à Lecelles	01/10/1982	70

Parmi ces quatre stations, *deux stations* ont fait l'objet d'une *modélisation de calculs de recharges* SIM2, WALLINGFORD et GARDENIA :

- La station sur *le Courant de Coutiches à Flines-lez-Raches*, utilisées comme référence pour les prises d'arrêtés sècheresse.
- La station sur le Courant de l'Hôpital à Bousignies.

Ces deux stations sont toutes situées en dehors de l'influence du canal à Grand Gabarit, avec un bassin versant d'extension limitée, essentiellement situé au droit des formations des sables et argiles du Landénien d'Orchies, en recouvrement des formations crayeuses.



Légende :

- Villes principales
- Bassin de la station hydrométrique modélisée
- ▭ SAGE
- Piézomètres - arrêts sécheresse
- Stations hydrométriques - arrêts sécheresse
- Piézomètres - recharge apparente
- Stations hydrométriques modélisées

Sources : BanqueHydro, AEAP, Bd Charm-50, Bd Carthage.

Figure 8 : Carte des unités sécheresse et des ouvrages de référence correspondants

3 Synthèse du fonctionnement de l'hydrosystème crayeux et des défaillances observées

3.1 Rappel des connaissances générales sur le fonctionnement piézométrique de la Craie (source SIGES Seine-Normandie – Aquifère de la craie Picarde)

L'amplitude des fluctuations de la surface piézométrique croît depuis les fonds de vallées actives jusqu'aux crêtes piézométriques. *La surface piézométrique subit diverses fluctuations qui se superposent dans le temps et l'espace :*

1. *Fluctuations rapides ou légèrement différées à des profondeurs inférieures à 20 m* dans des craies très transmissives ce qui induit des réactions piézométriques à chaque phase pluvieuse, suivies par des décrues aussi rapides. Ces fluctuations sont fréquentes, notamment à proximité des vallées humides où la craie est plus perméable, de courte durée (entre la journée et le mois) et de faible amplitude (inférieure à 1 m). Des pluies orageuses intenses peuvent également provoquer localement des recharges significatives sous les plateaux en raison d'une très forte perméabilité des terrains de couverture.
2. *Variations saisonnières avec des hautes eaux à la fin du printemps et des basses eaux en automne.* Le retard à l'alimentation peut atteindre plus de six mois et même être masqué par une vidange interannuelle. L'amplitude de ces mouvements dépend à la fois des caractéristiques hydrauliques de l'aquifère (transmissivité et emmagasinement) et de la valeur de la réalimentation annuelle (infiltration efficace). C'est ainsi qu'elle est maximale (8 à 10 m) à l'aplomb des lignes de crêtes des plateaux et minimale (1 à 2 m) dans l'axe des vallées humides.
3. Variations interannuelles sous forme de phases arythmiques de plusieurs années provoquant des remontées ou des descentes de nappe avec des amplitudes cumulées pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres sous les crêtes piézométriques (plateau). En aval, le phénomène peut se traduire par des émergences de la nappe en période humide ou par des déplacements ou des tarissements de sources en période sèche.

La succession lithologique des terrains (cf. Pile hydro-stratigraphique issue du SIGES Nord-Pas-de-Calais) permet de différencier plusieurs réservoirs aquifères, séparés par des couches imperméables, dont la disposition est synthétisée dans le tableau suivant.

On rappelle ici pour mémoire que seul, l'aquifère contenu au sein des formations crayeuses du Turonien au Sénonien, dans sa partie non recouverte (nappe de type libre), est concerné par la présente étude. Ce qui tendrait à limiter fortement, dans le cas présent, les conditions d'analyse, la craie apparaissant, sur tout la quasi-totalité du territoire, en situation captive ou semi-captive sous recouvrement de formations argileuses et sableuses de l'Eocène (argiles d'Orchies de l'Yprésien et/ou sables d'Ostricourt, du Quesnoy, de Grandglise et de Brachieux du Landénien).

QUATERNAIRE	Alluvions anciennes et modernes du Quaternaire ; sables littoraux du Quaternaire	Aquifère
	Limons des plateaux du Quaternaire	Aquiclude
TERTIAIRE	Argiles des Flandres (Argiles d'Orchies et de Roubaix) de l'Yprésien	Aquiclude
	Sables d'Ostricourt, du Quesnoy, de Grandglise et de Bracheux du Landénien supérieur (ou Thanétien supérieur)	Aquifère
	Argile de Louvil du Landénien inférieur (ou Thanétien inférieur)	Aquiclude
SECONDAIRE (Crétacé supérieur)	Craie blanche à silex du Turonien supérieur au Sénonien	Aquifère
	Dièves bleues et vertes du Turonien inférieur et moyen	Aquiclude
	Craies et marnes du Cénomanién	Aquifère/aquiclude
PRIMAIRE A SECONDAIRE	Le « substratum » : comprenant l'ensemble des formations géologiques du Secondaire (Crétacé inférieur) au Primaire	Aquifère/aquiclude

Figure 9 : pile hydro-stratigraphique issue du SIGES Nord Pas de Calais - 2024

3.2 Fonctionnement global sur le SAGE

La *craie* présente sur le territoire présente un *fonctionnement marqué par la présence du recouvrement* assez généralisé par les formations plus récentes de l'Eocène.

Ce fonctionnement de l'hydrosystème crayeux présente pour l'essentiel, une *réactivité aux évènements climatiques annuels*, avec une *double cyclicité*, la cyclicité annuelle étant plus ou moins marqué selon la localisation et l'importance du recouvrement par les sables du Landénien d'Orchies qui limitent la réalimentation de la Craie (cf. Figure 12) (piézomètres 00207X0133/F1, 00216X0073/PZ3, 00281X0002/F1).

Cette tendance tend à se réduire en limite Sud du SAGE, avec l'apparition d'une cyclicité annuelle et une réactivité aux pluies annuelles qui deviennent dominantes (piézomètre 00281X0004/F1).

En ce sens, le fonctionnement de l'hydrosystème crayeux diffère de celui plus superficiel des sables du Landénien d'Orchies qui présente une cyclicité annuelle pure et une forte réactivité aux évènements climatiques annuels (piézomètre 00215X0140/P1), ou celui en profondeur aux calcaires carbonifères de Roubaix-Tourcoing présentant une cyclicité pluri-annuelle pure indépendante des évènements climatiques annuels (piézomètre 00213X0002/F1).

On notera cependant que les conclusions récentes sur *l'évolution des cyclicités interannuelles* tendent à montrer un « *écrêtement* » des pics du cycle pluriannuel et donc une plus grande probabilité de *dépassement des seuils hydrologiques comme piézométriques dans le futur*.

Piézomètre	Masse d'eau	Cyclicité / Inertie	Période principale	Force de la saisonnalité intra-annuelle ³	Force de la tendance ⁴
00207X0133/F1	Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée	Double cycle (intra et inter annuel) et Réactif aux pluies	12 mois	78%	72%
00216X0073/PZ3	Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée	Double cycle (intra et inter annuel) et Réactif aux pluies	256 mois	54%	93%
00281X0002/F1	Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée	Double cycle (intra et inter annuel) et Réactif aux pluies	180 mois	64%	91%
00281X0004/F1	Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée	1 seul cycle annuel et Réactif aux pluies	12 mois	77%	80%

Les deux exemples ci-dessous illustrent les analyses de détermination des différents types de cyclicité rencontrés au sein de la craie sur le territoire du SAGE.

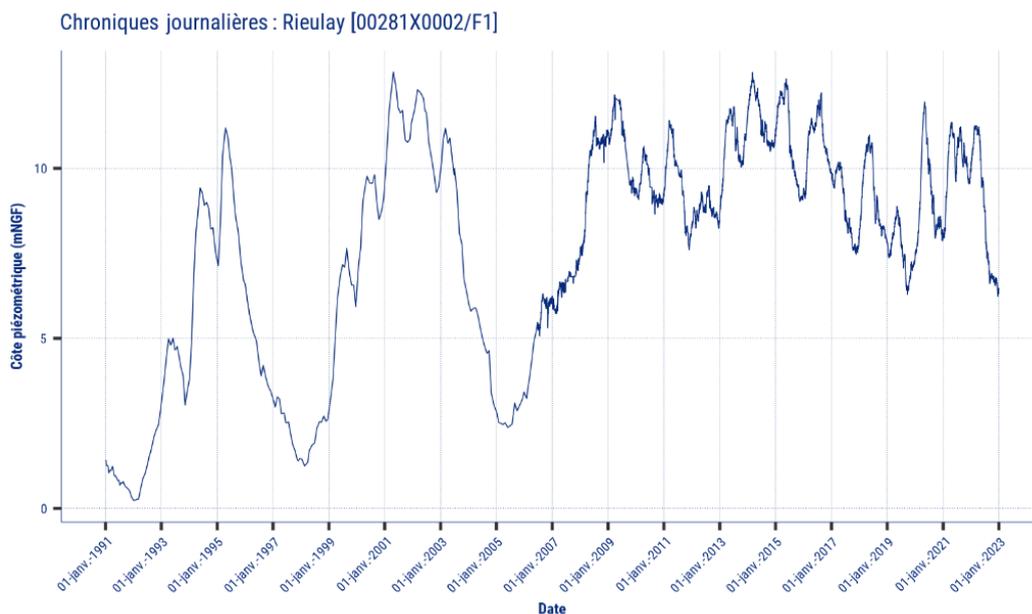


Figure 10 : Illustration de la double cyclicité avec sensibilité aux événements climatiques annuels peu marqués sur le piézomètre 00281X0002/F1 au sein de la Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée

³ La force de la saisonnalité indique à quel point la nappe est corrélée à des fluctuations saisonnière intra-annuelle. Un pourcentage élevé (>75%) indique un fonctionnement avec des fluctuation saisonnières identifiées. Un pourcentage faible indique un fonctionnement plutôt décorrélée d'un fonctionnement saisonnier.

⁴ La force de la tendance indique à quel point une tendance du niveau piézométrique est identifiée. Un pourcentage élevé (>75%) indique une tendance plutôt robuste. Un pourcentage faible indique une tendance peu robuste ou absente. Ce paramètre n'indique pas une tendance à la hausse ou à la baisse mais qualifie une robustesse dans la tendance observée, qu'elle soit à la hausse, stagnante ou à la baisse. Les tendances définies sont présentés dans le chapitre d'analyse des tendances piézométriques.

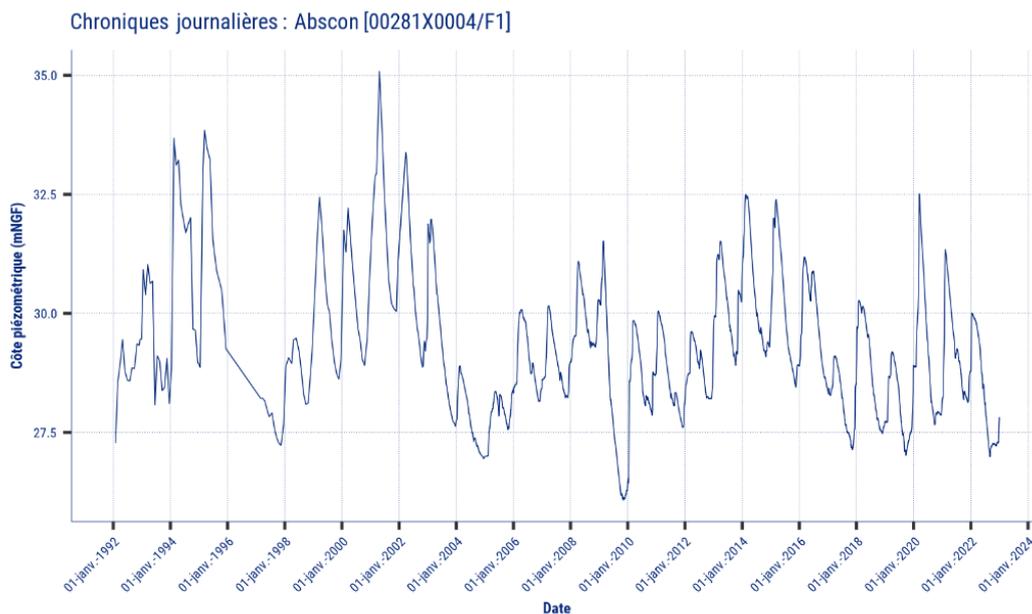


Figure 11 : Illustration de la cyclicité annuelle dominante avec subsistance d'une cyclicité pluri-annuelle le piézomètre 00281X004/F1 au sein de la Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée

Réalisation d'une étude hydrogéologique relative à l'estimation des volumes mobilisables annuels et, dans la mesure du possible, en période de basses eaux par deux approches simples sur chacune des 26 zones d'alerte du bassin Artois-Picardie

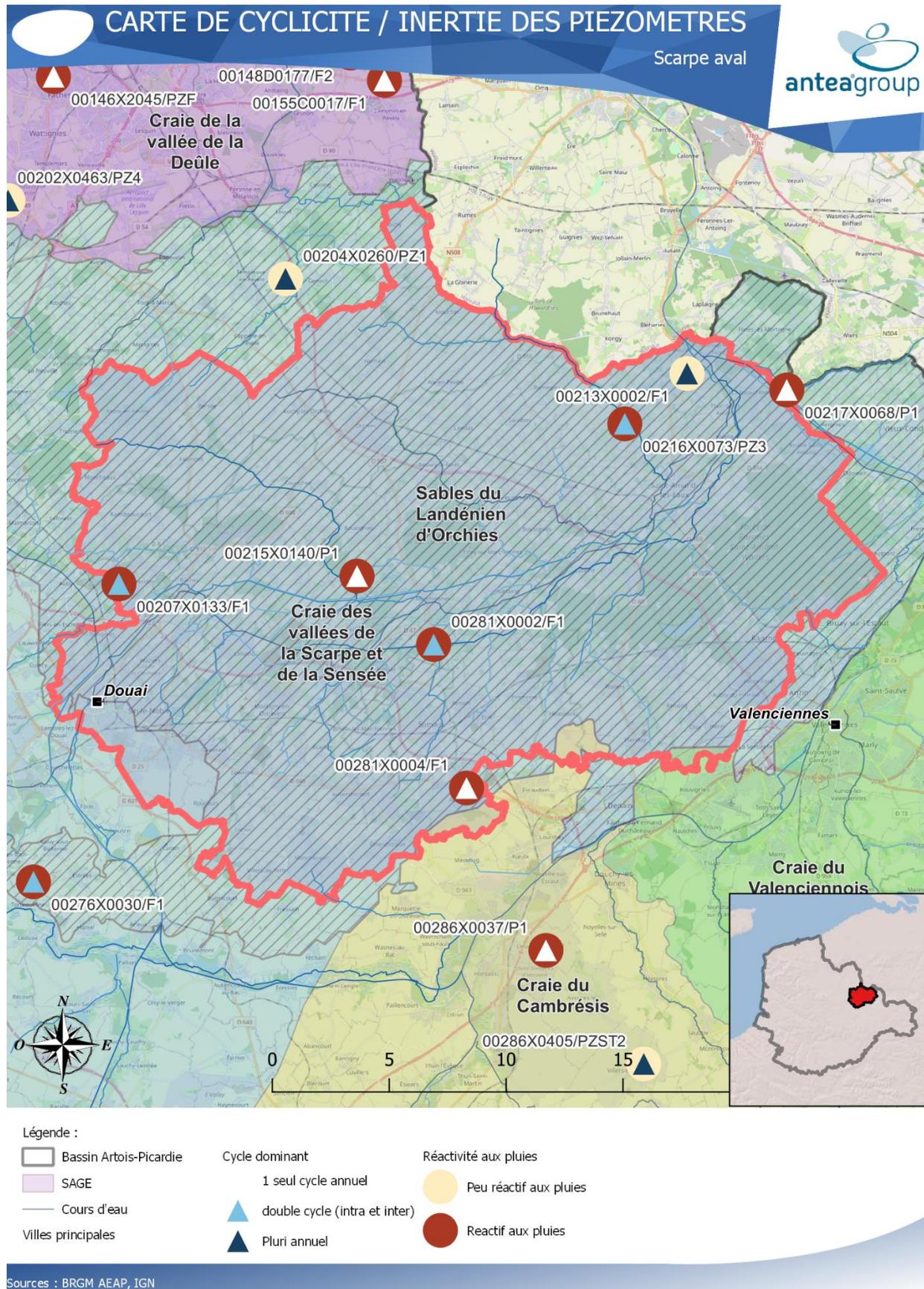


Figure 12 : Carte de cyclicité de piézomètres présents sur le territoire du SAGE

3.3 Indicateurs de ressource en eau

3.3.1 Indicateurs hydrologiques

En considérant les données disponibles, des indicateurs *de franchissement du QMNA₅*, témoin de tensions, sont *constatés sur plusieurs des stations analysées*, assez généralisés sur toute la période 1991 à 2022, mais variables et avec plus ou moins d'intensité selon les stations (cf. Figure 13 et Figure 16).

De l'analyse faite, on peut en résumer les différents points suivants :

- La plupart des cours d'eau affluents de la Scarpe en dehors de la plaine présentent des franchissements de QMNA₅ variables selon les années, les franchissements les plus importants étant constatés en :
 - *Le cycle 1996-1998*, ainsi que sur toute la *période 2014 à 2022* sur Le courant de Coutiches à Flines-lez-Raches.
 - *Le cycle 1997-1999*, en *2004, 2009*, ainsi que sur *le cycle 1018-2022* sur Le courant de l'Hôpital à Bousignies.
 - *1993, 1995 uniquement* sur Le courant des Fontaines d'Hertain à Hasnon.
 - *1994-1995, 2004 et 2006* sur La Balle Tillière à Saint-Amand-les-Eaux.
 - *Le cycle 1991-1997* ainsi qu'en *2020* sur L'Elnon à Lecelles.

Cette variabilité peut être à relier au réseau d'interconnexions entre les différents cours d'eau qui peut exister localement, aux surfaces variables des bassins versants, ainsi qu'à la nature des formations de l'Eocène présentent sur les bassins versants.

- En vallée de la Scarpe, sur cette dernière, la Grande Traitoire et l'Escaut plus en aval, on constate également une variabilité et une intensité des franchissements du QMNA₅ selon les années, qui peut témoigner de la gestion artificialisée des cours d'eau. Ainsi, les franchissements les plus importants sont constatés en :
 - *1994-1995 ainsi qu'en 2002* sur La Grande Traitoire à Wandignies-Hamage.
 - *2005-2006, en 2009, 2011 et 2019* sur La Scarpe canalisée à Mortagne-du-Nord avant sa confluence avec l'Escaut⁵.
 - *En 2011, 2017, 2019 et 2022* sur L'Escaut canalisée à Maulde, qui intègre tout son bassin amont y compris celui de la Scarpe⁶.
 - *Les années 2000, 2001, 2007 et 2012* sont les seules années pour lesquelles *aucun franchissement de QMNA₅* n'est constaté sur le territoire.

⁵ Données suffisantes pour être traitées à partir de 2004 uniquement

⁶ Données suffisantes pour être traitées à partir de 2004 uniquement

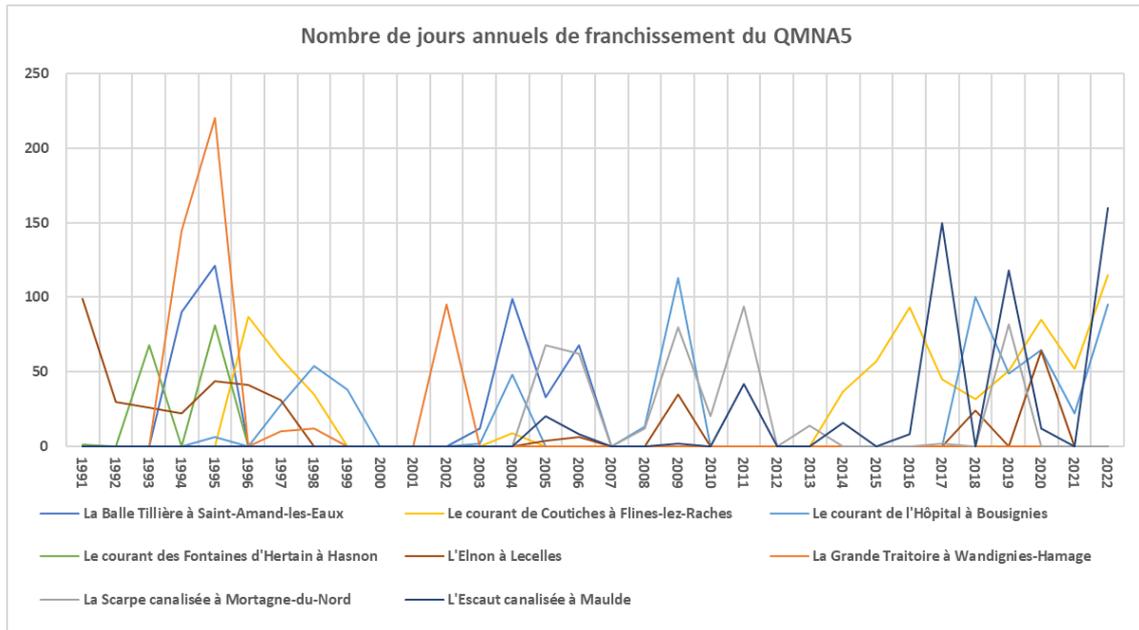


Figure 13 : Evolution du nombre de jours de franchissements du QMNA₅

La comparaison de l'évolution des QMNA observés sur les deux courants de Coutiches à Flines-lez-Raches et de l'Hôpital à Bousignies (cf. Figure 14 et **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), avec les QMNA₅ secs, biennaux et humides, traduit, pour ces deux cours d'eau situés sur le versant Nord de la Scarpe, la *tendance évolutive* avec un rapprochement marqué *des débits mensuels minimaux annuels observés* sur ces dernières années vers un *niveau de QMNA₅ plutôt sec*.

Le courant de Coutiches à Flines-lez-Raches [E236741001]

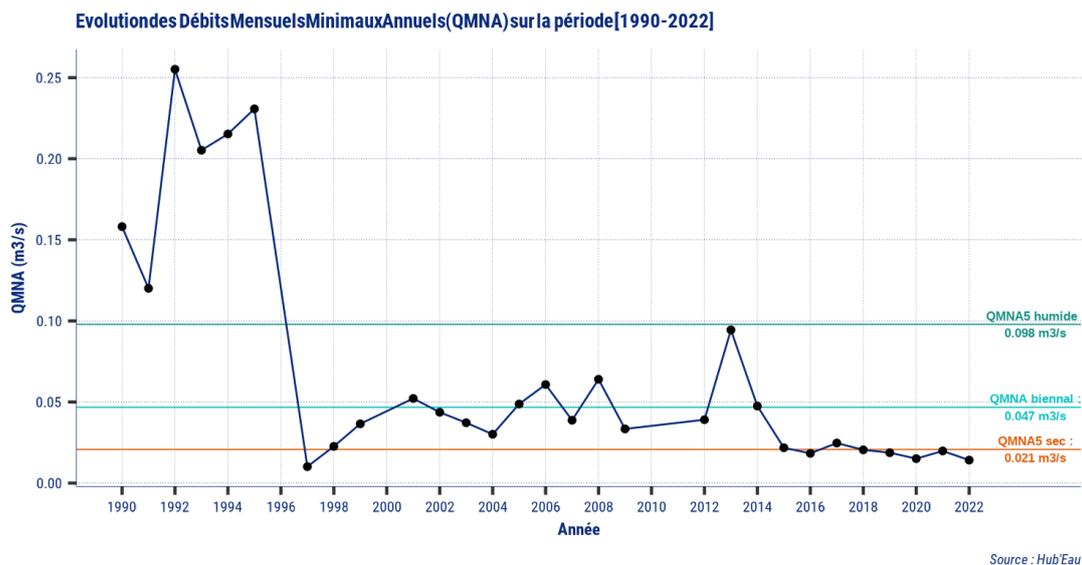


Figure 14 : Evolution des QMNA sur la station du Courant de Coutiches à Flines-lez-Raches vis-à-vis du QMNA quinquennal (sec et humide) et du QMNA biennal

Le courant de l'Hôpital à Bousignies: [E237601001]

Evolution des Débits Mensuels Minimaux Annuels (QMNA) sur la période [1990-2021]

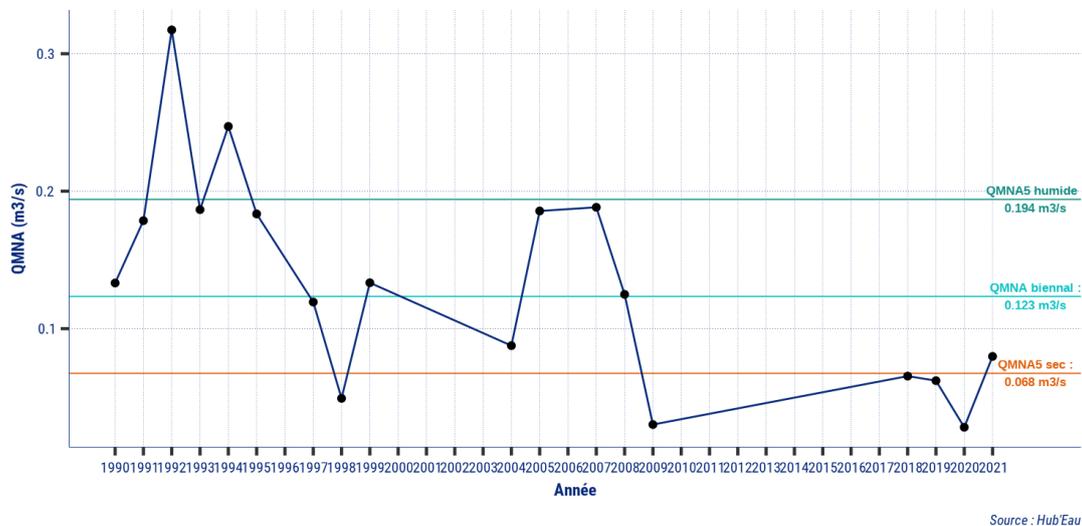


Figure 15 : Evolution des QMNA sur la station du Courant de l'Hôpital à Bousignies vis-à-vis du QMNA quinquennal (sec et humide) et du QMNA biennal

Les indicateurs d'assec du réseau ONDE (cf. Figure 17) semblent *relativement limités voire non constatés sur les têtes de bassin*, exception faite pour *Le Courant du pont de Beuvry à Mons-en-Pevele* pour les années 2017 et 2018.

Quelques assecs sont également *observés en 2017* sur Le Courant de la fontaine d'Hertain à Hasnon.

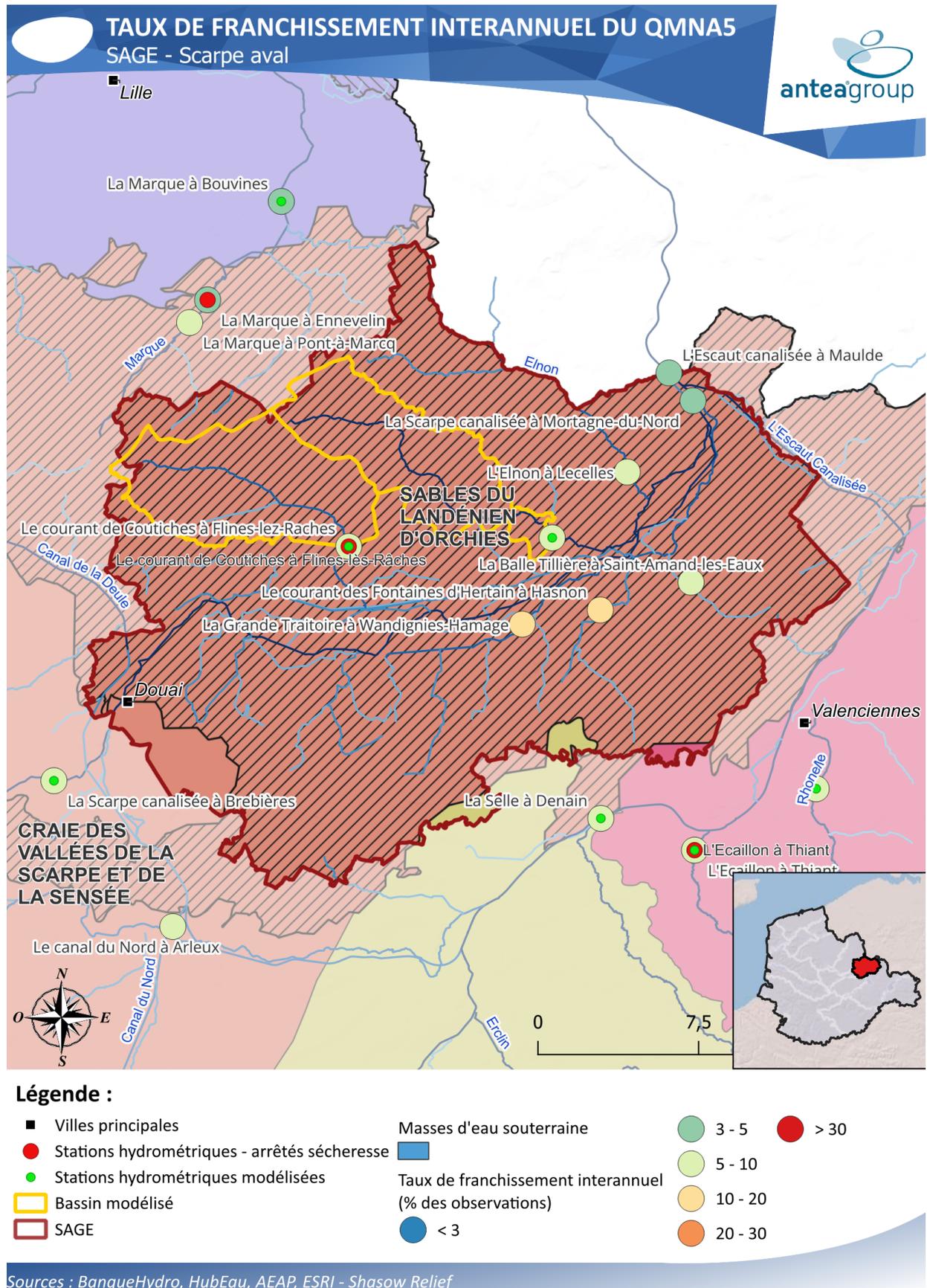


Figure 16 : Cartographie des taux de franchissement interannuel du QMNA5

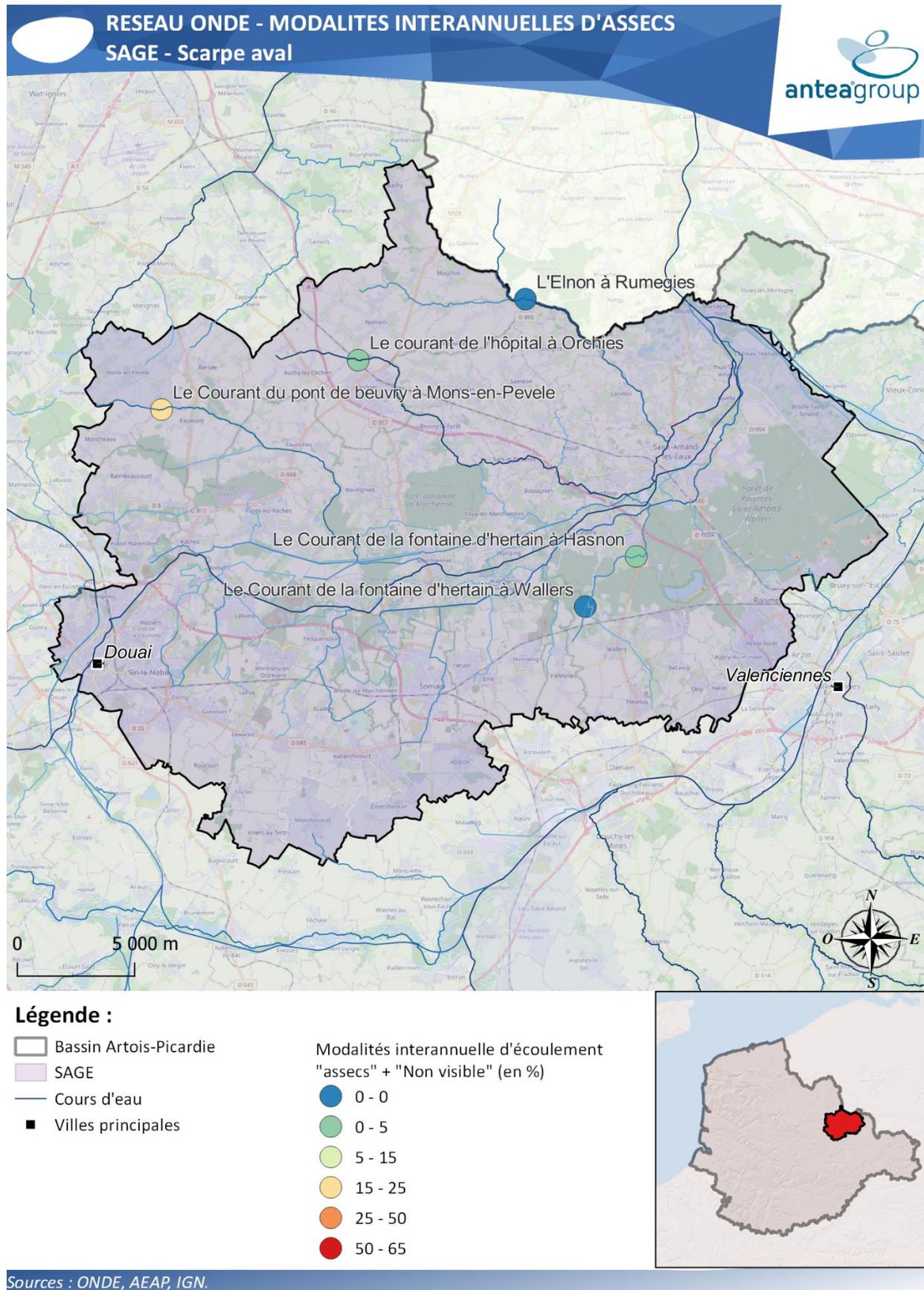


Figure 17 : Cartographie des modalités interannuelles d'assecs observés sur le réseau ONDE

Les *nombre de jours de franchissement des seuils d'arrêtés sécheresse* observés sur la station hydrologique du courant de Coutiches à Flines-lez-Raches sont les suivants⁷ :

Code station	Nom station	Années de franchissement de seuil (taux maximum de franchissement de seuil sur la période)				
		Seuil de vigilance	Seuil de vigilance renforcée	Seuil d'alerte	Seuil d'alerte renforcée	Seuil de crise
E236741001	Le courant de Coutiches à Flines-lez-Raches ⁸	1996-1999 (43%)	1996-1999 (30%)	1996-1999 (19%)	1996-1999 (10%)	1996 (2%)
		2001-2009 (44%)	2003-2006 (15%)	2003-2005 (4%)	2003-2004 (4%)	2004 (3%)
		2012-2022 (62%)	2008-2009 (10%)	2009 (5%)	2009 (3%)	2009 (<1%)
			2012-2022 (44%)	2012 (1%)	2014-2022 (23%)	2016-2017 (8%)
				2020 (6%)	2020 (1%)	
				2022 (8%)	2022 (5%)	

On constate sur ce cours d'eau, que les *franchissements de seuils d'arrêtés sécheresse* sont *fréquents* et *importants*, avec des seuils de vigilance et vigilance renforcée franchis pour 24 années sur la période 1991-2022, 18 années pour les seuils d'alerte et alerte renforcée, et pour 7 années concernant les seuils de crise (1996, 2004, 2009, 2016, 2017, 2020 et 2022).

On rappellera ici que le *bassin versant de ce cours d'eau*, de débit limité, est concerné et draine la masse d'eau des *sables du Landénien d'Orchies*, de perméabilité peu importante, avec une forte sensibilité aux événements climatiques annuels. De ce fait, il constitue un indicateur *peu représentatif de la nappe de la craie* sous-jacente.

Une *analyse des déficits d'écoulement à l'étiage* (estimation du nombre de jours et du volume « manquant » en deçà d'un débit statistique Q15, représentant le débit journalier observé 15 % du temps dans la chronique) fait ressortir les *cycles d'années, variables* selon les stations, présentant des *étiages plus ou moins sévères et plus ou moins longs*, assortis de *volumes déficitaires à l'écoulement relativement important*.

Dans le cas des 2 stations concernant le courant de Coutiches à Flines-lez-Raches (27 années analysées) et le courant de l'Hôpital à Bousignies (18 années analysées), pour les *étiages les plus importants* (plus de 50 jours), on retiendra, avec les données disponibles :

- La *période 1996-1998, 2004, 2009, 2014 à 2022* pour le courant de Coutiches à Flines-lez-Raches avec des volumes déficitaires marqués.
- La *période 1997 à 2004, 2008-2009, 2014 à 2022* pour le courant de l'Hôpital à Bousignies, avec des volumes déficitaires également marqués.

On note une tendance à l'allongement des durées d'étiages et/ou une tendance à l'augmentation des volumes déficitaires d'écoulement sur les années plus récentes.

⁷ Les % indiqués correspondent au % maximum du nombre de jours concernés dans l'année du cycle de dépassement

⁸ Lacunes de données sur cette station en 2000, 2010 et 2011

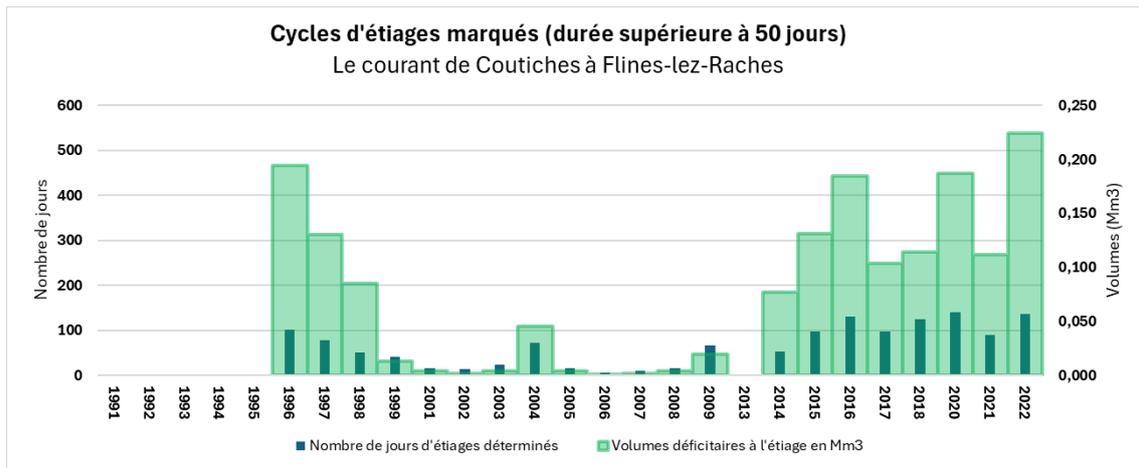


Figure 18 : Analyse des durées d'étiage et des volumes déficitaires correspondants sur la station hydrologique du Courant de Coutiches à Flines-lez-Raches

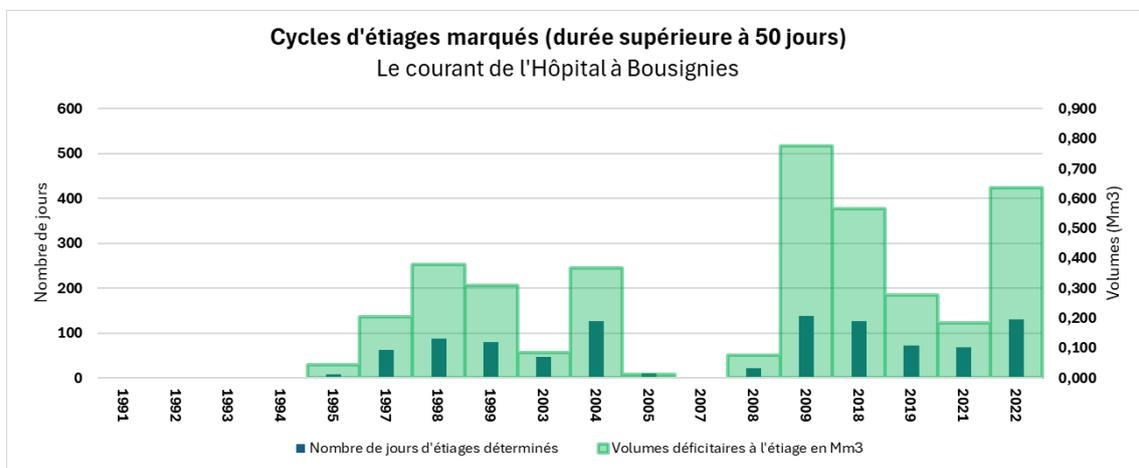


Figure 19 : Analyse des durées d'étiage et des volumes déficitaires correspondants sur la station hydrologique du Courant de l'Hôpital à Bousignies

Les graphiques ci-dessous illustrent l'évolution des débits sur ces deux stations, pour l'année 2022 marquée par un étiage et un déficit d'écoulement important, sur une longue durée.

- Pour le Courant de Coutiches à Flines-lez-Raches, un étiage étalé de fin juin jusqu'à mi-novembre, entrecoupé par quelques brefs épisodes d'augmentation de débit notamment en septembre et octobre.
- Pour le Courant de l'Hôpital à Bousignies, un étiage étalé de mi-juin jusqu'à fin octobre, également entrecoupé par quelques brefs épisodes d'augmentation de débit notamment en septembre et octobre.

Le courant de Coutiches à Flines-lez-Raches : [E236741001]

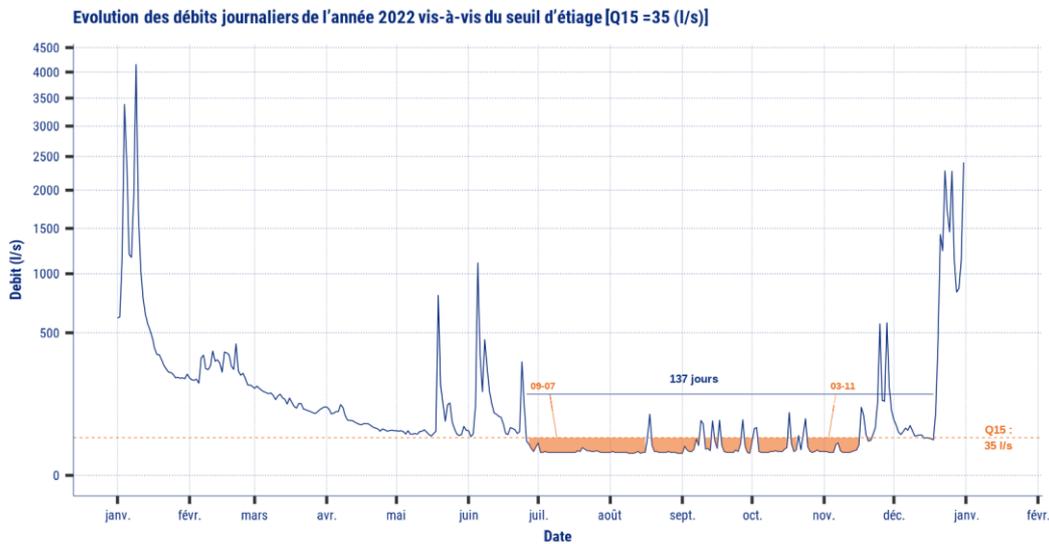


Figure 20 : Analyse de l'étiage de l'année 2022 sur la station du Courant de Coutiches à Flines-lez-Raches (déficit à l'écoulement et durée d'étiage)

Le courant de l'Hôpital à Bousignies : [E237601001]

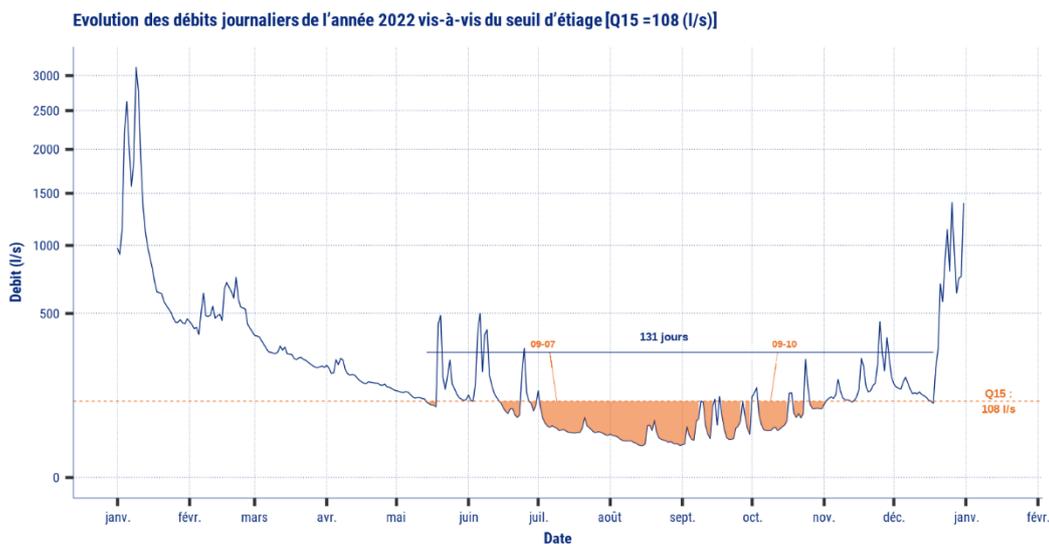


Figure 21 : Analyse de l'étiage de l'année 2022 sur le Courant de l'Hôpital à Bousignies (déficit à l'écoulement et durée d'étiage)

3.3.2 Indicateurs de franchissement des seuils piézométriques

Les *analyses de franchissements du HMNA₅* ont été effectuées sur les *4 piézomètres* présents sur le territoire du SAGE, s'adressant tous à la masse d'eau de la *Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée*, sur les périodes pour lesquelles les données se sont avérées suffisantes pour permettre l'analyse (cf Figure 22) :

- Uniquement 2014 à 2022 pour le piézomètre 00207X0133/F1.
- 1991 à 1995 et 2007 à 2022 pour le piézomètre 00216X0073/PZ3.
- 2007-2008 ainsi que 2011 à 2022 pour le piézomètre 00281X0002/F1.
- 2005-2006, 2010, ainsi que 2012 à 2022 pour le piézomètre 00281X0004/F1.

Des *franchissements*, avec des taux de franchissement variables selon les ouvrages, sont observés, pour lesquels des cycles se dessinent :

- Pour les années *1991 et 1992* (sur 00216X0073/PZ3 disposant seul de données pouvant être analysées sur cette période).
- En *2005* (sur 00281X0004/F1 disposant seul de données pouvant être analysées sur cette période).
- En *2007* (sur 00281X0002/F1).
- Sur la *période 2017, 2019 et 2020*, avec une importance variable, les piézomètres les plus concernés étant 00281X0004/F1 (2017 et 2019), 00216X0073/PZ3 (2019 et 2020), 00281X0002/F1 (2019).
- En *2022* pour principalement les 3 ouvrages 00216X0073/PZ3, 00281X0002/F1 et 00281X0004/F1.

Pour les *trois piézomètres présents sur le territoire du SAGE* identifiés comme *piézomètres de référence d'alerte sécheresse*, avec des seuils réglementaires de franchissement définis, les résultats sont les suivants :

Commune	Code BSS	Années de franchissement de seuil (taux maximum de franchissement de seuil sur la période)				
		Seuil de vigilance	Seuil de vigilance renforcée	Seuil d'alerte	Seuil d'alerte renforcée	Seuil de crise
Lecelles	00216X0073/PZ3	1991-1999 (100%) 2003-2007 (19%) 2017-2022 (88%)	1991-1994 (100%) 1996-1999 (11%) 2004-2007 (2%) 2017-2020 (45%) 2022 (56%)	1991-1993 (100%) 1997-1999 (7%) 2004-2005 (1%) 2018-2020 (19%) 2022 (38%)	1991-1992 (84%) 1997-1998 (2%) 2019-2020 (2%) 2022 (12%)	1991-1992 (32%) 1998 (<1%) 2022 (4%)
Rieulay	00281X0002/F1	1991-1994 (6%) 1996-1999 (4%) 2004-2007 (75%) 2019 (16%) 2022 (12%)	1991-1994 (6%) 1996-1999 (4%) 2004-2006 (3%)	1991-1992 (6%) 1997-1998 (2%) 2005 (2%)	1991-1992 (6%) 1997-1998 (1%)	1991-1992 (1%)

Commune	Code BSS	Années de franchissement de seuil (taux maximum de franchissement de seuil sur la période)				
		Seuil de vigilance	Seuil de vigilance renforcée	Seuil d'alerte	Seuil d'alerte renforcée	Seuil de crise
Abscon ⁹	00281X0004/F1	1991-1993 (2%) 1997-1998 (3%) 2003-2007 (85%) 2009-2012 (62%) 2017-2022 (96%)	1991-1993 (<1%) 1997 (3%) 2003-2005 (50%) 2009-2011 (62%) 2017-2020 (57%) 2022 (52%)	1991-1992 (<1%) 1997 (<1%) 2004-2005 (40%) 2009-2010 (55%) 2017 (5%) 2019 (14%) 2022 (24%)	1991 (<1%) 1997 (<1%) 2004-2005 (19%) 2009-2010 (51%) 2022 (4%)	2004-2005 (5%) 2009-2010 (21%)

Les franchissements les plus nombreux des seuils de vigilance et vigilance renforcée¹⁰ sont observés sur les cycles 1991-1999, 2003-2007, 2009-2012 (sur le seul piézomètre 00281X0004/F1) ainsi que 2017-2022 (à l'exception du piézomètre 00281X0002/F1).

Les franchissements de seuils d'alerte restent importants sur 1991-1993, 1996-1999, en 2005 et 2005, en 2009 et 2010 (sur le seul piézomètre 00281X0004/F1), sur 2017-2020 (en particulier sur 00216X0073/PZ3), ainsi qu'en 2022 (à l'exception de 00281X0002/F1).

Les seuils de crise sont franchis sur 1991-1992 (particulièrement pour 00216X0073/PZ3, sur 00281X0002/F1 dans une moindre mesure), en 2004-2005 et 2009-2010 sur 00281X0004/F1, ainsi qu'en 2022 sur 00216X0073/PZ3.

⁹ Données non exploitables en 1996

¹⁰ A noter : pour les périodes antérieures à 2007, les données disponibles ne sont pas journalières ce qui modifie l'analyse en diminuant le nombre de jours d'observation de franchissement des seuils

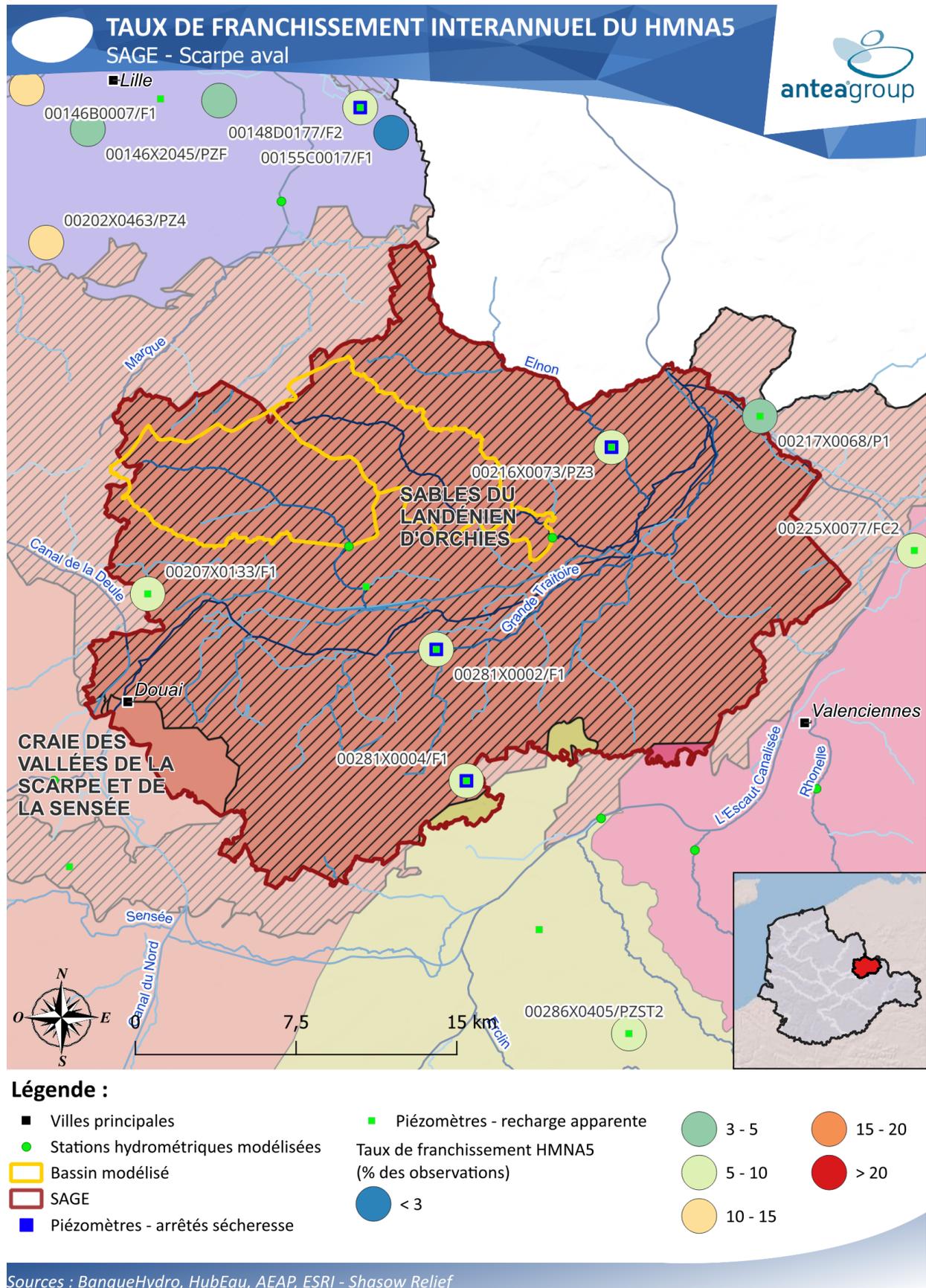


Figure 22 : Cartographie des taux de franchissement interannuel du HMNA₅

3.3.3 Indicateurs de tendances piézométriques

Pour les 4 piézomètres s'adressant à la masse d'eau de la *Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée* localisés sur le territoire du SAGE pour lesquels des analyses de tendance ont été effectuées, il ressort une *tendance globalement marquée à la hausse* pour 3 d'entre eux, la plus marquée concernant celui de Rieulay (00281X0002/F1), de l'ordre de 21 cm/an en moyenne sur la période 1991-2022, avec une tendance à la stabilisation depuis 2008. Seul, le piézomètre d'Abscon (00281X0004/F1) marque une tendance globale à la baisse mais limitée à près de 1,5 cm/an en moyenne sur la période 2001-2022.

Code BSS du piézomètre	Masse d'eau	Tendance récente en cm/an Données depuis 1991	Validation de la tendance calculée	Période d'analyse
00281X0002/F1	Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée	21,12 (hausse)	Tendance validée statistiquement	janv. 1991 à déc. 2022
00207X0133/F1	Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée	9,96 (hausse)	Tendance validée statistiquement	janv. 1991 à déc. 2022
00281X0004/F1	Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée	-1,56 (baisse)	Tendance validée statistiquement	janv. 1991 à déc. 2022
00216X0073/PZ3	Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée	7,56 (hausse)	Tendance validée statistiquement	janv. 1991 à déc. 2022

Une analyse similaire sur les piézomètres qui disposent de chroniques plus longues a également été effectuée. Ces analyses confirment les tendances observées sur les piézomètres analysés, s'inscrivant ainsi dans une continuité de longue date.

Les graphiques suivants présentent les résultats des analyses effectuées pour les piézomètres présentant les tendances à la hausse ou à la baisse sur la période 1991-2022.



Figure 23 : Graphique de tendance piézométrique récente (1991 – 2022) du piézomètre 00207X0133/F1



Figure 24 : Graphique de tendance piézométrique récente (1991 – 2022) du piézomètre 00216X0073/PZ3

Piézomètre	Niveau moyen	P value global	Chronique lissée	Tendance globale	Significativité globale	Périodes	Tendances avec ruptures
BSS000CSUH 00281X0002/F1	7,3 m	0		↗ +21.1 cm/an	significatif	janv. 1991 - avr. 2008 avr. 2008 - déc. 2022	↗ +29.2 cm/an X

Figure 25 : Graphique de tendance piézométrique récente (1991 – 2022) du piézomètre 00281X0002/F1

Piézomètre	Niveau moyen	P value global	Chronique lissée	Tendance globale	Significativité globale	Périodes	Tendances avec ruptures
BSS000CSUK 00281X0004/F1	29,4 m	0.0074		↘ -1.5 cm/an	significatif	janv. 1991 - sept. 2003 sept. 2003 - déc. 2022	↗ +13 cm/an X

Figure 26 : Graphique de tendance piézométrique récente (1991 – 2022) du piézomètre 00281X0004/F1

4 Synthèse des résultats de calcul de recharges

Pour mémoire, l'approche de l'analyse des recharges a été réalisée sur la base de *4 approches différentes* :

- *Approche par analyse des recharges apparentes* : Vidange / recharge sur les observations piézométriques.
- *Approche SIM2* : Chaîne de modélisation Safran-ISBA-Modcou.
- *Approche GARDENIA* : estimation de la recharge par modélisation des débits de cours d'eau (La Maye à Arry, La Nièvre à l'Étoile, La Selle à Plachy-Buyon, L'Ancre à Bonnay, L'Avre à Moreuil ainsi que pour La Somme canalisée à Abbeville - Station ultrason).
- *Approche Wallingford* : estimation par calcul du débit de base de cours d'eau développée par l'Institut d'Hydrologie de Wallingford.

4.1 Résultats des calculs de recharges apparentes

Des calculs de *recharges et de vidanges apparentes* qui suivent ces recharges ont été effectués sur 4 ouvrages présents sur le territoire du SAGE s'adressant à la masse d'eau de la *Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée*.

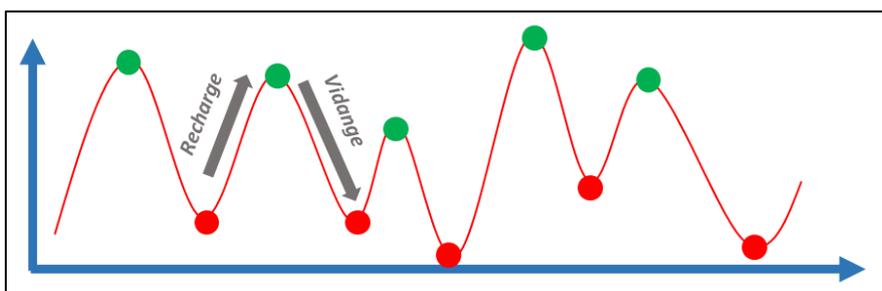


Figure 27 : Principe de la recharge apparente, de la vidange apparente et du calcul du solde (solde = recharge - vidange)

Sur la période d'observation, les *recharges les plus faibles* (supérieures ou égales à décennales sèches) et les plus importantes se situent pour les années hydrologiques suivantes :

Masse d'eau	Années hydrologiques de faible recharge ¹¹	Années hydrologiques de recharge importante ¹²
Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée (4 ouvrages)	1990 - 1991	1992 - 1993
	1991 - 1992	1993 - 1994
	1995 - 1996	1994 - 1995
	1996 - 1997	1996 - 1997
	1997 - 1998	1997 - 1998
	2003 - 2004	1998 - 1999
	2004 - 2005	1999 - 2000
	2005 - 2006	2000 - 2001
	2009 - 2010	2017 - 2018
	2014 - 2015	2019 - 2020
		2020 - 2021

Les *vidanges suivant les recharges* se caractérisent sur les années hydrologiques suivantes :

¹¹ Supérieures ou égales à décennales sèches

¹² Supérieures ou égales à décennales humides

Masse d'eau	Années hydrologiques de faible vidange ¹³	Années hydrologiques de vidange importante ¹⁴
Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée (4 ouvrages)	1991 - 1992	1993 - 1994
	1992 - 1993	1994 - 1995
	1997 - 1998	1995 - 1996
	1998 - 1999	1996 - 1997
	2004 - 2005	2002 - 2003
	2005 - 2006	2016 - 2017
	2006 - 2007	2017 - 2018
	2007 - 2008	2019 - 2020
		2021 - 2022

Les années hydrologiques de vidange présentent en général un décalage d'une année avec les cycles de recharges.

Les *soldes¹⁵ recharges – vidanges*, correspondant au bilan de recharge sur l'année, sont identifiés selon leur importance de la manière suivante :

Masse d'eau	Années hydrologiques de fort solde déficitaire ¹⁶	Années hydrologiques de fort solde excédentaire ¹⁷
Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée (4 ouvrages)	1993 - 1994	1992 - 1993
	1995 - 1996	1993 - 1994
	1996 - 1997	1997 - 1998
	2001 - 2002	1998 - 1999
	2002 - 2003	1999 - 2000
	2003 - 2004	2000 - 2001
	2014 - 2015	2007 - 2008
	2016 - 2017	2020 - 2021
	2021 - 2022	

On notera cependant une *forte variabilité* de ces résultats dépendante :

- Du positionnement géographique des ouvrages mais assez cohérente entre les différentes masses d'eau,
- Ainsi que de la cyclicité des ouvrages qui peut conduire à des cycles hydrologiques où les recharges ou vidanges ont été particulièrement faibles voire inexistantes. Néanmoins, les grands cycles restent identifiés dans l'ensemble, d'un ouvrage à l'autre.

Les deux exemples suivants illustrent les résultats obtenus sur deux ouvrages s'adressant aux deux masses d'eau principales :

¹³ Supérieures ou égales à décennales sèches

¹⁴ Supérieures ou égales à décennales humides

¹⁵ Le solde correspond à la différence entre la vidange de l'année n et la recharge de l'année n-1 constatées sur les chroniques piézométriques

¹⁶ Supérieurs ou égaux à décennal sec

¹⁷ Supérieurs ou égaux à décennal humide

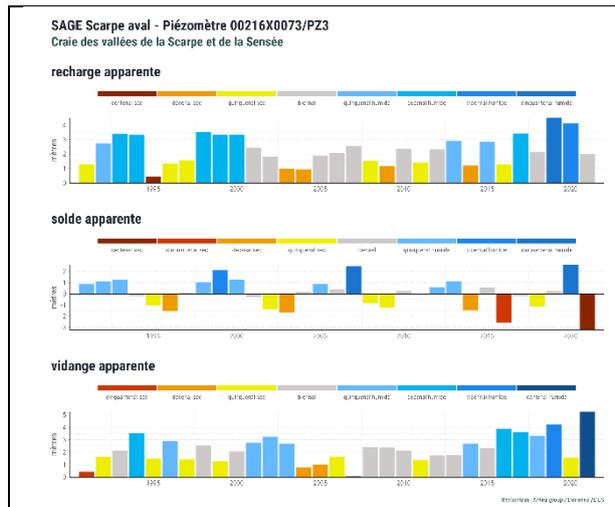


Figure 28 : Recharge, vidange et solde apparents du piézomètre 00216X0073/PZ3

Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée
Double cycllicité intra et interannuelle, réactif aux pluies

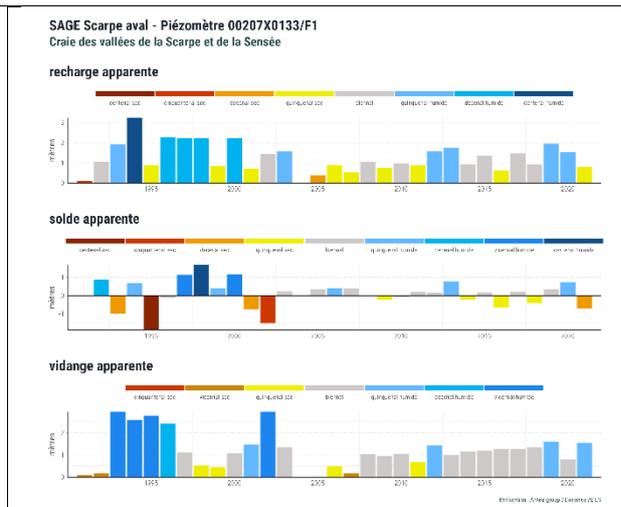


Figure 29 : Recharge, vidange et solde apparents du piézomètre 00207X0133/F1

Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée
Double cycllicité intra et interannuelle, réactif aux pluies

4.2 Résultats SIM2, WALLINGFORD, GARDENIA

4.2.1 Analyse comparée des résultats des différentes méthodes

L'analyse des recharges calculées sur la période hivernale, à partir des outils *SIM2*, *WALLINGFORD* et *GARDENIA*, a été faite sur les 2 stations suivantes :

- La *station située sur le courant de Coutiches à Flines-lez-Raches* (d'une superficie de bassin versant limitée à 53 km², soit environ 8,5 % de la superficie totale du SAGE).
- La *station située sur le courant de l'Hôpital à Bousignies* (d'une superficie de bassin versant limitée à 66 km², soit environ 11 % de la superficie totale du SAGE).

Les *résultats obtenus* montrent :

- L'absence de possibilité de mettre en œuvre la *méthode de WALLINGFORD* sur ce territoire, la recharge ne pouvant être estimée pour les années hydrologiques disposant de données limitées¹⁸, ce qui est le cas pour la station sur le courant de l'Hôpital à Bousignies principalement (avec 15 années concernées sur la période 1992 à 2022), mais également pour celle sur le courant de Coutiches à Flines-lez-Raches dans une moindre mesure (9 années concernées).
- Une *forte variabilité de la valeur de recharge* obtenue pour une même année hydrologique selon la méthode mise en œuvre, *notamment concernant GARDENIA* qui *sous-estime pour ce SAGE les valeurs de recharge* par rapport à SIM2 en raison de la *nature des formations de tête* présentes sur les bassins versants des stations en *recouvrement des formations crayeuses plus profondes*. *De ce fait, les résultats obtenus avec GARDENIA doivent être considérés comme essentiellement représentatifs d'une recharge des argiles et sables du Landénien d'Orchies*.

¹⁸ Pour cette méthode, sont exclues les mois présentant plus de 20% de jours sans valeurs de débit et les années présentant plus de 2 mois exclus

Cela se traduit néanmoins de manière moins sensible entre SIM2 et GARDENIA sur les typologies des années (61 % de correspondance), malgré des écarts notables selon les années, dans les valeurs de recharges obtenues.

Les *valeurs de recharges* obtenues pour les différentes stations sont les suivantes :

- *19 et 74 mm/an en moyenne* pour les résultats *GARDENIA*, valeurs marquées par une forte dispersion, les valeurs les plus faibles concernant la station sur le courant de l'Hôpital à Bousignies.
- *104 et 204 mm/an en moyenne* pour les résultats *WALLINGFORD*, valeurs également marquées par une forte dispersion, les valeurs les plus faibles concernant plutôt la station sur le courant de Coutiches à Flines-lez-Raches.
- *133 et 147 mm/an en moyenne* pour les résultats *SIM2*, valeurs plus homogènes et assez proches pour les deux stations analysées.

En considérant les résultats obtenus de calculs de recharge mis en œuvre entre les différentes méthodes, sur les deux stations analysées, et en intégrant le contexte géologique et hydrogéologique caractérisant les bassins versants de ces stations (qui conduit à des résultats sur ces stations pour les méthodes WALLINGFORD et GARDENIA plutôt représentatifs de la masse d'eau superficielle des Sables du Landénien d'Orchies en recouvrement sur les formations crayeuses), l'estimation pouvant être retenue sera celle obtenue par la méthode SIM2 qui paraît la plus représentative.

Soit une valeur moyenne sur l'ensemble de la période 1991-2022 et sur l'ensemble du SAGE, de 132 mm/an.

Les années hydrologiques de *plus faibles recharges* sont *1990-1991, 1995-1996 à 1997-1998, 2003-2004 à 2007-2008, 2009-2010 ainsi que 2016-2017, 2018-2019.*

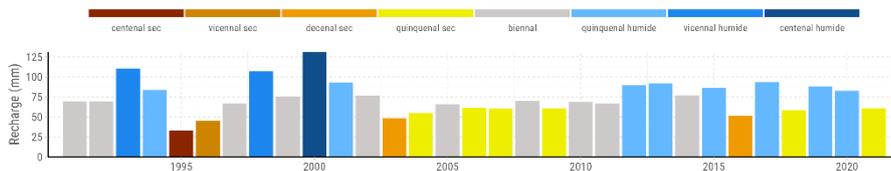
Les *plus élevées* concernent les années hydrologiques *1992-1993 à 1994-1995, 1998-1999, 2000-2001 à 2002-2003, 2012-2013 et 2013-2014*, ainsi que *2017-2018 et 2019-2020.*

Il est intéressant de constater qu'on retrouve de *grands cycles de recharge en lien, pour une grande majorité d'entre-eux, avec la présence d'une cyclicité pluriannuelle marquée* malgré la présence également présente d'une *cyclicité plutôt annuelle avec une forte sensibilité aux évènements climatiques annuels.*

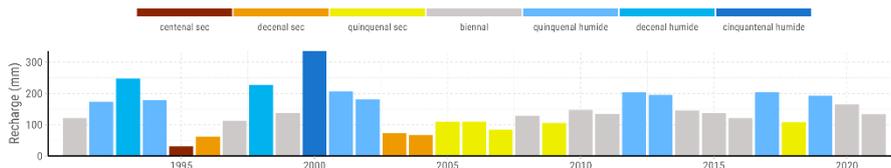
Les deux figures suivantes illustrent la variabilité des résultats obtenus selon les méthodes mises en œuvre pour les deux stations analysées, ainsi qu'une corrélation entre les typologies qui reste satisfaisante.

Typologie de la recharge (Période d'analyse : Mai à octobre)
SAGE Scarpe aval - E236741001 Le courant de Coutiches à Flines-lez-Raches

GARDENIA



SAFRAN



WALLINGFORD

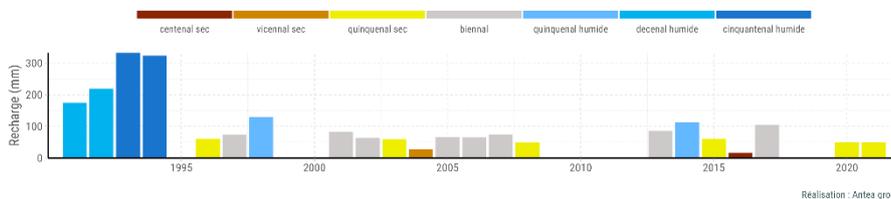
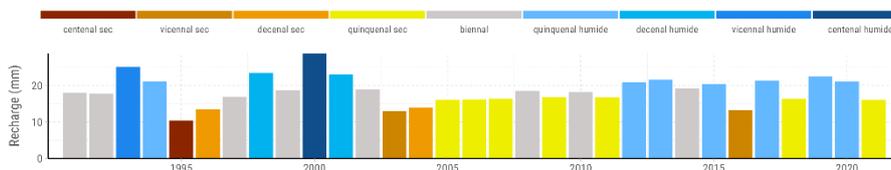


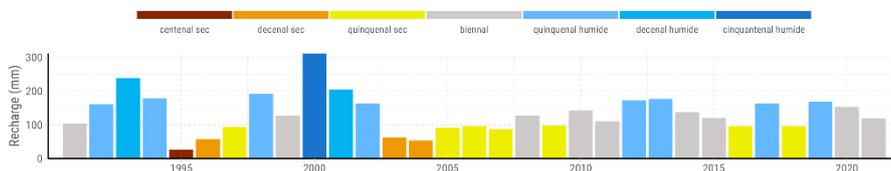
Figure 30 : Comparaison des résultats des calculs de recharges entre les différentes méthodes utilisées pour la station sur le Courant de Coutiches à Flines-lez-Raches

Typologie de la recharge (Période d'analyse : Mai à octobre)
SAGE Scarpe aval - E237601001 Le courant de l'Hôpital à Bousignies

GARDENIA



SAFRAN



WALLINGFORD

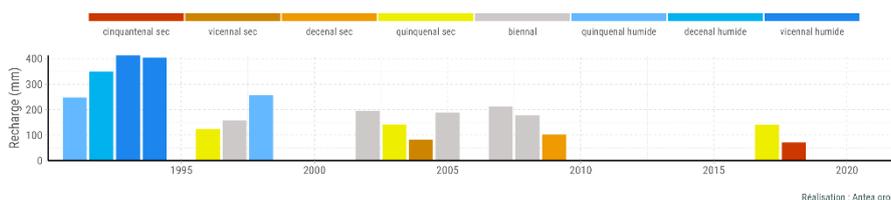


Figure 31 : Comparaison des résultats des calculs de recharges entre les différentes méthodes utilisées pour la station sur le courant de l'Hôpital à Bousignies

4.2.2 Estimation de la recharge finale à l'échelle du SAGE de la Scarpe aval

On rappelle ici, compte tenu de l'analyse des observations issues des calculs de recharge pour les stations modélisées, que *l'évaluation des recharges* pouvant être faite *sur le territoire du SAGE* s'appuie sur les *seuls résultats issus de SIM2*.

La *recharge* générale sur l'ensemble de la surface du SAGE est ainsi établie *en considérant la valeur SIM2* de recharge globale, seule donnée disponible à cette échelle, qui ressort légèrement inférieure à celle obtenue sur les deux stations modélisées.

Comparaison des résultats SAFRAN à l'échelle du SAGE et de la station hydrométrique d'intérêt

Résultats de la recharge (OctMai) - SAGE Scarpe aval

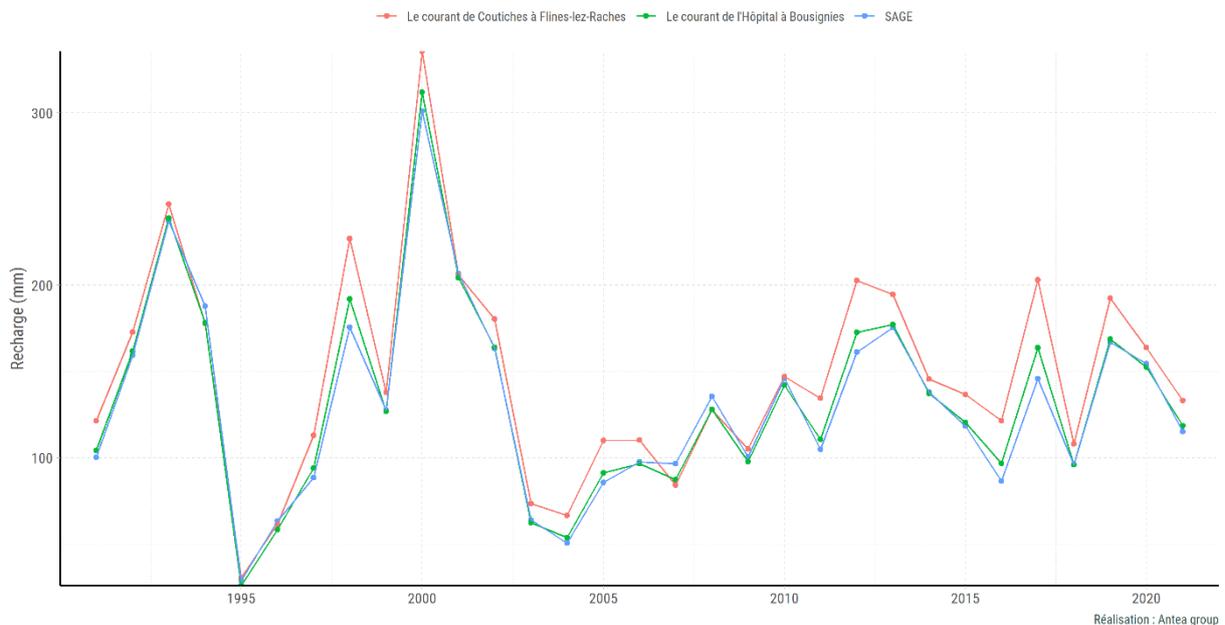


Figure 32 : Comparaison des résultats des calculs de recharges SIM2 de l'ensemble du SAGE avec ceux des stations hydrologiques

Concernant l'évaluation de la recharge des formations crayeuses présentes sous les formations de l'Eocène, celle-ci est établie à partir des résultats issus de SIM2 mais qui doivent être pondérés par une surface de craie alimentée notamment au travers des faciès de recouvrement.

En effet, une étude réalisée 1991 par le BRGM¹⁹ a permis de mettre en évidence la *présence d'échanges par drainance* entre les différents réservoirs présents au droit du bassin d'Orchies, avec identification d'écoulements des sables tertiaires (présents sur 96 % de la surface du territoire) vers la nappe de la craie. *L'importance de ces échanges*, dépendant de la nature de ces faciès de recouvrement et de leur épaisseur *a été estimée* dans le cadre de cette étude. Ces éléments sont *intégrés dans le cadre de la présente étude* pour la détermination de cette surface « équivalente ».

¹⁹ Etude et synthèse hydrogéologique du Bassin d'Orchies – CLEVENOT, DENUOT, JOURDAIN – Rapport R 33 097 NPC 4S 91

Echelle d'analyse	Le courant de Coutiches à Flines-lez-Raches Surface de craie équivalente sur le bassin versant : $\cong 24 \text{ km}^2$	Le courant de l'Hôpital à Bousignies Surface de craie équivalente sur le bassin versant : $\cong 30 \text{ km}^2$	Ensemble du SAGE de la Scarpe aval Surface de craie équivalente : $\cong 286 \text{ km}^2$
Lame d'eau de recharge (1 année sur 2)	62 mm (SIM 2)	58 mm (SIM 2)	<i>58 mm (pondération par la surface de craie équivalente réalimentée sur le SAGE)</i>
Equivalence en Mm^3 pour la recharge (1 année sur 2)	3 Mm^3 (SIM 2)	4 Mm^3 (SIM 2)	<i>36 Mm^3 (pondération par la surface de craie équivalente réalimentée sur le SAGE)</i>
Lame d'eau de recharge quinquennale sèche (1 année sur 5 sec ou 8 années sur 10)	47 mm (SIM 2)	43 mm (SIM 2)	<i>43 mm (pondération par la surface de craie équivalente réalimentée sur le SAGE)</i>
Equivalence en Mm^3 pour la recharge quinquennale sèche (1 année sur 5 sec ou 8 années sur 10)	2 Mm^3 (SIM 2)	3 Mm^3 (SIM 2)	<i>27 Mm^3 (pondération par la surface de craie équivalente réalimentée sur le SAGE)</i>

5 Synthèse des prélèvements effectués sur le territoire du SAGE

5.1 Données disponibles et hypothèses prises en compte

Les données mobilisées dans cette approche s'appuient sur les *données fournies par la BNPE et les données de l'agence de l'eau Artois-Picardie* après analyse des rapprochements. La *qualité de l'analyse* faite reste fortement *dépendante de la disponibilité et de la justesse de ces données*, avec une fiabilité qui s'améliore au fil des années.

Quelques points à signaler, impactant l'analyse :

- Les prélèvements au sein des canaux, de même que ceux éventuels, relatifs au refroidissement industriel, ne sont pas intégrés dans l'analyse.
- Les données relatives aux prélèvements industriels (IND), agricoles (IRR) et AEP sont disponibles sur la période 1982 à 2021.
- L'approche déployée n'intègre également pas les échanges entre la nappe et les systèmes de canaux de VNF. Les échanges menés avec VNF ainsi que les études réalisées à ce jour montrent qu'une telle évaluation reste difficilement quantifiable.
- Enfin, les prélèvements analysés dans le cadre du projet concernent les prélèvements bruts connus. Ils n'intègrent pas les éventuels retours dans la nappe ou les cours d'eau (fuites de réseau en eau potable et industrie, retours du fait des rejets des stations d'épuration) et considèrent que l'intégralité des prélèvements agricoles sont consommés par les plantes, sans retour vers la nappe.

Ces deux dernières observations sont relatives à des phénomènes limités en importance sur le territoire compte tenu de la présence du recouvrement éocène sur les formations crayeuses, sauf à considérer les phénomènes de drainance pouvant survenir entre la nappe des sables du Landénien d'Orchies vers la craie sous-jacente.

5.2 Bilan sur les volumes annuels prélevés sur l'ensemble du SAGE

L'évolution des volumes prélevés sur la période 1991-2022 pour les eaux superficielles d'une part, les eaux souterraines d'autre part, tous usages et toutes masses d'eau confondus est la suivante :

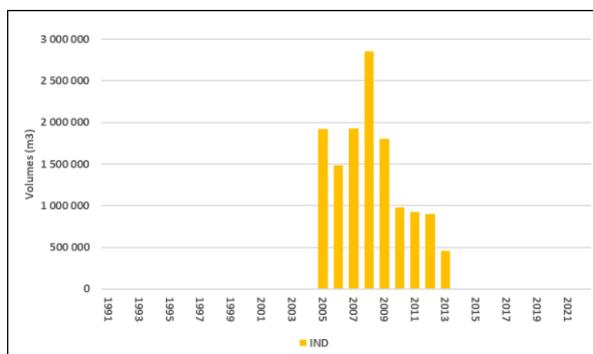


Figure 33 : Evolution des prélèvements en eaux superficielles toutes masses d'eau confondues

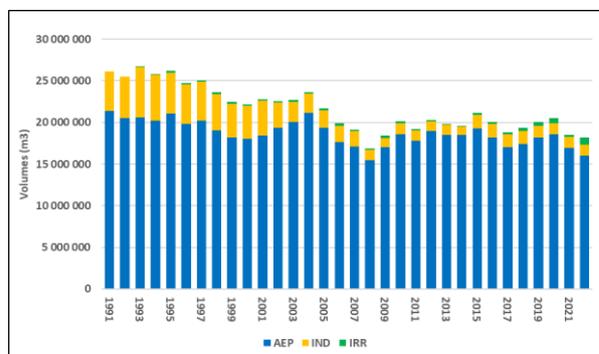


Figure 34 : Evolution des prélèvements en eaux souterraines toutes masses d'eau confondues

Les *volumes totaux prélevés sur l'ensemble du territoire du SAGE* s'établissent aux environs de **22 Mm³** en moyenne sur la période 1991-2022.

Sur cette période, la répartition est la suivante :

- 5,3 % en eaux superficielles, sachant qu'on ne dispose de données recensées que sur la période 2005-2013.
- 94,7 % en eaux souterraines.

L'évolution des volumes prélevés sur la période 1991-2022 traduit :

- Des volumes prélevés fluctuants en *eau superficielle* sur la période 2005-2009, uniquement en eaux industrielles (SURCHISTES à Warlaing) avec une moyenne aux environs de 2 Mm³, avec un maximum atteint en 2008 (2,850 Mm³). De 2009 à 2013, les prélèvements sont fortement réduits (de 1,8 Mm³ en 2009 à 455 000 m³ en 2013). Plus aucun prélèvement n'est recensé à partir de 2014.
- Des volumes prélevés en *eau souterraine* marqués par une tendance globale à la baisse entre 1991 et 2008, avec des fluctuations importantes selon les années (26 Mm³ en moyenne sur 1991-1995, minimum atteint en 2008 avec près de 17 Mm³). Depuis 2008, les prélèvements se stabilisent aux environs de 19,5 Mm³, dans une fourchette de valeur comprise entre 18,2 et 21,2 Mm³.
- L'évolution par usages, pour les eaux souterraines, est la suivante :
 - o Une tendance générale à la baisse sur toute la période, avec des fluctuations selon les années (maximum de 21,4 Mm³ en 1991, minimum de 15,5 Mm³ en 2008 et 16 Mm³ en 2022).
 - o Des prélèvements à usage industriel en baisse constante jusqu'en 2007, passant de plus de 6 Mm³ 1993 à 1,8 Mm³ en 2007. Depuis 2007, ces prélèvements se stabilisent aux environs de 1,3 Mm³ dans une fourchette comprise entre 1 Mm³ en 2014 et 1,7 Mm³ en 2016.
 - o Des prélèvements à usage agricole qui apparaissent limités en volume avec moins de 1 Mm³ recensés, mais qui présentent une tendance à l'augmentation qui s'accélère sur les années récentes : moins de 300 000 m³ jusqu'en 2017, 655 000 m³ en 2020 et 870 000 m³ en 2022.

Les points de prélèvements se répartissent sur tout le territoire (cf. Figure 37), avec cependant une densité sensiblement plus élevée au droit de la moitié Sud, où les formations crayeuses apparaissent moins profondes et plus productives, avec présence de prélèvements agricoles (alors qu'ils sont absents en partie Nord).

La répartition des volumes mis en œuvre pour chaque point de prélèvement est marquée, pour les plus importants, par ceux situés en vallée de la Scarpe, avec une forte représentation à usage AEP, dans les secteurs de Douai, Pecquencourt, Valenciennes, Marchiennes et Wandignies-Hamage (cf. Figure 38).

La quasi-totalité de ces prélèvements en *eau souterraine* s'effectue en volume *au sein des formations crayeuses*.

Sur la période 1991 à 2022, la répartition moyenne entre les usages des *prélèvements à la craie* en *eaux souterraines* (pour une moyenne annuelle de près de 21,4 Mm³) est la suivante :

- 87 % pour l'AEP (90 % pour 2022).
- 12% pour l'industrie (8 % pour 2022).
- Moins de 1 % pour l'agriculture (3 % pour 2022).

5.3 Bilan sur les volumes prélevés sur la période Mai à Octobre

L'évolution des volumes prélevés sur la période 1991-2022 pour les eaux superficielles d'une part, les eaux souterraines d'autre part, sur la *période Mai à Octobre*, tous usages et toutes masses d'eau confondus est la suivante :

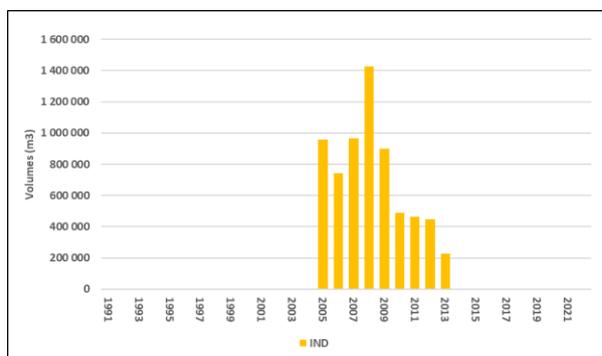


Figure 35 : Evolution des prélèvements en eaux superficielles sur Mai à Octobre toutes masses d'eau confondues

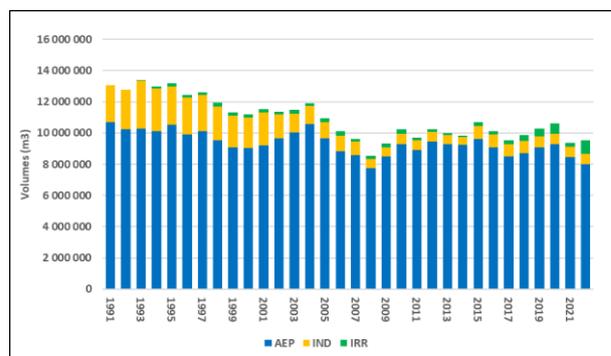


Figure 36 : Evolution des prélèvements en eaux souterraines sur Mai à Octobre toutes masses d'eau confondues

Sur la période 1991-2022, on retrouve une dynamique de prélèvements sensiblement identique à celle mise en évidence pour l'ensemble de l'année, la différence portant sur les volumes mis en jeu et leur répartition selon les usages.

Ainsi, les *volumes prélevés sur Mai à Octobre sur l'ensemble du territoire du SAGE* s'établissent aux environs de **11 Mm³ en moyenne**, soit **51 % des prélèvements annuels** sur cette même période.

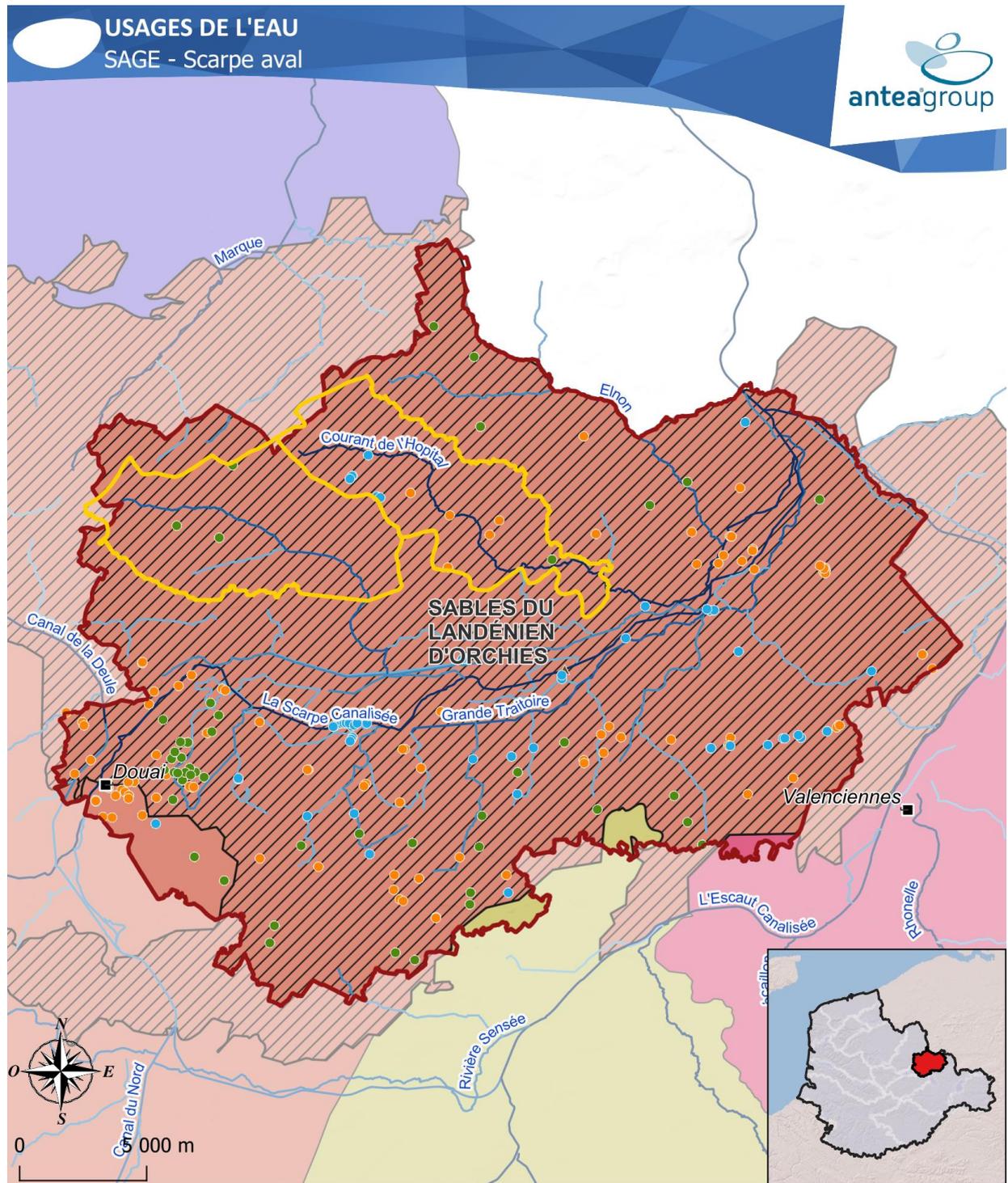
La répartition correspondante est la suivante :

- Près de 1,9 % en eaux superficielles (17,2 % des prélèvements annuels), connus sur 2005-2013.
- Près de 98,1 % en eaux souterraines, (58,5 % des prélèvements annuels).

La répartition entre les usages en *eaux souterraines*, pour les *prélèvements* effectués à la *craie*, (pour une moyenne annuelle de près de 10,8 Mm³) est la suivante sur la période 1991-2022 :

- 86 % pour l'AEP (87 % pour 2022).
- 12 % pour l'industrie (7,4 % pour 2022).
- Moins de 2 % pour l'agriculture (5,3 % pour 2022).

Compte tenu de la relative stabilité des prélèvements en eau effectués à la craie (malgré une baisse sensible de 1991 à 2008, plus stables depuis), *l'essentiel de l'analyse* réalisée dans le cadre de cette étude porte sur la *période complète 1991 à 2022*.



Légende :

- Villes principales
- ▭ SAGE
- ▭ Bassin modélisé

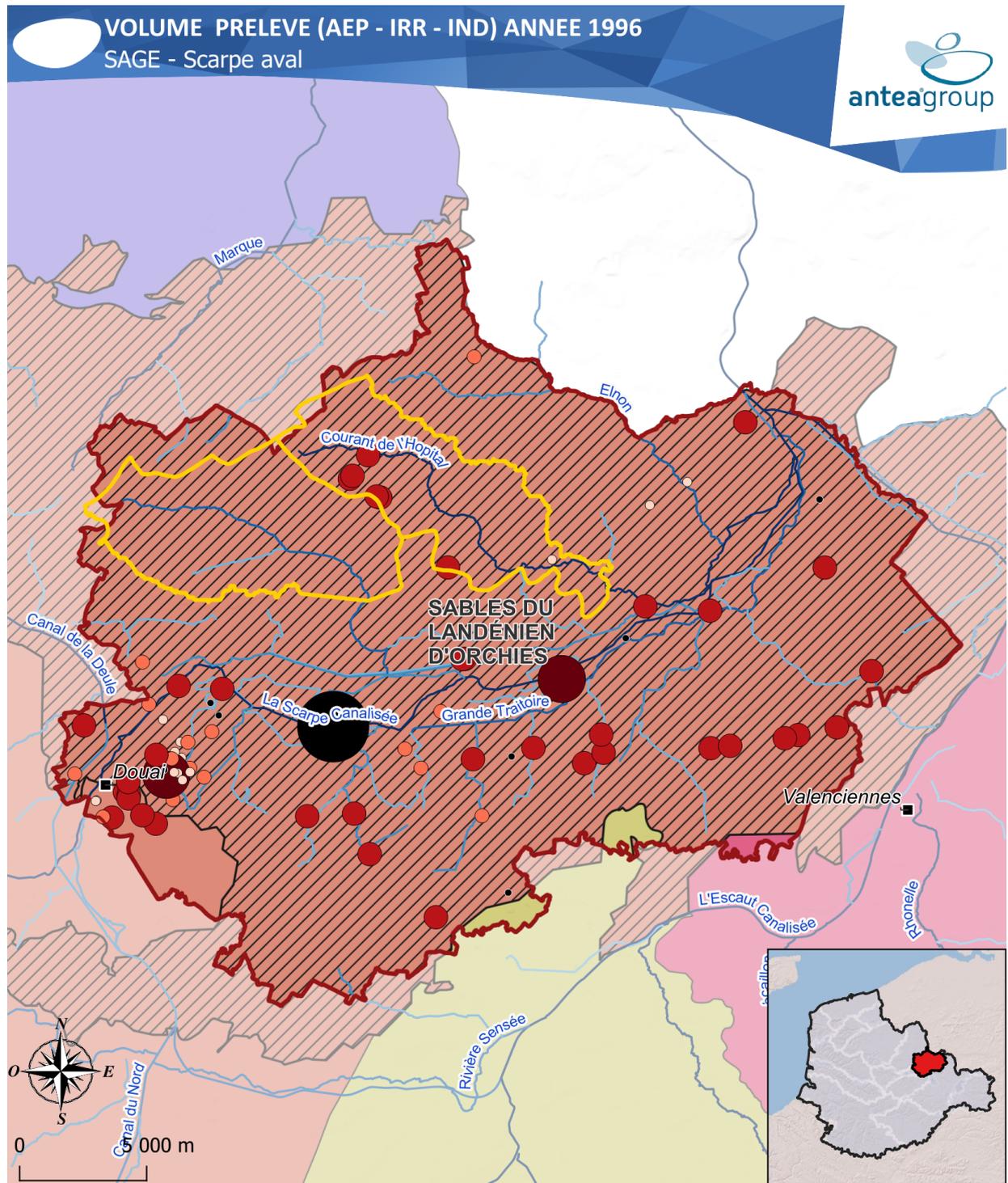
Typologie des usages

- ESO - Autres usages économiques
- ESO - Eau potable
- ESO - Irrigation

- ▲ ESU - Autres usages économiques
- ▲ ESU - Eau potable
- ▲ ESU - Irrigation

Sources : BanqueHydro, AEAP, Bd Charm-50, Bd Carthage.

Figure 37 : Répartition des points de prélèvements sur le territoire du SAGE avec identification des usages



Légende :

- | | | | |
|----------------------|----------------------|--------------------------|---------------|
| ■ Villes principales | Volumen prélevé (m3) | ● 17 000 - 60 000 | ● > 3 000 000 |
| ▭ SAGE | ● 0 - 1 000 | ● 60 000 - 1 000 000 | |
| ▭ Bassin modélisé | ● 1 000 - 5 000 | ● 1 000 000 - 3 000 0000 | |
| | ● 5 000 - 17 000 | | |

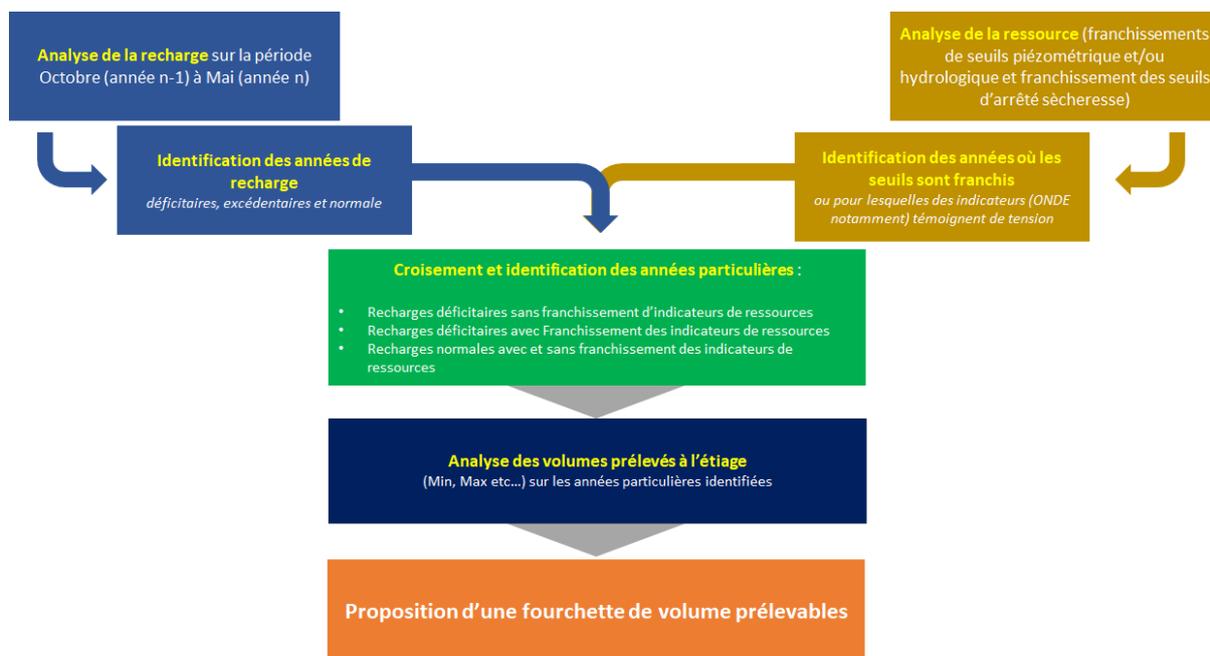
Sources : BanqueHydro, AEAP, Bd Charm-50, Bd Carthage.

Figure 38 : Répartition de l'importance des volumes AEP, industriels et agricoles prélevés sur le territoire du SAGE (année 1996 toutes ressources confondues – hors canaux et refroidissements industriels)

6 Estimation de l'enveloppe de volumes mobilisables provisoires

6.1 Approche méthodologique déployée pour la définition des volumes mobilisables

L'approche méthodologique repose sur une *analyse de l'historique* des observations sur la ressource et les prélèvements. La logique d'analyse suivante a été suivie pour la définition finale des enveloppes de volumes mobilisables provisoires.



6.2 Fourchettes de volumes mobilisables provisoires proposées (VP)

L'analyse a été établie en considérant les prélèvements effectués sur l'ensemble de la *période 1991 à 2022*.

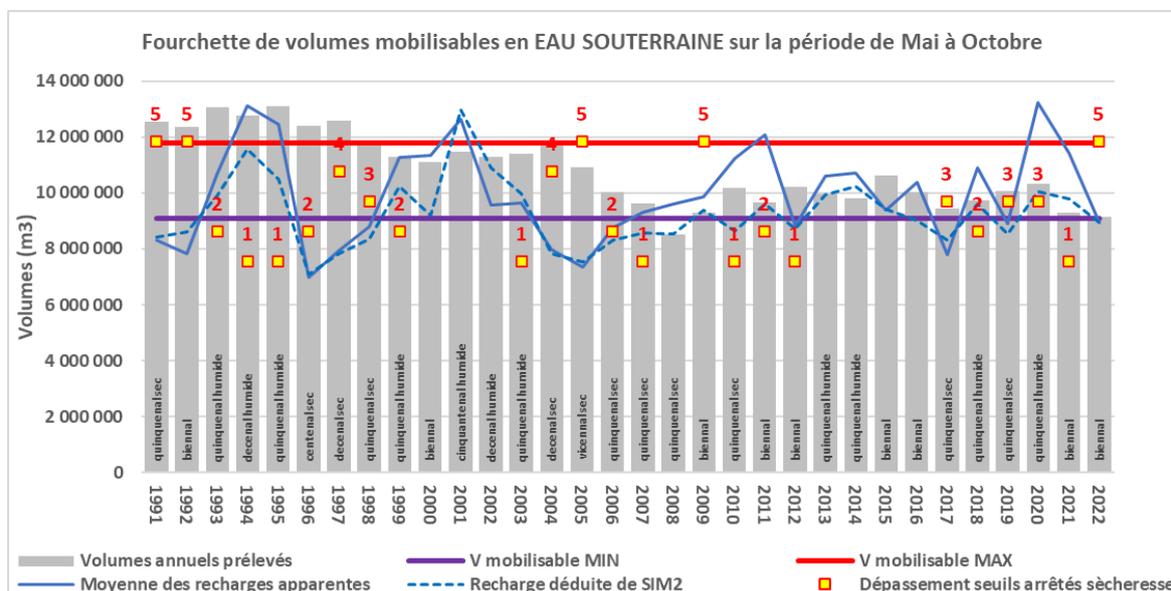
Période et ressource concernée	Fourchette proposée	Equivalent en % de d'une recharge normale (biennale)	Equivalent en % de d'une recharge quinquennale sèche
VP en eaux souterraines sur la <u>période de basses eaux</u>	Entre 9,1 et 11,8 Mm3	Entre 25 et 32 %	Entre 34 et 44 %
VP en eaux souterraines sur la <u>période annuelle</u>	Entre 17,8 et 23,5 Mm3	Entre 49 et 64 %	Entre 67 et 88 %
VP en eaux de surface sur la <u>période de basses eaux</u>	Pas de prélèvements en eau superficielle identifiés au droit des formations crayeuses		
VP en eaux de surface sur la <u>période annuelle</u>			
VP toutes ressources confondues sur la <u>période de basses eaux</u>	Entre 9,1 et 11,8 Mm3	Entre 25 et 32 %	Entre 34 et 44 %
VP toutes ressources confondues sur la <u>période annuelle</u>	Entre 17,8 et 23,5 Mm3	Entre 49 et 64 %	Entre 67 et 88 %

6.2.1 Analyse pour les eaux souterraines vis-à-vis des observations historiques

Remarque préliminaire : compte tenu de *l'absence de prélèvements en eau superficielle* au droit des formations crayeuses d'une part, de la *pertinence limitée de la station hydrologique de référence* pour l'identification des franchissements de seuils d'arrêt sécheresse par rapport à l'analyse ciblée sur les formations crayeuses (*Le courant de Coutiches à Flines-lez-Raches* avec un bassin versant uniquement marqué par le recouvrement par les formations de l'Eocène), l'analyse s'appuie uniquement sur les indicateurs de franchissements de seuils piézométriques.

Les *fourchettes basses* en *eaux souterraines* ($9,1 \text{ Mm}^3$ à l'étiage et $17,8 \text{ Mm}^3$ annuellement) correspondent à un niveau de volume prélevé de **2021, année de recharge normale qui faisait suite à une année quinquennale humide**, pour laquelle on constate une amélioration généralisée des franchissements de seuils des différents indicateurs piézométriques (disparition des franchissements des HMNA₅, net amélioration des franchissements de seuils d'arrêt sécheresse piézométriques). On notera que les années 2009 et 2022, avec des prélèvements légèrement supérieurs à $9,1 \text{ Mm}^3$, années de recharge également normales, présentent des franchissements de seuils d'arrêt sécheresse piézométriques importants (niveau de crise atteint) pour deux piézomètres. Ce qui laisse à penser que les niveaux de prélèvements sur ces deux années se situent sensiblement au-delà de la limite inférieure pouvant être acceptée.

Les *fourchettes hautes* ($17,8 \text{ Mm}^3$ à l'étiage et $23,5 \text{ Mm}^3$ annuellement) correspondent à l'année **1998**, année de *recharge quinquennale sèche, faisant suite à 3 années de recharge particulièrement faibles*, avec persistance de franchissements de seuils piézométriques d'arrêt sécheresse. On peut également signaler l'année 2004 avec un niveau de prélèvement sensiblement similaire, consécutive à une année plus humide. Les franchissements de seuils piézométriques importants d'arrêt sécheresse sur cette année tendent à montrer un niveau de prélèvement trop important.



²⁰ Les dépassements de seuils arrêtés sécheresse sont définis de la façon suivante :

- 1 lorsque seul le seuil de vigilance d'arrêt sécheresse hydrologique ou piézométrique a été dépassé au moins une fois dans l'année sur l'un des ouvrages de référence
- 2 lorsque seul le seuil de vigilance renforcée d'arrêt sécheresse hydrologique ou piézométrique a été dépassé au moins une fois dans l'année sur l'un des ouvrages de référence

Ce qui se traduit annuellement de la manière suivante :

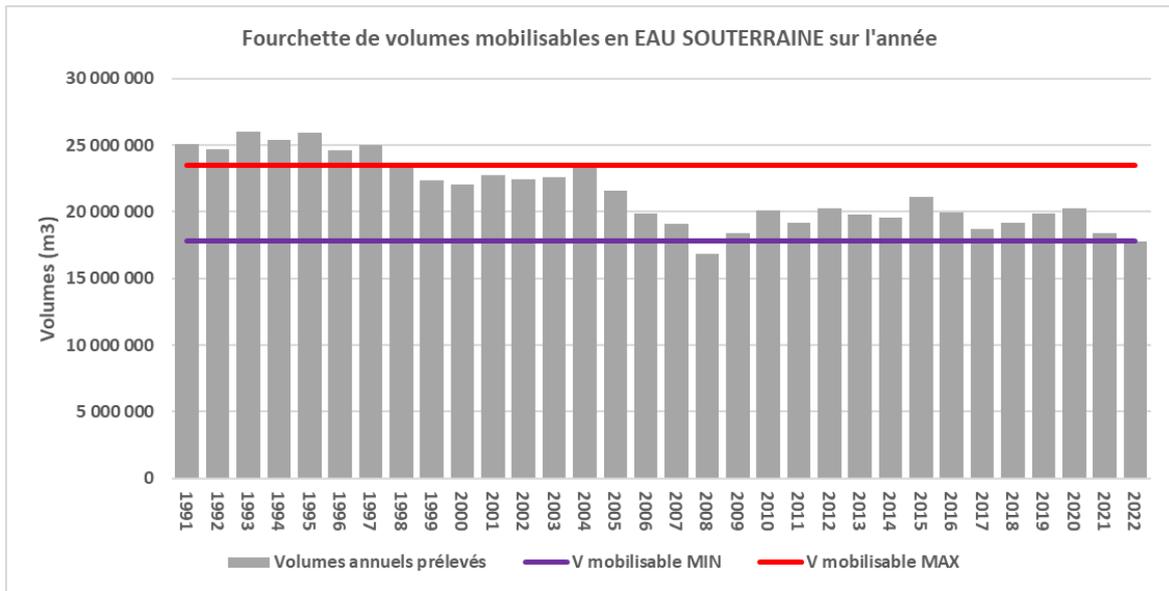


Figure 40 : Positionnement des volumes prélevés en eau souterraine sur l'ensemble de l'année avec les volumes mobilisables définis annuellement (hors canaux et refroidissement industriel)

6.2.2 Analyse pour les eaux de surface vis-à-vis des observations historiques

Comme indiqué précédemment, pour ce qui concerne les *eaux superficielles* :

- Les *données fragmentaires de prélèvements* au sein des *eaux superficielles* (limitées à 2005-2013),
- La *présence des recouvrements généralisés de formations de l'Eocène* surmontant les formations crayeuses, qui conduisent à considérer les *indicateurs sur les eaux superficielles* comme *peu représentatifs de la nappe de la craie*,

ne permettent pas de mettre en relation les prélèvements et les situations hydrologiques des années correspondantes.

En conséquence, *il n'est pas proposé de volumes pour les eaux superficielles, la méthodologie paraissant peu adaptée pour cette analyse.*

-
- 3 lorsque seul le seuil d'alerte d'arrêtée sécheresse hydrologique ou piézométrique a été dépassé au moins une fois dans l'année sur l'un des ouvrages de référence
 - 4 lorsque seul le seuil d'alerte renforcée d'arrêtée sécheresse hydrologique ou piézométrique a été dépassé au moins une fois dans l'année sur l'un des ouvrages de référence
 - 5 lorsque seul le seuil de crise d'arrêtée sécheresse hydrologique ou piézométrique a été dépassé au moins une fois dans l'année sur l'un des ouvrages de référence

6.3 Incidence des volumes mobilisables définis vis-à-vis des prélèvements actuels sur le territoire en périodes de Mai à Octobre

Pour les eaux souterraines, la définition des seuils définis positionnerait les années 1991 à 1998, ainsi que l'année 2004 avec des prélèvements au-delà du seuil maximum proposé. In fine, cela représente près de 26 % des années depuis 1991 (9 années au total).

Les années positionnées entre le seuil bas et le seuil haut de la fourchette représente 22 années depuis 1991 (71 % des années depuis 1991). Les années de prélèvement entre ces seuils se retrouvent de 1999 à 2003, 2005 à 2007 ainsi que de 2009 à 2022.

Seule, l'année 2008 se présente avec un volume prélevé « en deçà du seuil minimum proposé ».

Nous retiendrons dans l'analyse conduite, qui s'appuie sur les volumes prélevés identifiés et déclarés auprès de l'Agence de l'Eau, que les volumes prélevés en matière d'irrigation tendent à croître de manière régulière sur les dernières années (notamment depuis 2017, exception faite de 2021), en eau souterraine. Bien qu'il existe certainement des effets de demande en eau en lien avec les conditions climatiques, il peut également être supposé une meilleure connaissance des volumes effectivement prélevés sur les années plus récentes.

Répartition des années en fonction des volumes en eaux souterraines prélevés à la craie à l'été

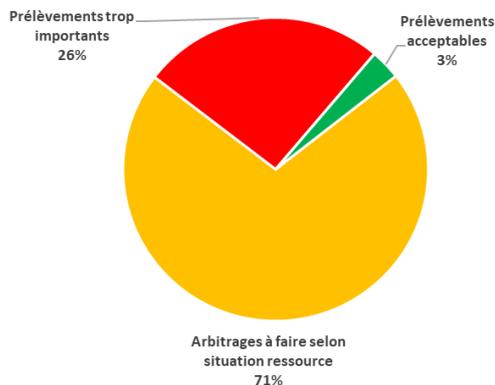


Figure 41 : Pourcentage de répartition des années au regard des seuils proposés, en fonction des volumes prélevés à la craie sur Mai à Octobre en eaux souterraines

6.4 Examen des volumes prélevés de Mai à Octobre en eaux souterraines à la craie au regard de la recharge

On rappelle ici pour mémoire, que la fourchette de volume mobilisable provisoire proposée en eau souterraine, en été (entre 9,1 et 11,8 Mm³), représente entre 25 et 32 % d'une recharge hivernale normale (biennale) et entre 34 et 44 % d'une recharge hivernale quinquennale sèche.

Celle proposée sur l'ensemble de l'année (entre 17,8 et 23,5 Mm³), représente entre 49 et 64 % d'une recharge hivernale normale (biennale) et entre 67 et 88 % d'une recharge hivernale quinquennale sèche.

Le ratio des prélèvements annuels en eaux souterraines à la craie apparaît ainsi nettement supérieur à 20 % de la recharge hivernale sur l'ensemble des années. Le ratio des prélèvements en basses eaux dépasse quant à lui 10 % de la recharge hivernale sur l'ensemble de la période. Seule l'année 2001

présente un ratio inférieur à 15% à laquelle s'ajoutent les années 1994, 2002 et 2014 pour un ratio inférieur à 20 %.

On rappellera pour mémoire que le ratio de 15 % peut constituer, au titre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), une référence pour l'évaluation de l'état quantitatif des masses d'eau souterraines en domaine sédimentaire (hors aquifères alluvionnaires et karstiques) pour les masses d'eau affichant une tendance à la baisse.

On note ainsi, en règle générale, des prélèvements globalement importants sur l'essentiel de la période 1991 à 2022 au regard de la recharge annuelle de la nappe estimée au droit du SAGE.

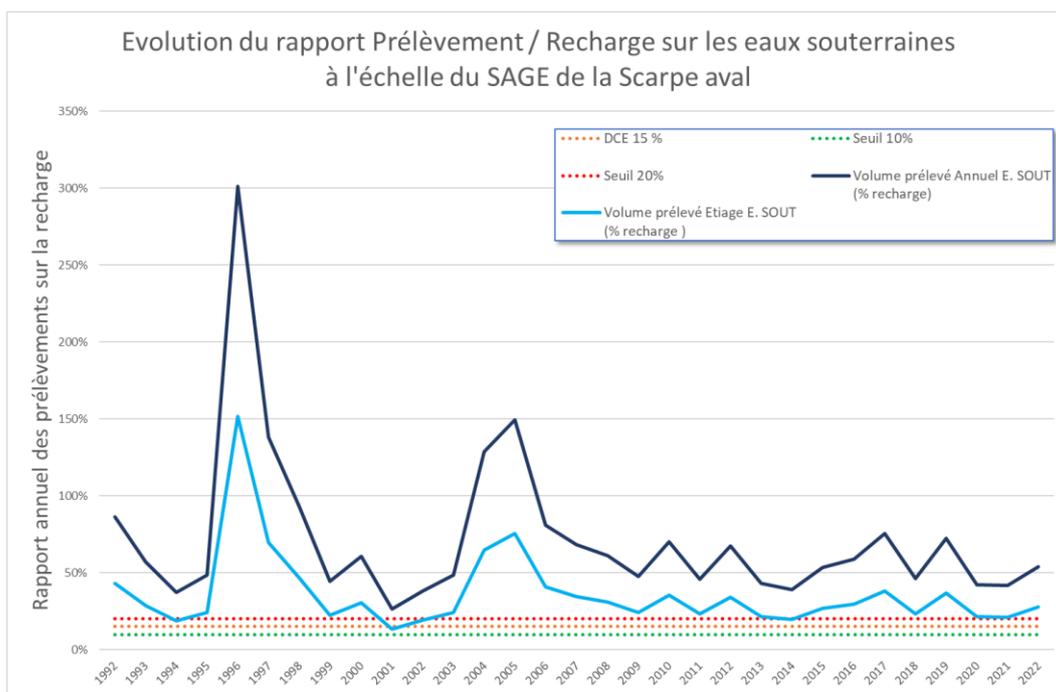


Figure 42 : Positionnement des fourchettes de volumes prélevables proposés en eau souterraine avec l'historique des prélèvements d'Octobre à Mai (hors canaux et refroidissement industriel)

7 Perspectives et évolutions

7.1 Quant à la précision et la complétude des données

- *Maintien en l'état du réseau* de surveillance existant (pour éviter au maximum les lacunes de données pour les nombreux ouvrages présents sur le territoire).
- Disposer des *données mensuelles des volumes prélevés pour l'alimentation en eau potable et à usage industriel*, sur l'ensemble des producteurs et/ou utilisateurs.
- Renforcer *l'identification et les volumes agricoles prélevés*, y compris pour les volumes limités (bien que cet usage semble rester limité à l'heure actuelle sur le territoire).
- Disposer, si cela s'avère nécessaire, d'une connaissance plus précise des relations entre la Scarpe canalisée et le Canal à Grand Gabarit avec les différents cours d'eau ou dérivations voisines (débits, transferts d'eau), avec une estimation, bien que difficile à évaluer, des pertes potentielles pouvant intervenir.

7.2 Vis-à-vis de la surveillance et de la gestion des unités sècheresse

- Piézométrie :
 - o Un *nombre assez important de piézomètres s'adressant à la craie* est présent sur le territoire, mais seulement 18 d'entre eux présentent plus de 10 années de mesures sur la période 1991-2022, nombre qui se réduit à 4 disposant d'une complétude moyenne annuelle supérieure à 30 %. On note cependant que 3 de ces piézomètres contribuent à la définition des franchissements de seuils d'arrêtés sècheresse, ce qui paraît représentatif. On rappelle également que la plupart de ces piézomètres présentent une cyclicité pluri-annuelle avec une sensibilité aux évènements climatiques annuels plus ou moins marquée, rendant ainsi délicate l'appréciation de la recharge annuelle de la nappe.
 - o *Proposition* peut être faite d'*inclure ou de créer*, dans le réseau de suivi, *quelques piézomètres complémentaires* afin de renforcer ce réseau, ce qui permettra de disposer d'une meilleure vision générale de la situation piézométrique de l'ensemble de la masse d'eau sous recouvrement et de mettre en évidence d'éventuels ouvrages, en partie Sud du SAGE, présentant une cyclicité plutôt annuelle (plus représentative de la situation annuelle de la recharge de la masse d'eau).
 - ⇒ Essentiel dans le cadre d'une gestion dynamique fortement conseillée.
- Hydrologie :
 - o La présence de seulement *4 station hydrométriques* encore actives sur le territoire, dont certaines sont assez récentes. Ces stations présentent toutes des bassins versants caractérisés par un recouvrement par les formations superficielles de l'Eocène qui surmontent les formations crayeuses plus profondes, et ne sont donc *pas représentatives en basses eaux de la recharge de la nappe de la craie*.
 - o C'est le cas en particulier de la station prise comme station de référence pour la détermination des seuils de franchissement des arrêtés sècheresse : *Le courant de*

Coutiches à Flines-lez-Raches qui apparaît ainsi *plus représentative* des écoulements de la masse d'eau des *Sables du Landénien d'Orchies* que de celle de la Craie des vallées de la Scarpe et de la Sensée.

7.3 Sur les méthodes mises en œuvre pour les prochaines études de volumes prélevables

Les *méthodes utilisées* dans le cadre de l'étude (à l'exclusion de *WALLINGFORD* du fait des lacunes), fournissent des *résultats intéressants*, riches d'enseignement sur le *fonctionnement de l'hydrosystème crayeux*, mais également de celui moins stratégique des Sables du Landénien. En particulier, l'analyse faite sur les piézomètres à la craie permet *d'approcher l'estimation des volumes mobilisables provisoires pour les eaux souterraines sur cet aquifère*.

Elles connaissent cependant *des limites* :

- En raison de la présence identifiée d'une cyclicité pluriannuelle pouvant être importante voire prépondérante sur une grande partie du territoire, ce qui relativise les résultats obtenus.
- En raison de la situation captive à semi-captive de la nappe de la craie sous recouvrement des Sables du Landénien (non applicable dans ce cas car une partie de la recharge s'effectue en dehors du système sous recouvrement).
- Pour son application sur les ressources en eaux superficielles, la méthode ne paraissant pas adaptée, la mise en relation des prélèvements effectués avec les situations hydrologiques des années correspondantes étant délicate à mettre en œuvre et ne pouvant être rattachée à la masse d'eau crayeuse du fait du recouvrement par les formations de l'Eocène sur la quasi-totalité du territoire, des données de prélèvements en eau superficielle (variations importantes des volumes prélevés connus, faibles volumes concernés, de la complexité du réseau hydrologique (données précises sur les relations éventuelles entre la Scarpe canalisée et le Canal à Grand Gabarit avec le système hydrologique proche).

Du fait de ce contexte, *l'analyse de la recharge apparente des différents piézomètres présents paraît incontournable*. De même, la mise en œuvre d'une *modélisation hydrodynamique* de la craie, étendue à l'ensemble des territoire crayeux, en intégrant la partie captive présente sur le territoire du SAGE, permettra d'aborder la *gestion de l'hydrosystème* en termes de *disponibilité de la ressource* et de *gestion prévisionnelle*. La mise en œuvre de cette modélisation suppose cependant de disposer à la fois d'une *bonne connaissance* des *pressions* s'exerçant sur la ressource, de ses *paramètres hydrodynamiques* et des relations régissant les *échanges eaux superficielles et eaux souterraines*.

7.4 Pour les outils de gestion quantitative (gestion dynamique)

Une gestion dynamique annuelle est fortement conseillée du fait de la présence d'une cyclicité pluriannuelle importante de la nappe sur le territoire. La définition des volumes prélevables doit être envisagée sous l'angle volume maximum autorisé mais pouvant être abaissé par suite de situations climatiques ou de niveaux préoccupants observés avant la période estivale.