

Liste des annexes :

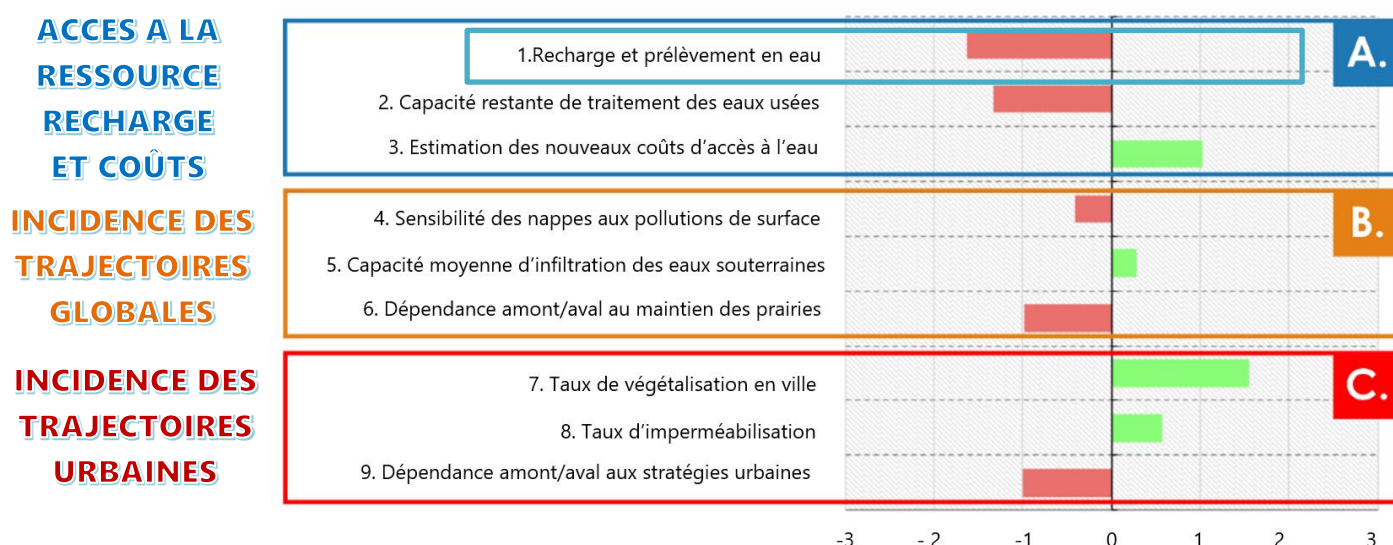
Liste des annexes :.....	1
Annexe 1 : Recharge et prélèvement en eau.....	2
Annexe 2 : Capacité restante de traitement des eaux usées	11
Annexe 3 : Estimation des coûts d'accès à l'eau en 2040.....	14
Annexe 4 : Sensibilité des nappes souterraines aux pollutions de surface.....	18
Annexe 5 : Capacité de recharge de l'aquifère crayeux.....	22
Annexe 6 : Dépendance aux dynamiques globales amont/aval de pertes de milieux et artificialisation	26
Annexe 7 : Dépendance aux dynamiques globales amont/aval d'artificialisation voisine	29
Annexe 8 : Taux d'imperméabilisation	32
Annexe 9 : Taux de végétalisation en ville.....	35

Annexe 1 : Recharge et prélèvement en eau

Cet indicateur est présenté en introduction de l'atlas cartographique. Il a permis de classer l'ensemble des sous-bassins versants en 4 groupes **de tension graduelle sur la ressource en eau souterraine** :

- > GROUPE 1 - TRES FORTE TENSION SUR LA RESSOURCE
- > GROUPE 2 - FORTE TENSION SUR LA RESSOURCE
- > GROUPE 3 - TENSION MOYENNE SUR LA RESSOURCE
- > GROUPE 4 - TENSION FAIBLE SUR LA RESSOURCE

Dans chaque carte d'identité, cet état quantitatif, apparaît sous le libellé « Recharge et prélèvement en eau » du bloc **A. Accès à la ressource, recharge et coûts** :



Méthode de calcul :

La méthodologie s'appuie sur le fichier redevance de l'Agence de l'Eau Artois Picardie, qui ne comptabilise que les prélèvements à usage non-domestique en eau souterraine, c'est-à-dire **supérieurs à 10 000 m³/an**.

3 catégories d'usages sont référencées :

- > AEP : Alimentation en Eau Potable ;
- > AUEco : Autre usage économique, assimilé à de l'activité industrielle ;
- > IRR : Prélèvement pour l'irrigation.

Afin de prendre en compte les données actuelles, deux volumes ont été pris en considération :

- > Le premier correspond au volume prélevé moyen, par usage, sur une période de 10 ans (2012 à 2021) au sein d'un même sous-bassin versant. Pour comptabiliser le volume par usage de l'année considérée, nous avons comptabilisé tous les prélèvements sur

l'année et en avons fait la somme pour un même usage [**Prelev_M10**].

> Le second correspond, sur la même base de calcul, au volume maximum prélevé annuel sur les 5 dernières années, par usage [**Prelev_Max 5ans**].

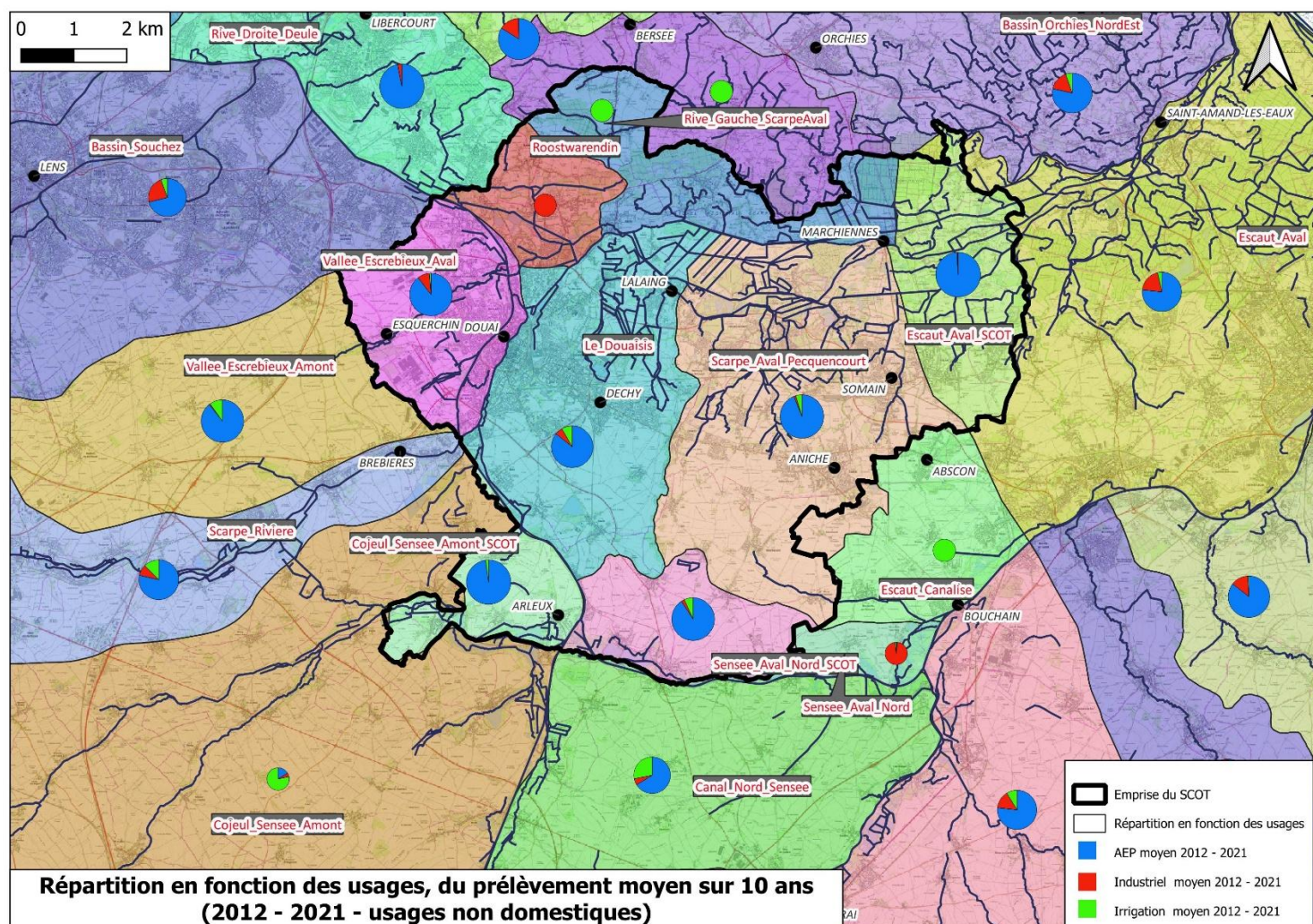
L'hypothèse de travail retient des prélèvements liés à l'AEP et aux activités industrielles globalement stables sur l'année, d'un mois sur l'autre. En revanche, pour l'irrigation, celle-ci se répartit en général d'avril à août, soit 5 mois sur l'année.

Afin de pouvoir comparer les prélèvements par usage entre eux, ont été comptabilisés, uniquement pour les eaux souterraines :

- Les 5/12 des prélèvements AEP [**Prelev_M10**] et [**Prelev_Max 5 ans**] ;
- Les 5/12 des prélèvements industriels [**Prelev_M10**] et [**Prelev_Max 5 ans**] ;
- La totalité du prélèvement en irrigation [**Prelev_M10**] et [**Prelev_Max 5 ans**].

Le comptage du prélèvement a été réalisé suivant le découpage des sous-bassins versants.

Figure 1 : Répartition en fonction des usages du prélèvement moyen sur 10 ans en eau souterraine (2012 à 2021 - 5/12 AEP et Industriels et totalité pour l'irrigation) par sous-bassin versant



Au droit de certains sous-bassins versants, comme Rive-Gauche-Scarpe Aval, ou Roost-Warendin, il n'y a aucun prélèvement AEP déclaré au sein de la nappe de la craie. Les

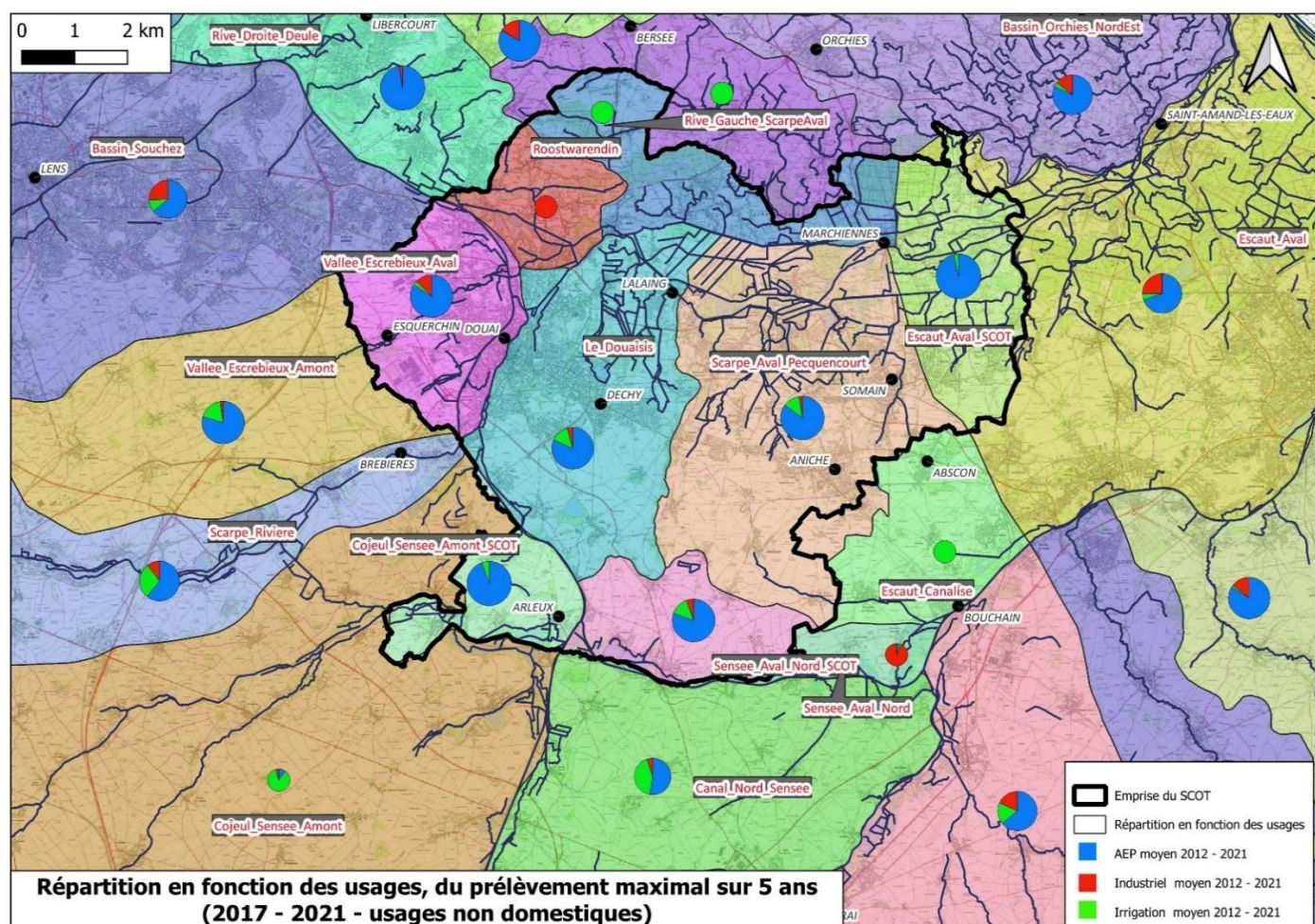
prélèvements sont très peu nombreux et ne concernent que des usages industriels ou agricoles (irrigation).

L'usage AEP prédomine en général dans les différents sous-bassins versants, à l'exception des suivants où l'irrigation devient prédominante :

- > Cojeul Sensée Amont ;
- > Rive gauche Scarpe aval.

L'année 2017 a été particulièrement sèche et a pu occasionner des prélèvements plus importants pour l'irrigation. C'est pourquoi le choix a été fait de comparer les volumes maximums prélevés sur les 5 dernières années disponibles (2017 à 2021) et leur répartition par usage.

Figure 2 : Répartition en fonction des usages du prélèvement maximum annuel sur les 5 dernières années (2017 à 2021, 5/12 AEP et industriels et totalité pour l'irrigation) par sous-bassin versant pour les eaux souterraines



Des changements importants sont constatés au droit de certains sous-bassins versants, comme Vallée Escrebieux Aval (réduction du prélèvement AEP sur Flers-en-Escrebieux) ou la montée en puissance de l'irrigation dans ceux cités ci-avant où elle prédominait déjà.

Le volume pour l'irrigation passe ainsi de 28 % à 42.6 % pour le sous-bassin versant canal Nord

Sensée en année sèche et de 23.5 % à 66 % pour celui du Canal de Saint-Quentin. Sur la vallée de l'Escrebieux Amont, il passe de 9.9 % à 18.2 %.

Pour mesurer l'état quantitatif des eaux souterraines (aquifère crayeux), **la recharge potentielle de la nappe de la craie par les précipitations pluviométriques a été calculée** (application de la méthodologie du BRGM – Bon état quantitatif) **par sous-bassin versant**.

L'Indice de Développement et de Persistance des Réseaux (IDPR) permet de rendre compte de façon indirecte de la capacité intrinsèque des formations géologiques présentes en surface ou sub-surface, à laisser infiltrer ou ruisseler les eaux de pluie. L'indice est constitué par comparaison du réseau hydrographique existant avec un réseau hydrographique reconstitué à partir des pentes. Il inclut donc l'impact de la topographie dans la partition de la pluie efficace.

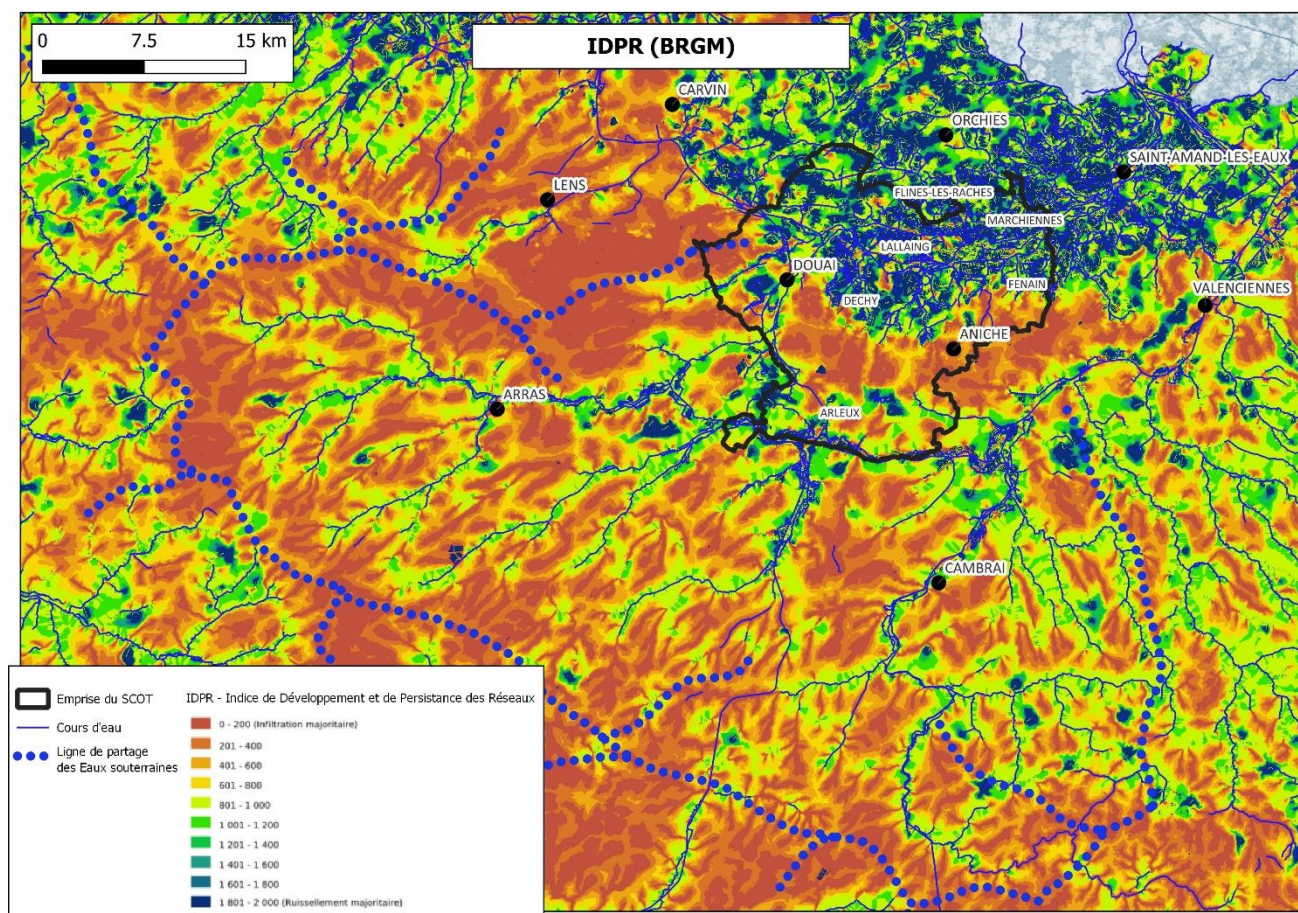
Ce paramètre vise à représenter l'impact, dans la partition des pluies efficaces, des formations géologiques présentes dans la zone non saturée, exception faite des aspects liés à la couverture pédologique. Par exemple, un sol perméable peut reposer sur une formation géologique imperméable : l'absence d'une protection de la nappe assurée par le sol peut être contrebalancée par une protection assurée par la nature de la zone non saturée (ZNS). C'est donc l'effet de la zone non saturée que l'on cherche à estimer au travers de ce paramètre.

L'IDPR est disponible en France sous forme de grille. Pour chaque sous-bassin versant, une valeur médiane de l'IDPR est calculée. L'IDPR est accessible via le site INFOTERRE du BRGM (<http://infoterre.brgm.fr/>). Nous l'avons reproduit sur la carte suivante :

Tableau 1 : Classes résultantes de l'exploitation de l'IDPR

Valeur de l'indice	IDPR	Infiltration
4	0 - 400	Infiltration majoritaire
3	400 - 800	
2	800 - 1200	
1	1200 - 1600	
0	1600 - 2000	Ruissellement majoritaire

Figure 3 : Capacité d'infiltration de la zone non-saturée : Indice de Développement et de Persistance des Réseaux



Source : BRGM

Le BRGM propose le tableau de correspondance suivant entre la valeur IDPR obtenue sur le sous-bassin versant étudié et le pourcentage infiltré des précipitations efficaces.

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

Les données exploitées sont celles de la station météofrance de Douai, au pas de temps quotidien. Les pluies efficaces ont été calculées sur une année hydrogéologique¹ en appliquant le bilan de Thornthwaite avec une Réserve Facilement Utilisable (RFU) maximum de 100 mm.

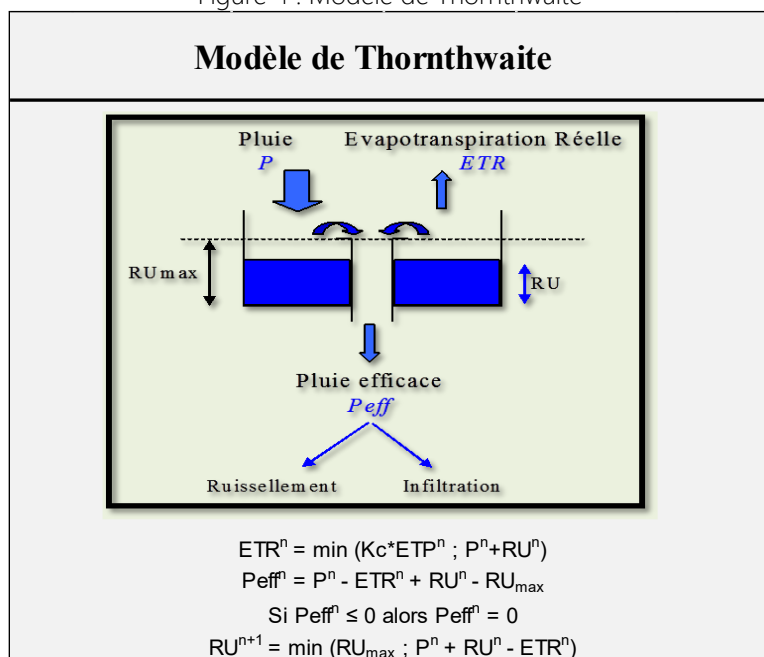
Cette méthode est basée sur la notion de Réserve en eau Facilement Utilisable (RFU).

Dans la présente hypothèse, il est admis que :

- Le sol est capable de **stocker une certaine quantité d'eau (la RFU)** ; cette eau peut être reprise pour l'évaporation par l'intermédiaire des plantes. La quantité d'eau stockée dans la RFU est bornée par 0 et RFU max (capacité maximale de la RFU suivant les sols et sous-sols considérés) ;
- Le pouvoir évaporant doit être satisfait avant qu'il y ait un écoulement ($E_{tp} = E_{tr}$, évapotranspiration réelle). Par ailleurs, le complément de la RFU est également prioritaire sur l'écoulement.

On établit ainsi un bilan à l'échelle quotidienne à partir de la pluie, de l'Etp journalière et de la RFU maximale.

Figure 4 : Modèle de Thornthwaite



Source : BRGM ESPERE-V2.44

¹ Année hydrogéologique : paramètres mesurés (pluie et ETP) du 01/08 de l'année i au 31/07 de l'année i+1 pour le calcul de l'année i+1

Figure 5 : Pluies efficaces sur la station de Douai en année hydrogéologique (RFUmax = 100 mm)

Année hydrogéologique	Thorntwaite Pluie efficace		
2011	166.0 mm		
2012	121.7 mm		
2013	222.7 mm		
2014	232.4 mm		
2015	170.1 mm		
2016	142.1 mm		
2017	44.0 mm	157.6	Valeur moyenne sur 10 ans
2018	146.2 mm		
2019	78.6 mm		
2020	225.5 mm		
2021	192.2 mm		
2022	139.4 mm		
2023	115.3 mm	44.0	Minimum sur 5 ans
2024	274.8 mm		

Les pluies efficaces étant calculées, pour chaque sous-bassin versant, le pourcentage d'infiltration a été déduit précédemment donc nous en déduisons le volume infiltré (la recharge de la nappe) par sous-bassin versant.

La méthode de calcul repose donc sur la recharge théorique de l'aquifère sur la base des 157.6mm en moyenne de pluie efficace mais aussi en période de faible recharge, c'est-à-dire en prenant en considération les 44 mm.

Ensuite le ratio Prélèvement global/Recharge a été calculé.

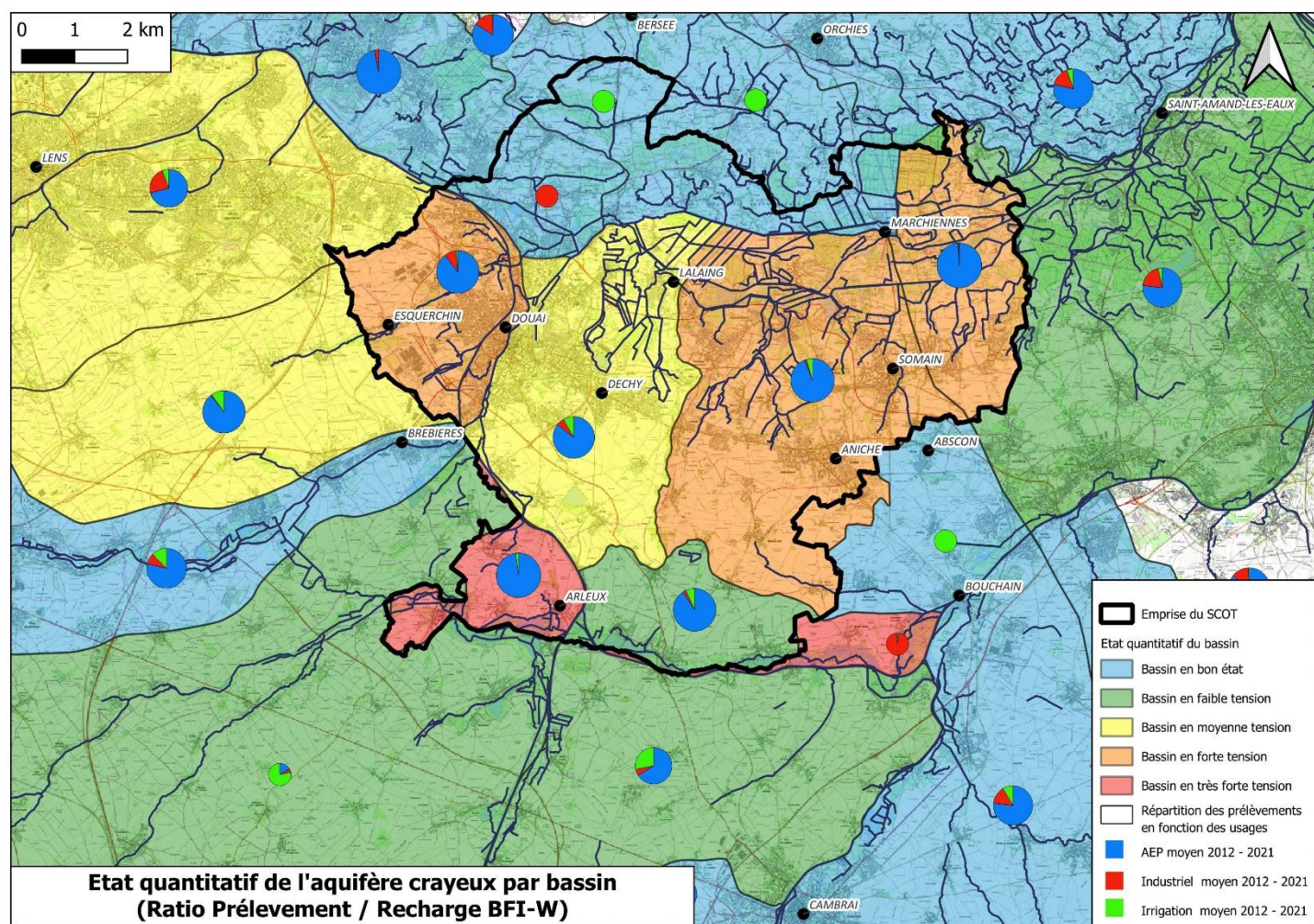
Le bon état quantitatif d'une masse d'eau est considéré quand le ratio précédent est inférieur ou égal à 15%.

Dans le cadre de cette étude, nous avons considéré la prise en compte de ce ratio Prélèvement global/Recharge comme indicateur, par sous-bassin versant, en appliquant le tableau suivant :

Valeur de l'indice	Ratio Prélèvement / Recharge	Etat quantitatif
4	Supérieur à 1.50	Très forte tension
3	0.60 à 1.40	Forte tension
2	0.30 à 0.60	Moyenne tension
1	0.15 à 0.30	Faible tension
0	0.0 à 0.15	Bon état

Pour établir la carte suivante, les prélèvements totaux en eaux souterraines ont été comparés à la recharge sur chaque sous-bassin versant.

Figure 6 : Etat quantitatif de la ressource en eau souterraine par sous-bassin versant sur l'emprise du SCoT

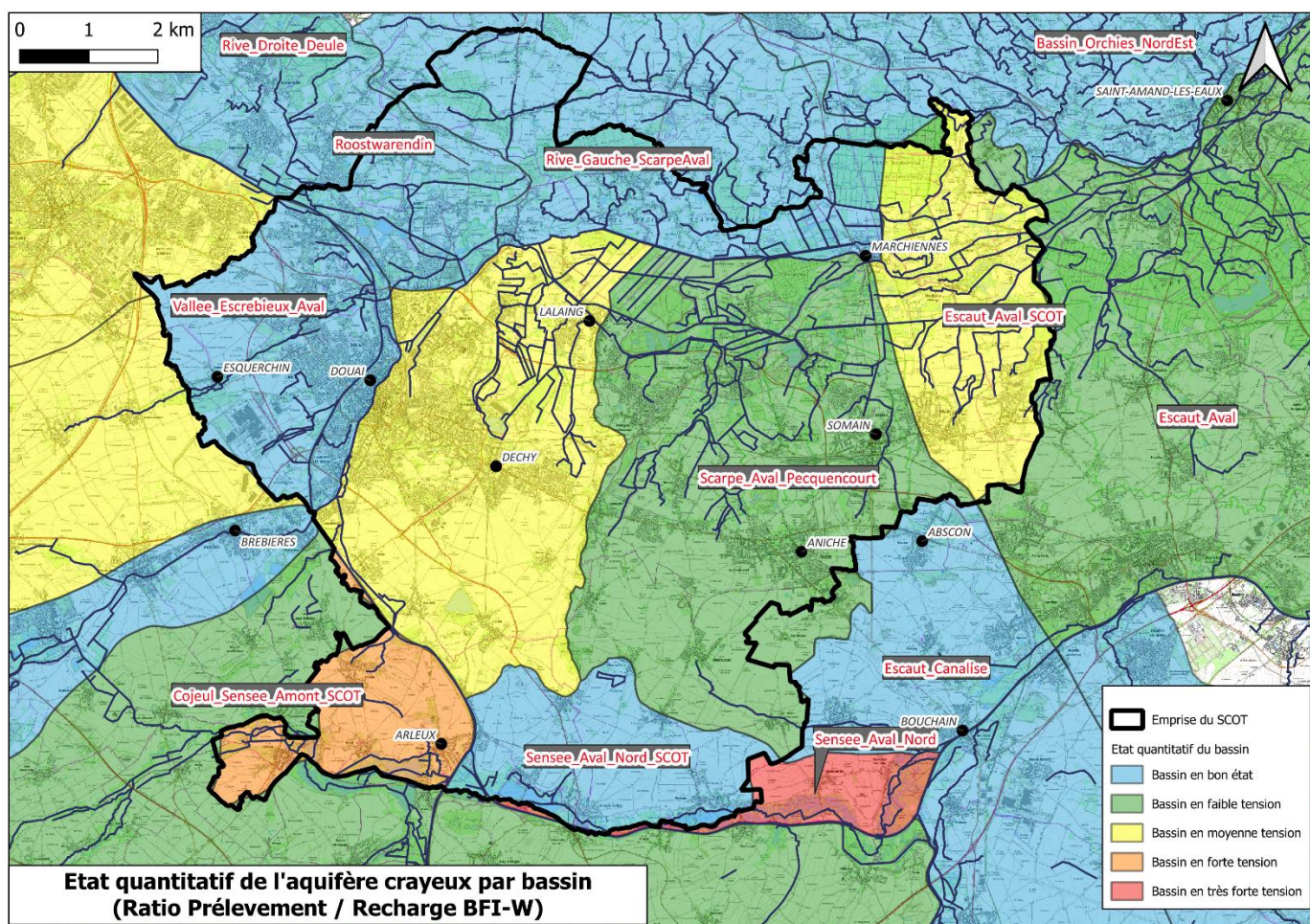


Source : SB2O

Une emprise non négligeable du Grand Douaisis est sous tension après examen de cette carte. Cependant, la phase 1 de l'étude nous a montré que plus de 45% du volume prélevé sur **le territoire était exporté pour alimenter d'autres collectivités.**

Afin de comparer les différents sous-bassins versants entre eux au sein du territoire du Grand Douaisis, nous avons décidé de refaire ce calcul en supprimant les volumes exportés à l'extérieur du territoire, pour ne prendre en compte que les prélèvements exploités directement par le territoire. L'état quantitatif de la ressource résultant est reproduit à la carte suivante.

Figure 7 : Etat quantitatif de la ressource en eau souterraine par sous-bassin versant sur l'emprise du SCoT
(Ressource consommée sur le SCoT)



Source : SB20

Principaux enseignements

Une grande partie de l'emprise territoriale du SCOT GRAND DOUAISIS **est sous tension**, du fait en grande partie **de l'implantation des principaux champs captants de la région** et dans une moindre mesure de l'absence de recharge ou plutôt du **peu de recharge de l'aquifère crayeux sur cette emprise**.

Le sous-bassin versant Sensée Aval Nord est en très forte tension, suivi en forte tension par le sous-bassin versant Cojeul Sensée Amont. Le Douaisis et l'Escaut Aval Nord sont déjà en moyenne tension.

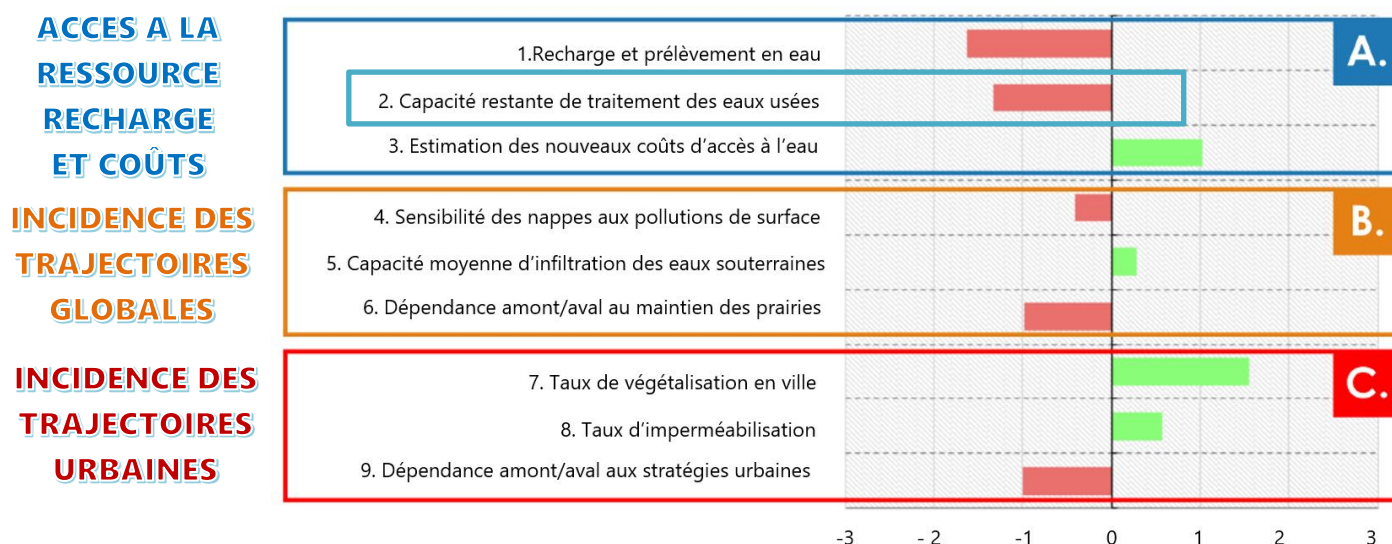
Le SCOT GRAND DOUAISIS est fortement dépendant en termes de recharge des **sous-bassins versants amonts : Scarpe, Sensée et Escaut** dans une moindre mesure.

Mais les eaux qui s'y infiltrent ne sont pas toujours d'une qualité satisfaisante. La vallée de l'Escrebieux est par exemple fortement touchée par une minéralisation excessive en nitrates et perchlorates. Pour l'eau souterraine prélevée à Férin ce sont les pesticides qui sont incriminés (bentazone), une barrière hydraulique a dû être mise en place.

L'atout de ce territoire est aussi la présence de cette argile qui induit le passage en captivité de la nappe de la craie et permet une amélioration naturelle de la qualité des eaux prélevées.

Annexe 2 : Capacité restante de traitement des eaux usées

Dans chaque carte d'identité, cette capacité apparaît sous le libellé « Capacité de traitement restante des eaux usées » du bloc **A. Accès à la ressource, recharge et coûts** :



Méthode de calcul :

Les eaux usées sont collectées en fonction d'un écoulement en général gravitaire. Il arrive également que ces eaux soient renvoyées vers un point bas, puis une station de refoulement permet de les rediriger vers la station d'épuration (STEP²) concernée.

Le découpage de l'implantation des STEP et des communes collectées associées est donc différent de celui des unités de distribution (UDI³) pour l'alimentation en eau potable.

Il s'agit en général de communes complètes qui sont raccordées à une STEP, parfois il s'agit uniquement d'une rue de la commune, ou d'un quartier.

Descendre à l'échelle d'une rue ou d'un quartier était impossible dans le cadre de cette étude.

Le choix a été fait de gérer cette donnée à l'échelle communale. C'est-à-dire que si la majorité de la commune est raccordée à la STEP n°1, les capacités restantes de traitement des eaux usées de cette commune sont calculées vis-à-vis de la capacité restante de la STEP n°1.

Une STEP est construite au départ pour une capacité nominale en équivalent habitant (Eh⁴). Pour chaque STEP présente sur l'emprise du SCoT du Grand Douaisis, nous avons récupéré sur

² STEP : Station d'épuration

³ UDI : Unité de distribution d'eau potable

⁴ EH : Equivalent habitant. Unité de mesure permettant d'évaluer la capacité d'une station d'épuration. Cette unité de mesure se base sur la quantité de pollution émise par personne et par jour. 1 EH = 60 g de DBO5/jour en entrée station soit 21,6 kg de DBO5/an

le site du ministère : assainissement.developpement-durable.gouv.fr les données clés 2022 sur l'assainissement collectif, notamment :

- > La capacité nominale en Eh ;
- > La charge maximale en entrée en 2022.

Pour chaque STEP, la différence entre la capacité nominale et la charge maximale observée en 2022, nous donne la capacité restante.

[Exemple pour la STEP de Douai : $165\,000 - 120\,342 = 44\,658$ Eh restants.]

Le SCoT du Grand Douaisis prévoit une évolution de population de l'ordre de +2%, soit l'accueil de 4 746 nouveaux habitants à l'horizon 2040.

L'hypothèse de travail s'appuie donc sur la population estimée par commune à l'horizon 2040.

La capacité restante d'une STEP a été répartie proportionnellement au nombre d'habitants des communes raccordées à cette STEP.

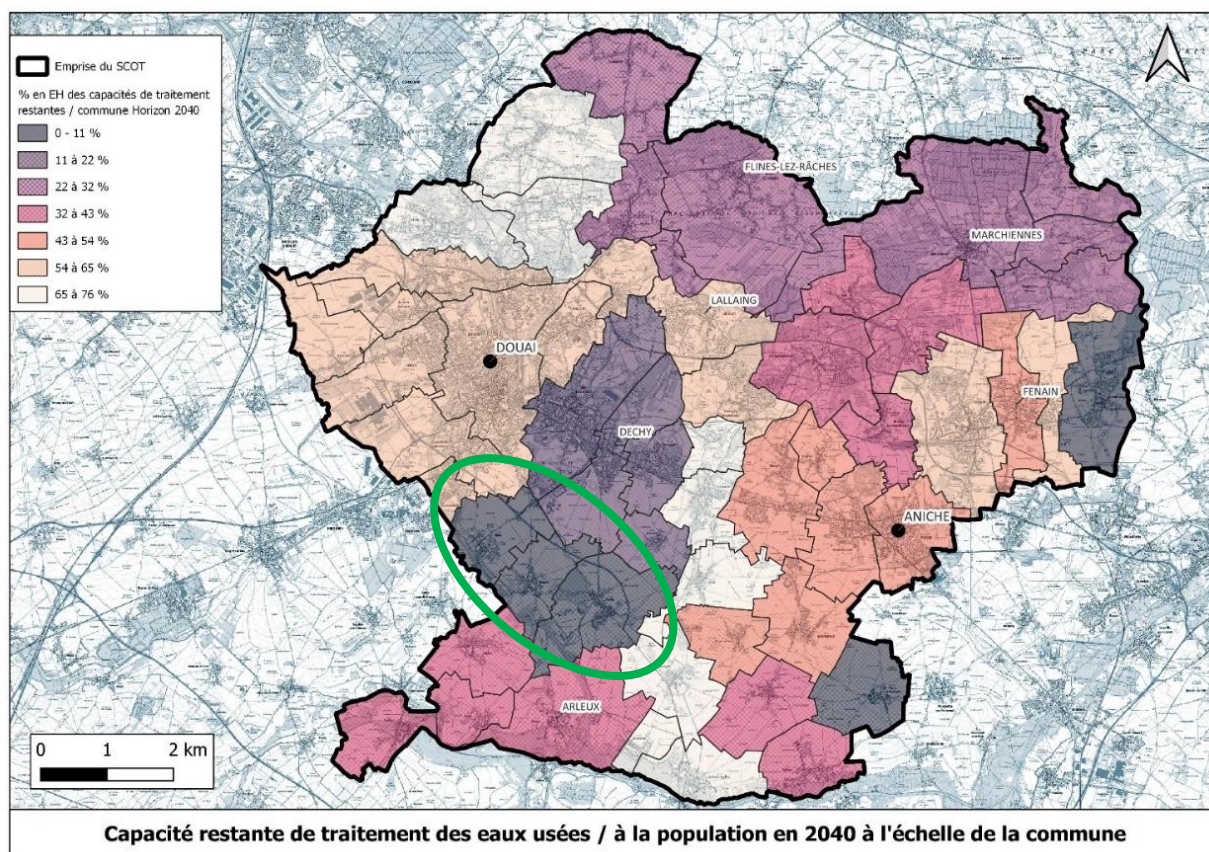
Cet indicateur ne prend pas en compte le problème des eaux parasites⁵, qui viennent gonfler les volumes à traiter par temps de pluie. Ce problème est généralisé sur le territoire du Grand Douaisis. Dans de telles situations, on observe près du double du volume en entrée de station par temps de pluie.

La STEP, qui ressort comme la plus concernée par ce phénomène est celle d'Estrées (3.45 fois le volume en entrée), mais il s'agit d'une lagune donc l'impact sur le milieu est moindre. **En revanche, cette problématique est observée sur les STEP suivantes, par ordre décroissant, Somain, Auby, Lewarde, Gœulzin, Pecquencourt, Auberchicourt, Marchiennes (2.56 fois le volume en entrée).** Pour l'ensemble de ces STEP, on observe **entre 2.5 à 3.5 fois le volume** en entrée par temps de pluie.

La STEP la moins concernée par ce phénomène est la **STEP de Douai avec 1.64** fois le volume moyen par temps de pluie.

⁵ Eaux parasites : En assainissement, il s'agit des eaux qui transitent dans un réseau d'assainissement non conçu pour les recevoir, induisant des effets dommageables pour le fonctionnement des réseaux et des stations d'épuration. Les eaux parasites sont issues d'infiltrations, de drainages de nappes ou de captages de cours d'eaux.

Figure 8 : Capacité restante en termes de traitement des eaux usées en fonction de la densité de population



Source : SB2O

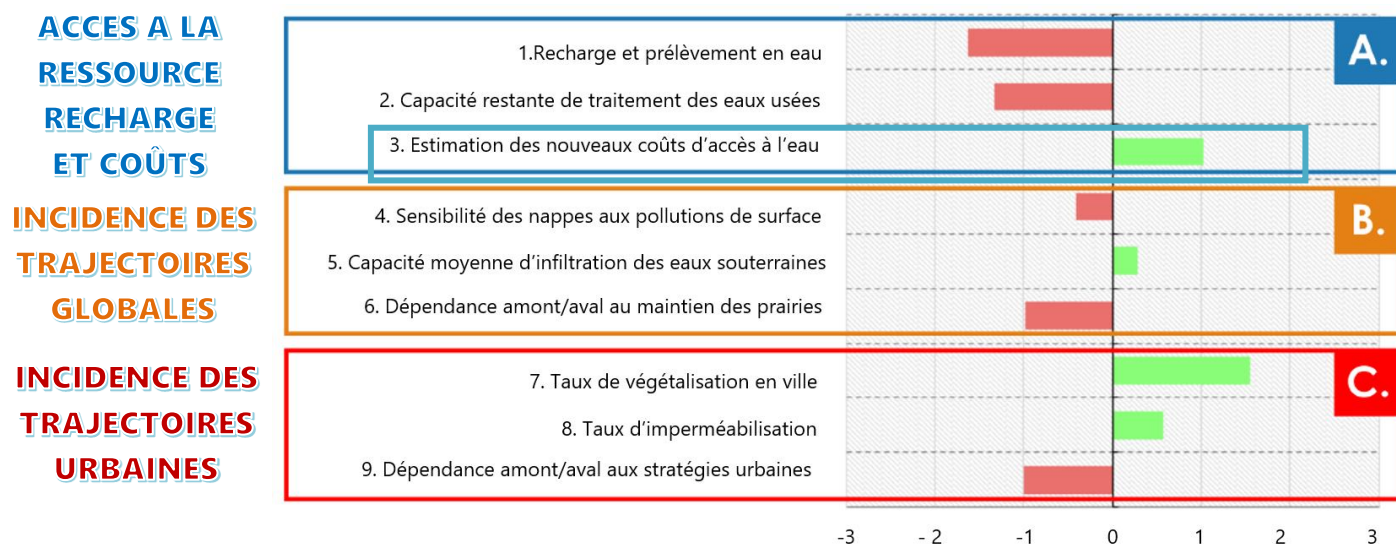
Principaux enseignements

La carte associée à cet indicateur reprend les capacités restantes en matière de traitement des eaux usées à l'échelle communale, en tenant compte de la population future de la commune à l'horizon 2040. Elle met en évidence les secteurs déficitaires sur le territoire en matière de traitement des eaux usées à moyen terme.

Au droit des **secteurs déficitaires, comme par exemple Férin, Gœulzin et Cantin, des mesures doivent être prises afin d'assurer un traitement des eaux usées optimal rapidement** car ce sont des secteurs où la nappe de la craie est en régime libre et où la **vulnérabilité de la nappe est forte** car son niveau piézométrique se situe à faible profondeur. **Toute pollution en surface gagnera rapidement la nappe de la craie. De plus, le champ captant de Férin est situé à proximité.**

Annexe 3 : Estimation des coûts d'accès à l'eau en 2040

Dans chaque carte d'identité, cette capacité apparaît sous le libellé « Estimation du coût d'accès à l'eau » du bloc **A. Accès à la ressource, recharge et coûts** :



Méthode de calcul :

- Le coût lié aux traitements des eaux usées

Le coût des investissements liés aux traitements des eaux usées est de 0 quand la capacité restante sur la commune n'est pas dépassée.

[Exemple pour la STEP de la commune de Douai : la capacité restante est de 44 658 Eh. La capacité nominale de la STEP de Douai est de 165 000 Eh. (Équivalent habitant). En 2022, la charge maximale en entrée était de 120 342 Eh, il reste donc en capacité restante 44 658 Eh].

8 communes sont raccordées à la STEP de Douai, représentant à l'horizon 2040 : 73 136 habitants potentiels, dont une augmentation de la population sur l'ensemble de ces 8 communes de 1 548 habitants.

Pour la commune de Douai, un seuil de 42 080 hab. pourrait être atteint à l'horizon 2040, soit 57.5 % de la population gérée par cette STEP, la capacité restante de la STEP attribuée à la commune de Douai est donc de 25 694 hab (57.5 % de 44 658 Eh).

L'augmentation du nombre d'habitants à Douai est estimée à 891 habitants supplémentaires, largement inférieure à la capacité restante de 25 694 Eh. Le coût est donc nul.

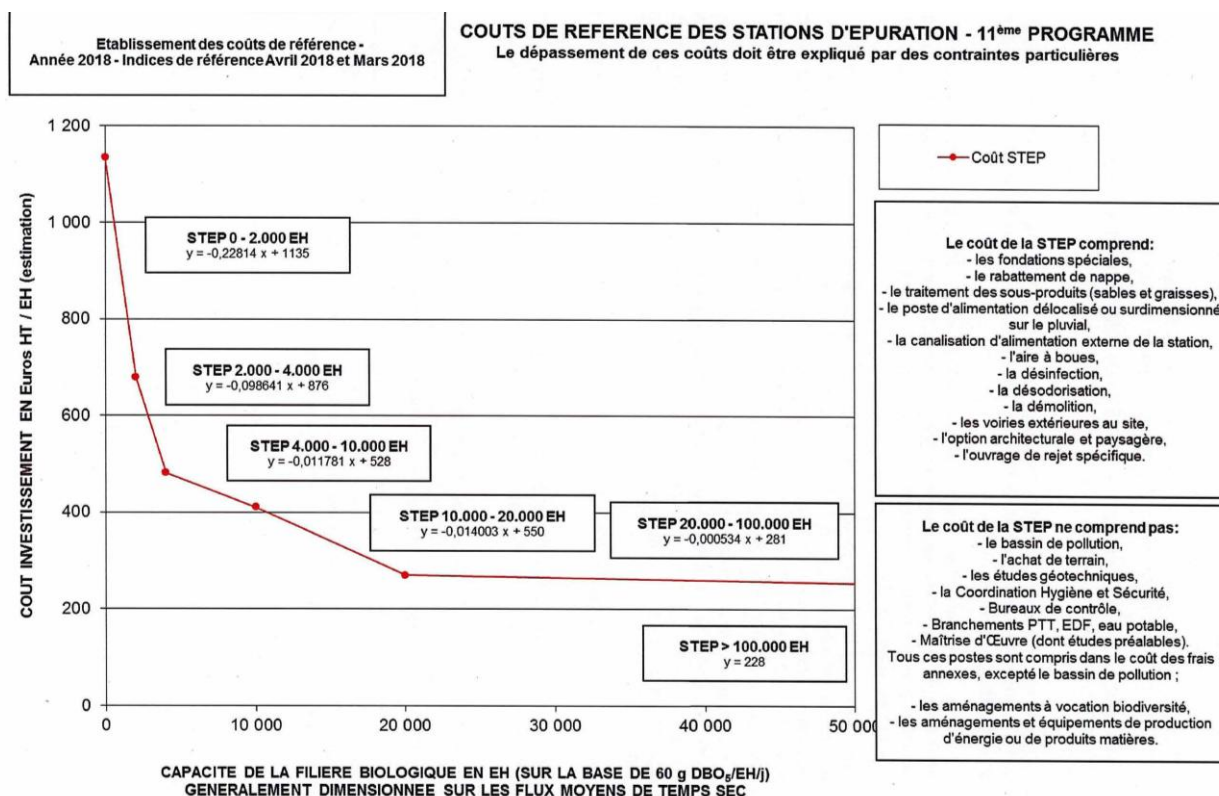
Quand la capacité restante de la commune est dépassée, Il faut envisager la construction d'une nouvelle STEP.

Il n'est pas envisageable dans le cas de cette étude de réaliser une étude de faisabilité pour un agrandissement de la STEP actuelle et du coût d'investissement que cela va impliquer.



Les coûts indiqués sont à comparer d'une commune à une autre et non pas comme un coût réel d'investissement. Une étude d'optimisation au cas par cas est indispensable.

Pour le chiffrage, l'hypothèse est basée sur le coût d'investissement en euros HT/Eh, prix délibérés par le conseil d'administration de l'Agence de l'Eau Artois Picardie en octobre 2021, dans le cadre du 11ème programme :



4 STEP présentent ou présenteront des capacités insuffisantes : Féchain, Gœulzin, Hornaing et Marcq-en-Ostrevent.

Pour la STEP de Gœulzin, l'hypothèse prise est la construction d'une STEP de 1 500 Eh, pour régler les problèmes actuels et futurs, soit un coût de 792.79 € HT/Eh.

[Capacité aujourd'hui négative - manque de 488 Eh et +82 habitants supplémentaires potentiels à l'horizon 2040.]

Pour Marcq-en-Ostrevent, a été considérée la construction d'une STEP de 1 000 Eh, soit un coût de 906.86 € HT/Eh.

[Capacité négative aujourd'hui - manque 238 EH et 16 habitants supplémentaires à l'horizon 2040].

Enfin pour Hornaing, a été considérée la construction d'une STEP de 500 Eh, soit un coût de 1 020.93 € HT/Eh.

[Capacité restante nulle aujourd'hui et 78 habitants supplémentaires à l'horizon 2040].

- **Le coût lié aux traitements des eaux brutes prélevées dans la nappe**

Pour l'alimentation en eau potable (AEP), le territoire est découpé en unité de distribution d'eau potable (UDI). Chaque UDI est alimentée par un champ captant et un réservoir principal. Une UDI peut être constituée d'une à plusieurs communes.

Aujourd'hui, tous les champs captants ne sont pas couplés obligatoirement à une station de traitement des eaux pour rendre l'eau potable.

Les projections de croissance de population du SCoT du Grand Douaisis ont été prises pour calculer le volume en m³ supplémentaires qui serait nécessaire, en partant sur la base d'une consommation de 150 l/j/hab. Sur 1 an cela nous donne 54.75 m³/hab. supplémentaire.

Un coût brut au m³/commune a été fixé en fonction de son UDI de rattachement et du champ captant alimentant cette UDI.



Pour les communes alimentées par Noréade, ce coût est difficile à calculer car dans le cadre de l'autoroute de l'eau, des mélanges d'eau sont réalisés et il est difficile de savoir d'où provient l'eau et si elle a préalablement subi un traitement.

Des projets d'amélioration ou de nouvelles constructions d'unité de traitement à l'horizon 2040 sont connus. Le prix va être multiplié par 2. C'est ce coût qui a été pris en considération dans le calcul.

De plus, à ce coût a été ajouté un prix lié aux prélèvements de l'eau de nappe, comprenant les pompages et diverses installations. Nous l'avons estimé à 0.5€/m³ pour l'ensemble des communes.

Par commune, un coût pour le traitement de l'eau, son pompage et son traitement après usage par habitant supplémentaire a donc été calculé.

Principaux enseignements

Cet indicateur permet d'évaluer rapidement **le coût engendré par les investissements nécessaires à la construction d'une STEP par Eh**, sachant que dans la présente étude le choix a été fait de retenir des tranches de 500 Eh. En effet, on ne construit pas une nouvelle STEP pour 10 Eh.

Il faut donc voir cet indicateur comme une possibilité de comparer un secteur à un autre, dans le choix de ses capacités de traitement pour la localisation des futures zones à développer.

Il en est de même pour le coût de l'alimentation en eau potable.

Ces coûts doivent **permettre de comparer le développement d'un secteur par rapport à un autre et non pas déterminer une enveloppe d'investissement.**

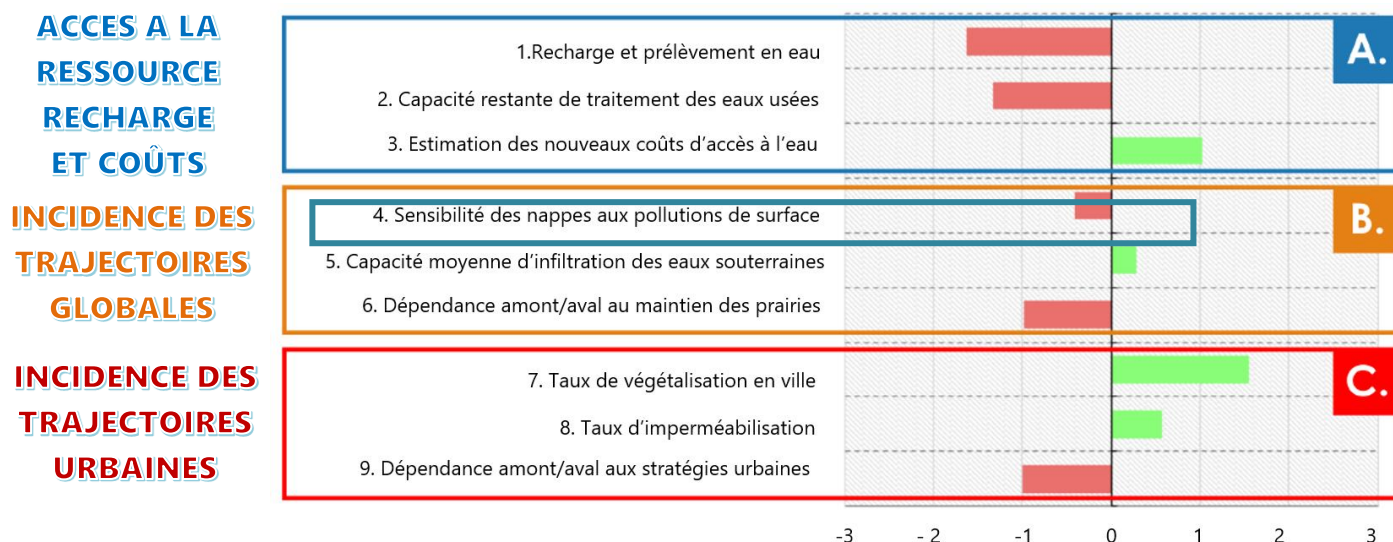
Pour le traitement de l'eau potable, ce coût ne prend pas en compte les pertes liées au type de traitement qui peut engendrer parfois **entre 15 à 20 % de pertes en volume d'eau**. Volume qui devra par ailleurs être traité avant de pouvoir être réinfiltré au milieu naturel.

De plus, les nouvelles molécules analysées sont de plus en plus nombreuses, mais aussi de plus en plus difficiles à éliminer et il faut gérer les résidus du traitement des eaux brutes appelé concentrat.



Annexe 4 : Sensibilité des nappes souterraines aux pollutions de surface

Dans chaque carte d'identité, cette sensibilité apparaît sous le libellé « Sensibilité des nappes aux pollutions de surface » du bloc **B. Incidence des trajectoires globales** :



Cet indicateur a permis de classer l'ensemble des sous-bassins versants en 4 classes, selon une tension graduelle sur la ressource en eau souterraine.

Méthode de calcul :

Pour cet indicateur, deux paramètres essentiels ont été pris en compte, l'épaisseur de la zone non-saturée⁶ et la captivité⁷ de l'aquifère principal, la nappe de la craie.

La méthodologie a été inspirée de celle du BRGM développée pour la mise en place de la cartographie de la vulnérabilité intrinsèque d'un aquifère sur l'emprise d'une Aire d'Alimentation de Captage.

• L'épaisseur de la zone non-saturée

Pour le calcul de **la zone non-saturée**, il est préconisé de se baser sur une piézométrie de hautes eaux, celle de mai 2001 disponible par l'Agence de l'Eau Artois Picardie.

Par exploitation du Modèle Numérique de Terrain (MNT), au pas de 5 m, nous en avons déduit l'épaisseur de la zone non-saturée en hautes eaux. Ce calcul a été fait sur l'ensemble des sous-bassins de la Scarpe, de la Sensée et de l'Escaut (Deûle et Souchez également). Cette emprise a été découpée à l'aide d'un maillage à maille carrée de 300 m de côté. On

⁶ Zone non-saturée : zone comprise entre la surface du sol et la surface piézométrique de l'aquifère considéré

⁷ Captivité : un aquifère est captif quand sa surface piézométrique est sous pression sous une formation argileuse imperméable

obtient donc une valeur tous les 300 m x 300 m. Une valeur caractérise 9 ha sur une emprise globale de 367 605 ha. Nous avons travaillé sur 40 845 points.

Ensuite, nous avons appliqué le classement suivant (cf. Tableau 2), on obtient la carte de la Figure 9.

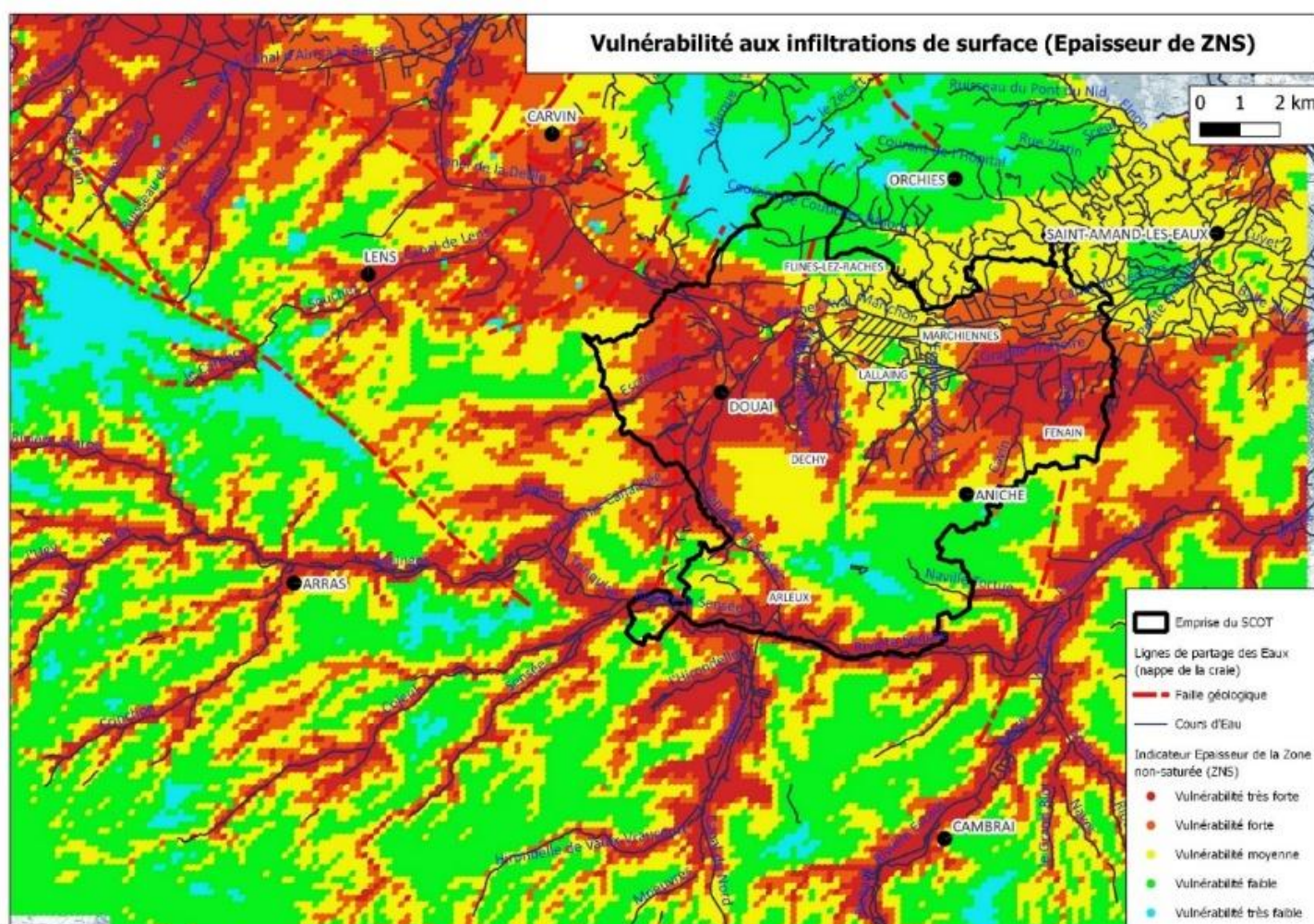
Tableau 2 : Classement Epaisseur de la zone non saturée en mètres

Valeur de de l'indice	Epaisseur ZNS H (m)	Vulnérabilité
1	< 5 m	Très forte
2	5 à 10 m	Forte
3	10 à 20 m	Moyenne
4	20 à 40 m	Faible
5	> 40 m	Très Faible

Source : BRGM

La prise en compte de la carte piézométrique des hautes eaux va dans le sens de la sécurisation. En moyennes et basses eaux, la côte piézométrique est beaucoup plus basse, et ainsi l'épaisseur de la zone non-saturée serait plus importante.

Figure 9 : Vulnérabilité aux infiltrations de surface – 1- Epaisseur de la zone non-saturée (Aquifère crayeux)



Source : BRGM

- Mise en captivité de l'aquifère crayeux

L'indicateur de la zone non-saturée (ZNS) a été couplé à celui de la mise en captivité de l'aquifère crayeux, tel qu'il a été défini en annexe 5.

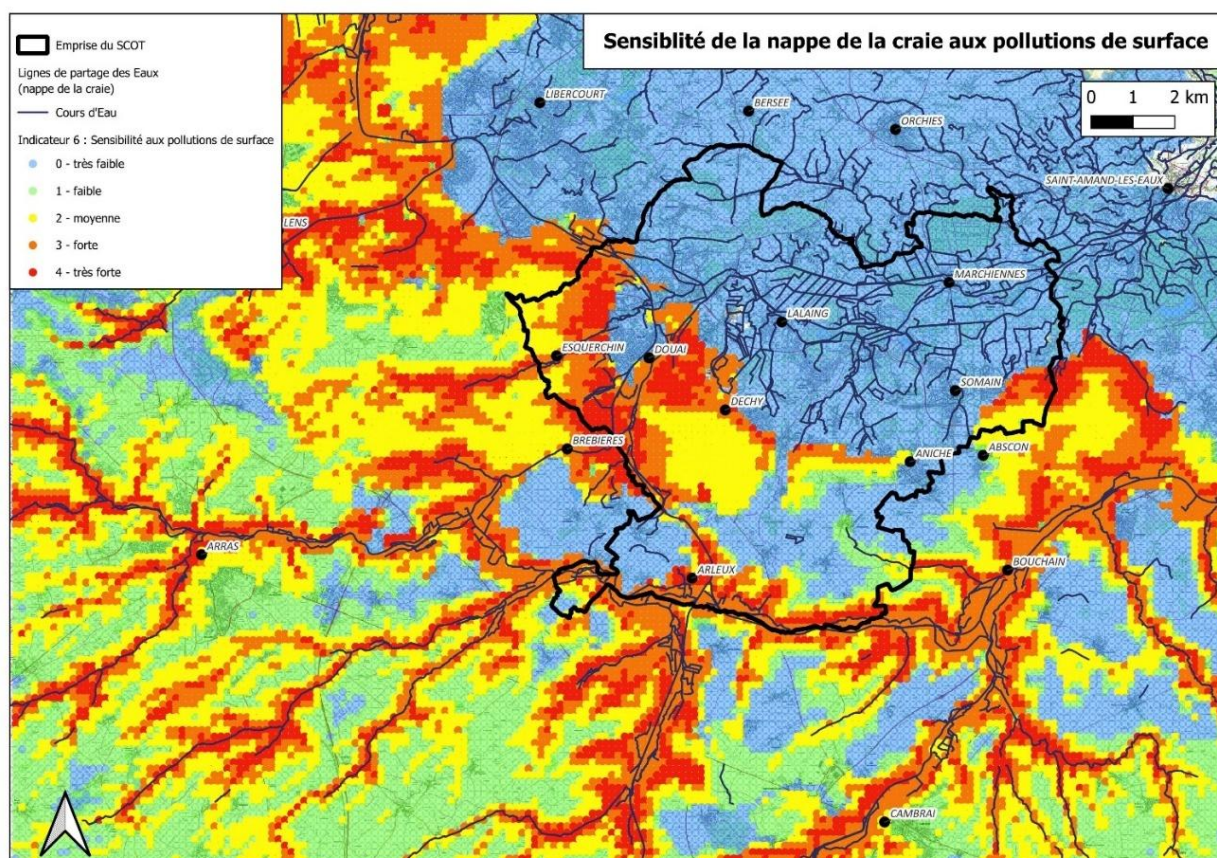
Il faut coupler ces deux paramètres pour déterminer la vulnérabilité de l'aquifère crayeux et obtenir la sensibilité de la nappe aux pollutions de surface. Le tableau suivant et la Figure 10 reprennent la vulnérabilité résultante :

Vulnérabilité selon l'épaisseur de la zone non saturée :

Indice Epaisseur ZNS	Indice_Captivité	Vulnérabilité
1 – (< 5 m)	100 – Nappe libre	Très forte
2 – (5 à 10 m)		Forte
3 – (10 à 20 m)		Moyenne
4 – (20 à 40 m)		Faible
5 – (> 40 m)		Très Faible
1 – (< 5 m)	50 - Nappe semi-captive	Forte
2 – (5 à 10 m)		Moyenne
3 à 5		Faible
1 à 5	0 – Nappe captive	Très très Faible

Source : BRGM, SB20

Figure 10 : Sensibilité des eaux souterraines aux pollutions de surface – Intégration des deux critères 1 et 2 précédents (Aquifère crayeux)



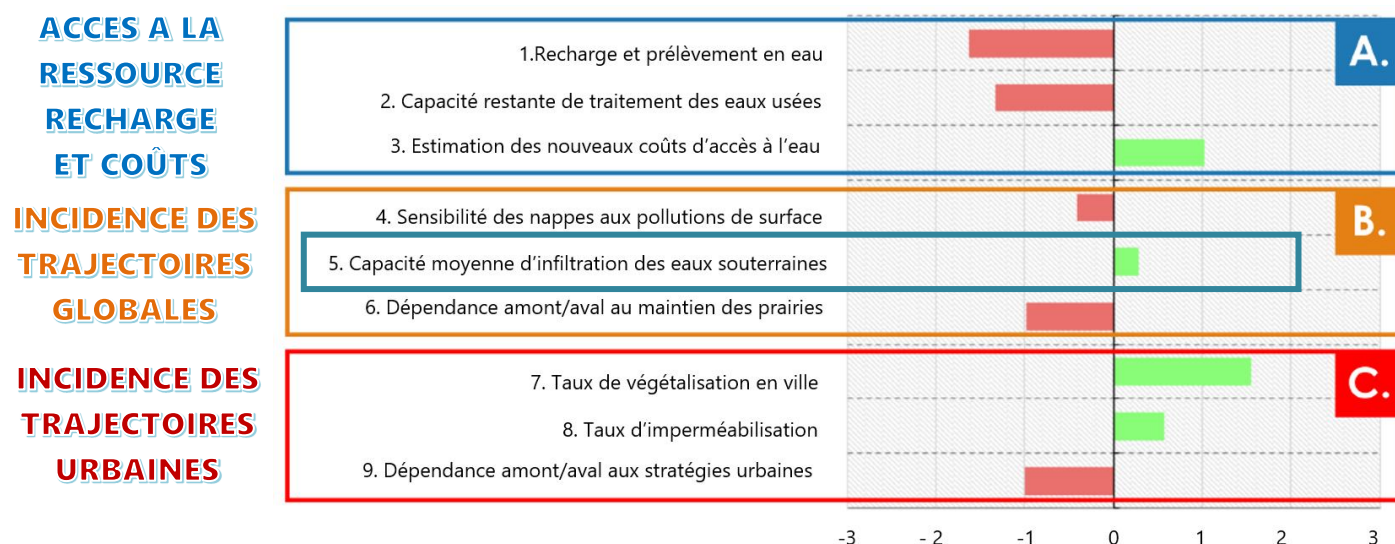
Principaux enseignements

Sur un peu plus de la moitié du territoire (secteurs bleus sur la carte précédente), il n'y a **pas de recharge effective de l'aquifère crayeux envisageable**. Les secteurs orangés à rouges correspondent aux fonds de vallées humides où l'aquifère crayeux est **plus vulnérable** (nappe à faible profondeur non protégée).

Cet indicateur montre donc clairement la dépendance du territoire du SCoT du Grand Douaisis, aux infiltrations d'eau qui permettent la recharge de la nappe, qui se fait principalement sur les territoires situés en amont, (sous-bassins versants de la Scarpe et de la Sensée).

Annexe 5 : Capacité moyenne d'infiltration des eaux souterraines

Dans chaque carte d'identité, cette capacité apparaît sous le libellé « Capacité moyenne d'infiltration des eaux souterraines » du bloc **B- Incidence des trajectoires globales** :



Méthode de calcul :

Est prise en compte ici uniquement la capacité d'infiltration des eaux de pluie **vers l'aquifère crayeux principal, c'est-à-dire uniquement la capacité de recharge de la nappe de la craie** au droit du sous-bassin versant considéré. Cet indicateur est donc basé sur la mise en captivité de l'aquifère crayeux.

Une nappe d'eau est **dite captive**, quand elle circule entre deux couches de terrain imperméables.

A la différence, une nappe est **dite libre**, quand sa surface piézométrique évolue librement au grès des infiltrations de pluies efficaces⁸.

Quand **un aquifère est en régime libre**, il va se recharger grâce à l'infiltration des pluies efficaces (100 % des pluies efficaces finiront dans un temps plus ou moins long par atteindre la nappe). En régime libre, l'aquifère ne dispose donc d'aucune protection naturelle comme peut l'être l'argile par exemple.

Quand **un aquifère est captif**, là où il est captif, il ne peut recevoir aucune infiltration verticale qui pourrait permettre sa recharge. Il ne pourra être rechargé que par des arrivées d'eau au sein même de l'aquifère provenant de l'amont "horizontalement". 0% des pluies efficaces tombées au droit de la zone n'atteindra cet aquifère (exemple d'une grande partie du sous-bassin versant d'Orchies).

Figure 11 : Recharge de la nappe de la craie – 2 – Secteur de captivité de la nappe de la craie

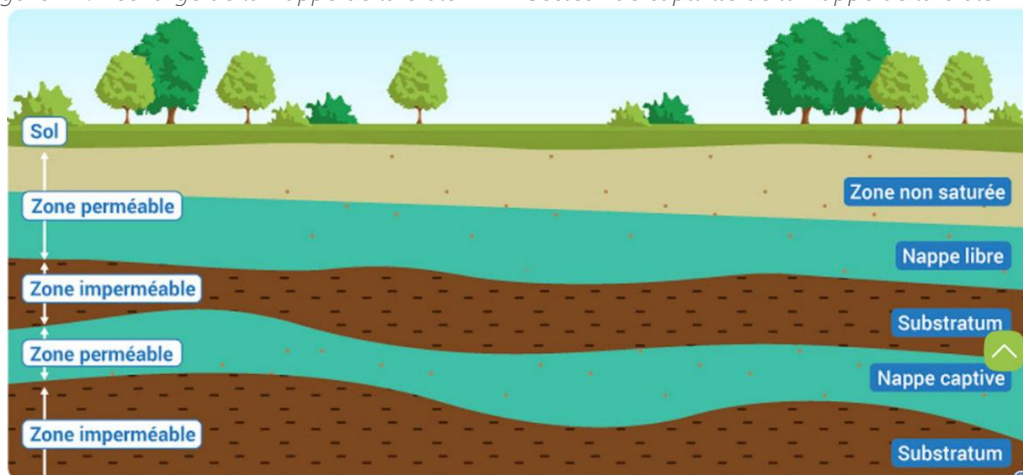
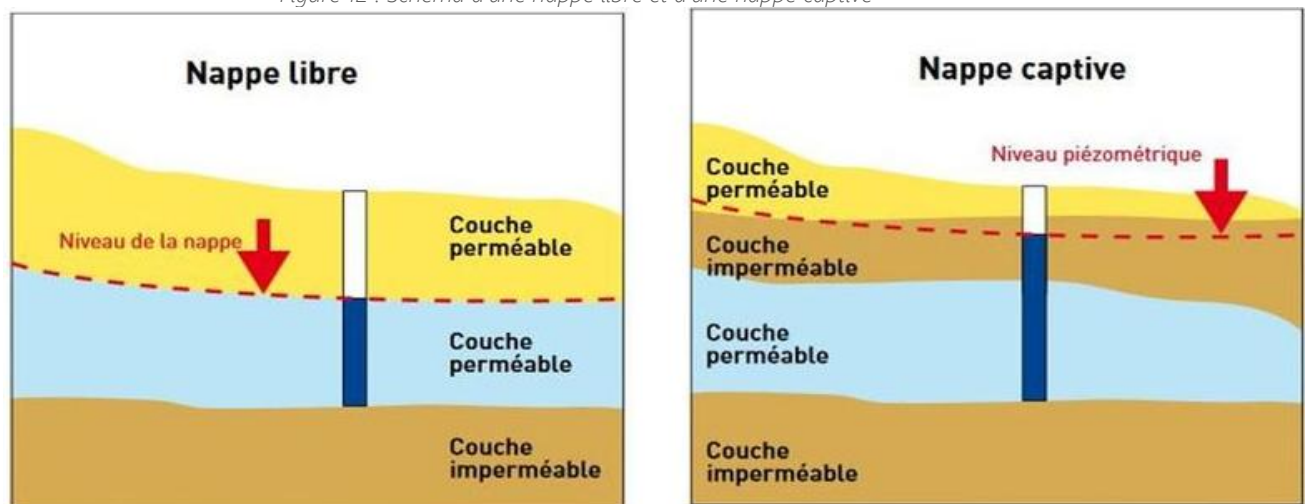


Figure 12 : Schéma d'une nappe libre et d'une nappe captive



Source : Laboratoire SITE – EMSE et Eaufrance)

⁸ Pluies efficaces : fraction des précipitations pluviométriques qui échappent à l'évaporation et à l'évapotranspiration (besoin de la végétation), ainsi qu'au ruissellement.

Dans les fonds de vallées humides, les alluvions, qui recouvrent en surface l'aquifère crayeux peuvent être de plusieurs types :

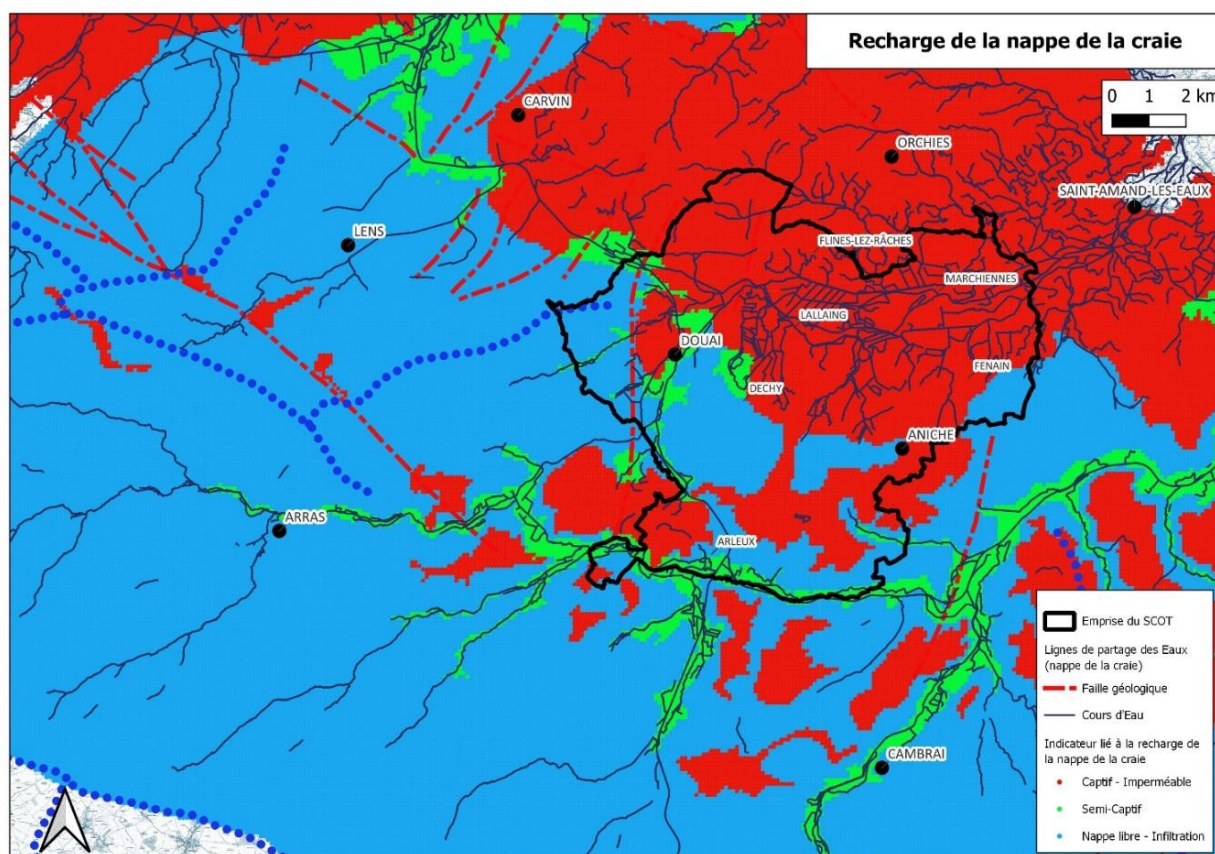
- > **Les alluvions grossières** (constituées de galets, de silex, de graviers et/ou de sables) sont bien souvent **perméables à très perméables** ;
- > **Les alluvions fines** (constituées de silts, d'argile, de tourbe, ...) sont bien souvent de **faible perméabilité à très faible perméabilité** en fonction de leur degré d'argile.

Par principe, la répartition des alluvions est hétérogène dans l'espace et en profondeur, puisqu'elle dépend de la vie du cours d'eau.

Au droit de ces secteurs, l'infiltration des pluies efficaces est complexe. L'infiltration va alimenter bien souvent une nappe sous-jacente, nappe alluviale, qui est susceptible par égouttement d'alimenter la nappe de la craie suite à un pompage par exemple. On parle alors de semi-captivité. L'infiltration de l'eau va être très réduite et très ralentie, elle va dépendre de la perméabilité des alluvions.

Valeur de l'indice	Nappe de la craie	Vulnérabilité	Recouvrement de surface
100	En régime libre	Moyenne à très forte	Limons
50	Semi-captif	Très faible à faible	Présence d'alluvions
0	En régime captif	Nulle vis-à-vis de la surface	Présence d'argile

Figure 13 : Recharge de la nappe de la craie – 2 – Secteur de captivité de la nappe de la craie



Source : BRGM

Pour chaque sous-bassin versant, nous avons donc calculé la surface correspondant à ces 3 états suivant la cartographie de la Figure 13, auxquelles nous avons affecté son coefficient respectif, et calculé le prorata de la surface globale.

Principaux enseignements

Aux abords des grandes vallées humides, le ruissellement prédomine, pour des raisons bien différentes. Au droit du sous-bassin versant d'Orchies, c'est la présence de **formations argileuses** qui limite les possibilités d'infiltration. Dans les vallées humides, ce sont les **niveaux de nappes élevées**, à faible profondeur, qui bloquent l'infiltration.

Cet indicateur ne prend en compte que la recharge de **l'aquifère crayeux, où se situe l'intégralité des captages** d'Alimentation en Eau Potable⁹.

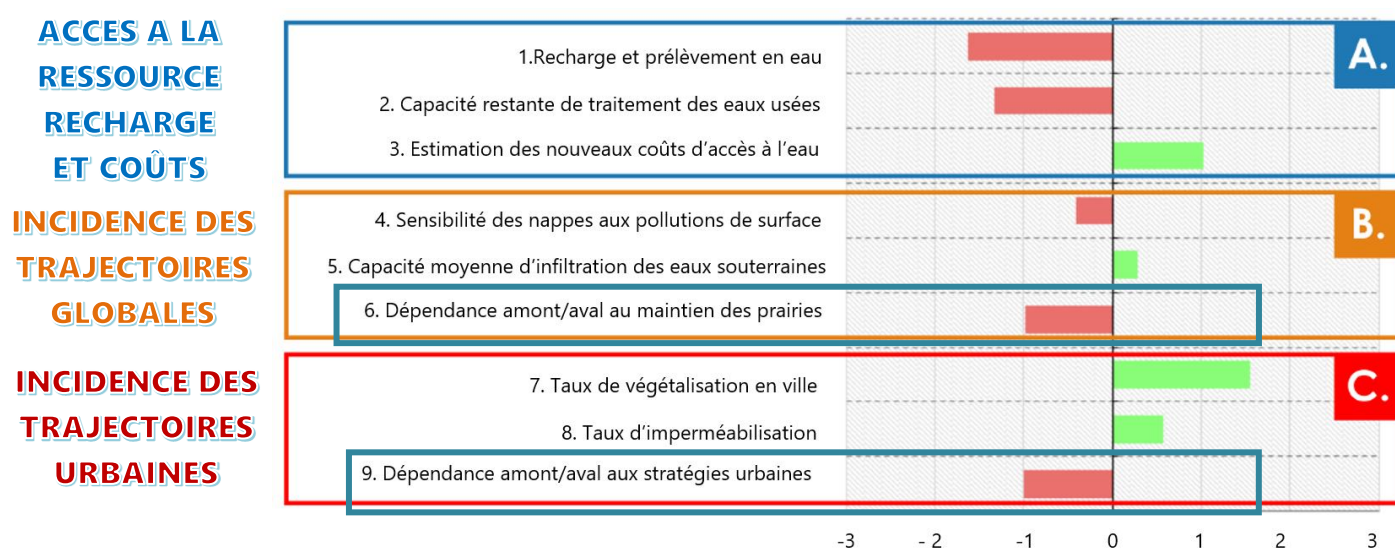
En nappe captive, les eaux sont susceptibles de s'infiltrer, mais uniquement **pour alimenter une nappe superficielle ou la nappe des sables d'Ostricourt**, qui ne sont pas des aquifères utilisés dans le secteur pour l'alimentation en eau potable, car bien souvent pollués ou/et de faible productivité.

⁹ AEP : Alimentation en Eau Potable

Annexe 6 : Dépendance aux dynamiques globales amont/aval de pertes de milieux et d'artificialisation

Dans chaque carte d'identité, cette capacité apparaît sous les libellés :

- « Dépendance amont/aval au maintien des prairies » du bloc **B. Incidence des trajectoires globales** ;
- « Dépendance amont/aval aux dynamiques d'artificialisation voisines » du bloc **C. Incidence des trajectoires urbaines**.



Ces indicateurs permettent de comprendre l'impact des trajectoires d'aménagement projetées, au-delà du seul périmètre du SCoT du Grand Douaisis mais sur une même unité hydrologique : le sous-bassin versant. Ils ont été construit à l'aide de la base de données régionale OCS2D et les projections s'appuient quant-à-elles sur les objectifs de sobriété foncière inscrits dans le SRADDET modifié¹⁰.

Méthode de calcul dépendance amont/aval aux stratégies urbaines :

En contexte agricole, l'infiltration est facilitée par le couvert végétal permanent, tel que les prairies et dans une moindre mesure sur les grandes cultures, une partie de l'année. Ces prairies, et cultures ralentissent par ailleurs les écoulements de surface, notamment sur les zones de forte pente et contribuent, pour les prairies, à augmenter la réserve utile des sols, c'est-à-dire la capacité à retenir l'eau dans les premiers centimètres, appelées « horizons superficiels ».

Toute transformation d'espace naturel ou agricole en espace urbanisé, entraînerait donc une diminution des coefficients d'infiltration, et une augmentation du ruissellement, proportionnelle aux surfaces qui ont muté. Cette perte d'infiltration liée aux trajectoires de consommation d'Espaces Naturels Agricoles et Forestiers (ENAF), a été estimée dans la partie du sous-bassin versant située sur le Grand Douaisis, ainsi qu'en dehors, sur la partie amont ou aval du sous-

¹⁰ Ces projections ne tiennent pas compte des éventuels Projets d'Envergure Régionale ou Projets d'Envergure Nationale ou Européenne.

bassin versant, sur les SCoT périphériques conformément à cette projection.

De manière simplifiée et sans prendre en compte ni le régime de pluie, ni l'état des sols, et en l'absence de mesures d'infiltration à la parcelle sur les nouveaux aménagements, on peut donc **estimer la part de volumes d'eaux superficielles supplémentaires qui ne s'infiltreraient pas.**

L'indicateur est calculé à partir des **projections de volumes supplémentaires de mètres cubes d'eau ruisselés dans la partie du sous-bassin versant** à l'intérieur du Grand Douaisis qu'on compare au volume cumulé dans l'ensemble du sous-bassin versant, incluant la partie amont ou aval extérieure au Grand Douaisis. On obtient ainsi un pourcentage correspondant à la dépendance du sous-bassin versant par rapport à son voisin.



A noter que ces projections ne prennent pas en compte l'objectif « zéro rejet » de nouveaux projets (parking, voirie, zones d'activités) conçus pour que **l'ensemble des pluies s'infiltrent ou soient stockées sur cette parcelle**. Ceux-ci n'ont pas été pris en compte dans ces cartes, faute de données sur ces équipements ou ouvrages.

Principaux enseignements

Une **dépendance forte** indique que toutes politiques du SCoT du Grand Douaisis en matière de ruissellement et/ou de préservation des prairies auraient des limites si elles ne sont pas **coordonnées avec les SCoT amont/aval.**

Méthode de calcul dépendance amont/aval au maintien des prairies :

En sus de cette consommation d'espace, on peut supposer que la perte d'espaces prairiaux au profit d'autres pratiques agricoles va se prolonger, même si elle est théoriquement encadrée par l'interdiction de retournement des prairies pour celles déclarée à la Politique Agricole Commune (PAC). Cette perte a donc été estimée à 50% de la perte de prairie observée sur la période précédente. Elle vient donc s'ajouter à la perte d'infiltration liée aux trajectoires d'artificialisation du SRADDET modifié.

L'indicateur 9 représente cette dépendance **liée à l'artificialisation alors que l'indicateur 6 celle liée aux trajectoires de pertes des prairies.**

Principaux enseignements

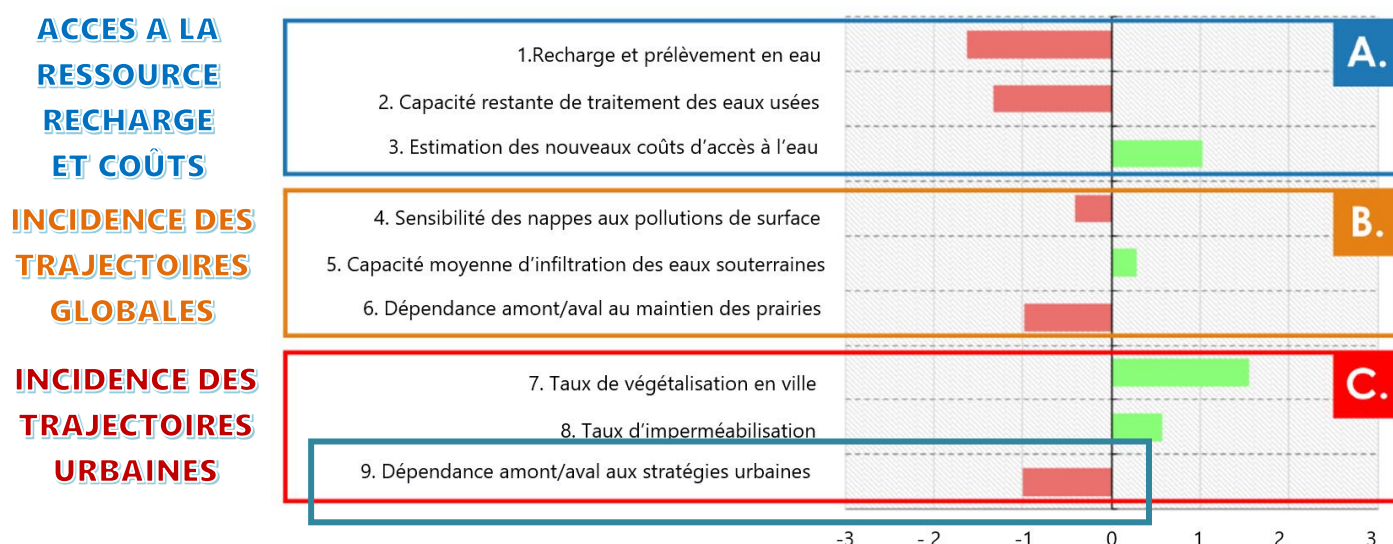
La carte, « perte de milieux », complète cet indicateur n°6. Elle illustre la perte de milieux naturels, contribuant fortement à l'infiltration. Ceux-ci font désormais l'objet de mesures de protection de plus en plus fortes, dans le cadre du SDAGE et des SAGE, ou de plans et programmes initiés, par le PNR Scarpe Escaut, le SCOT GRAND DOUAISSIS et les EPCI. Il est utile de comprendre leur évolution passée entre 2005 et 2021.

En jaune figure sur cette carte, les pertes de prairies des 15 dernières années, tout particulièrement aux périphéries urbaines. Elle pointe la **nécessaire préservation de ces espaces à enjeux**, au-delà des dispositifs de protection, pour celles éligibles à la PAC.

La carte, « Imperméabilisation entre 2005 et 2015 » cartographie en vert les nouveaux espaces perméables et végétalisés en ville. Outre les enjeux et co-bénéfices présentés précédemment, ces **espaces végétalisés en ville, complétés par la trame naturelle arborée du territoire, constituent un maillon important d'infiltration potentielle, permettant de garantir un accès à la ressource en eau souterraine de demain.**

Annexe 7 : Dépendance aux dynamiques globales amont/aval d'artificialisation voisines

Dans chaque carte d'identité, cette capacité apparaît sous le libellé « Dépendance amont/aval aux stratégies urbaines » du bloc **C. Incidence des trajectoires urbaines** :



Méthode de calcul :

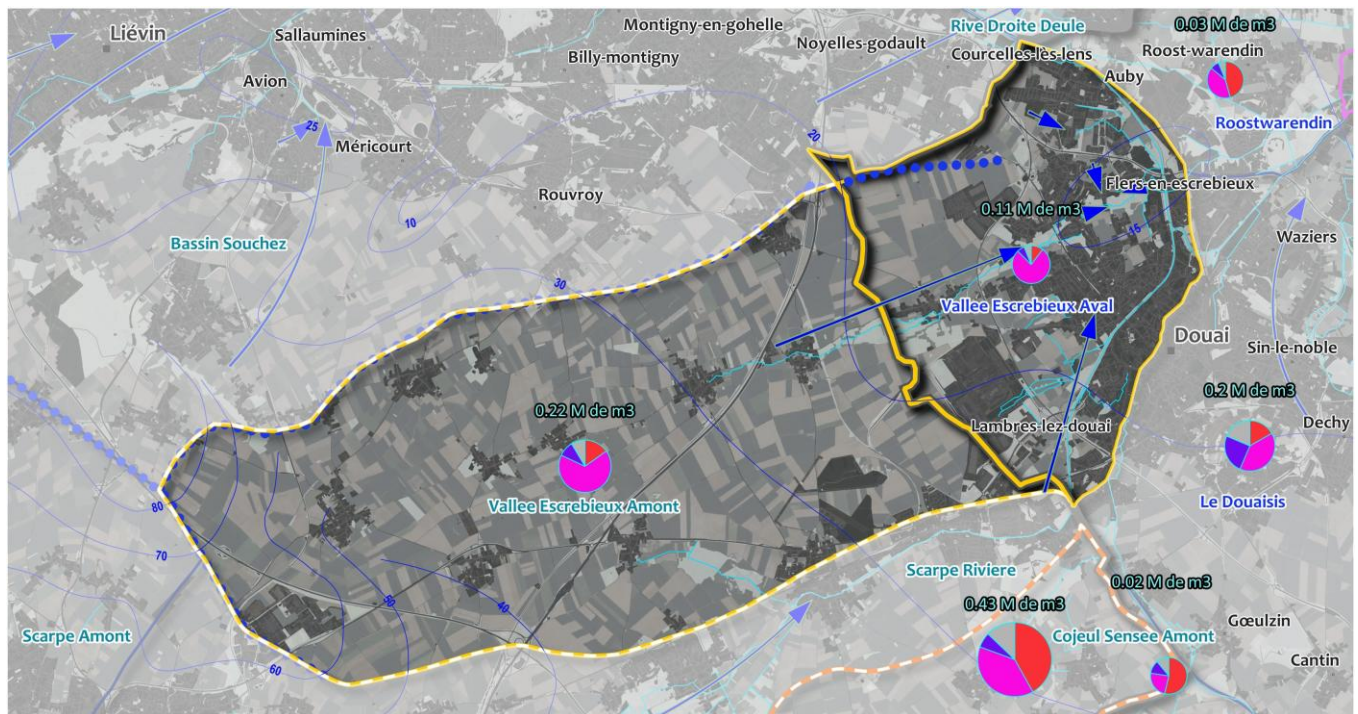
La définition de cet indicateur a été présentée au chapitre précédent, compte tenu de son mode de calcul ; identique à celui de l'indicateur n°6, lié aux pertes de prairies.

Cet indicateur est complété par une carte, à l'image de l'exemple ci-après.

Elle illustre à la fois :

- > Les volumes supplémentaires d'eau qui ne s'infiltreraient pas (diamètre du camembert) et qui contribueraient au ruissellement, selon les trajectoires d'ENAF, du SCoT du Grand Douaisis et de ses voisins, tels qu'arrêtés dans le SRADDET modifié ;
- > La contribution potentielle de chaque catégorie d'usage (portion du camembert), à ce ruissellement potentiel supplémentaire en l'absence de gestion à la source. Elle repose sur l'hypothèse d'une stabilité de la répartition, conforme aux trajectoires passées de consommation d'ENAF pour chaque sous-bassin versant.

Incidences des trajectoires urbaines sur le sous-bassin versant Vallée Escrebieux Aval :



- Sens d'écoulement souterrain
- Lignes piézométriques
- ... Lignes de partage des eaux souterraines
- Cours d'eau

XXX M de m³ Millions de m³ ruisselés supplémentaires projetés en 2031

Part des ruissellements supplémentaires : Fond OCS 2021 :

- Liée à l'habitat
- Liée à l'activité
- Liée aux infrastructures
- Liée aux autres espaces urbains

- Urbanisé
- Agricole
- Forestier
- Naturel

Les contours en tiret correspondent aux limites du sous-bassin versant amont, en dehors du Grand Douaisis

Cette carte illustre à la fois :

- Les volumes supplémentaires (diamètre du camembert) qui contribueraient au ruissellement, selon les trajectoires d'ENAF, dans le SCOT et en dehors du SCOT du Grand Douaisis.
- La contribution de chaque poste d'urbanisation (portion du camembert), à ce ruissellement supplémentaire. Elle repose sur l'hypothèse d'une stabilité de la répartition, conforme aux trajectoires passées de consommation d'ENAF pour chaque sous bassin versant.

Source : Fond OCS 2D des Hauts de France.

Principaux enseignements

Bien que théorique, et basé sur des valeurs moyennes, cet indicateur a le mérite de mettre en lumière, sur l'ensemble des sous-bassin versants, **la perturbation du cycle naturel de l'eau et la modification des fonctionnalités des sols**, liée à cette trajectoire d'urbanisation, en l'absence de mesures de gestion d'infiltration des eaux pluviales à la parcelle.

Ce calcul, théorique s'entend donc selon des politiques d'assainissement conventionnelles, en l'absence de gestion de la goutte d'eau au plus près de son point de chute. Dans l'hypothèse de gestion systématique dite de « Zéro rejet » des nouveaux aménagements, telle que mise en œuvre sur le Grand Douaisis et théoriquement sur l'ensemble des SAGE, cet indicateur n'aurait que peu d'utilité.



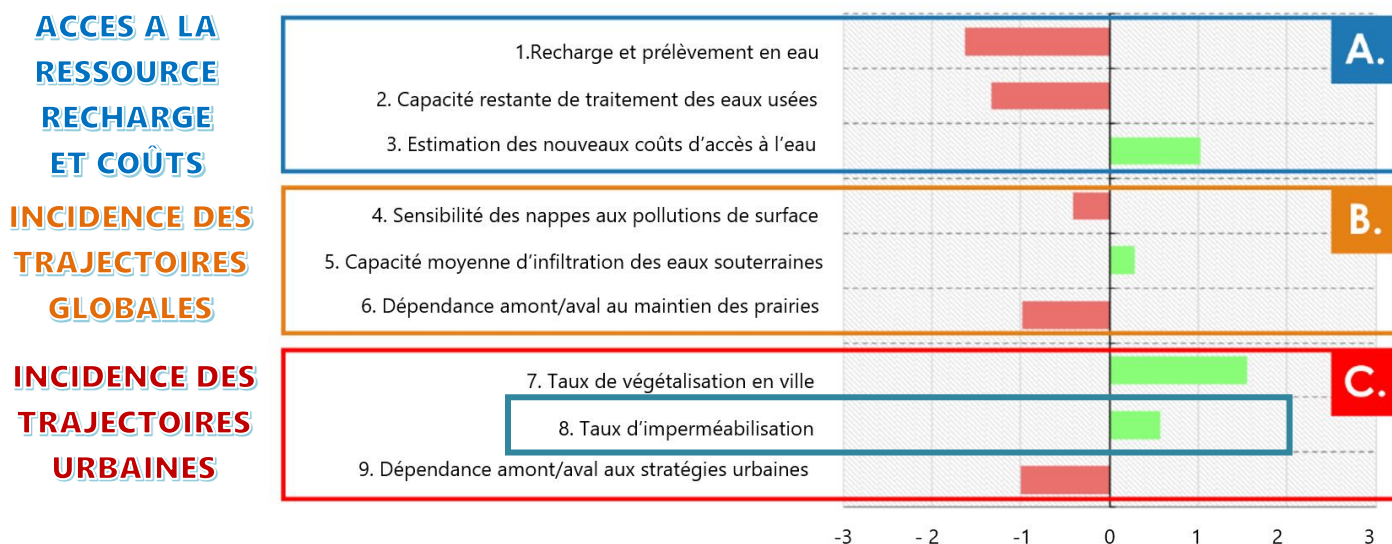
A noter également, que la diminution d'infiltration en surface, ne va pas systématiquement se traduire en défaut de recharge de la nappe sous-jacente. **La perméabilité du sous-sol, présentée dans l'indicateur n°5 intervient.** Cet indicateur doit donc être analysé conjointement.

Mais même en l'absence de possibilité de recharge de la nappe, au droit des espaces artificialisés, cet indicateur est également le reflet :

- > D'une possible accélération de la réponse du sous-bassin versant aux phénomènes pluvieux, en l'absence de dispositifs de stockage ;
- > D'un possible accroissement des pollutions par lessivage des sols et d'une diminution du pouvoir auto-épurateur, associé à la perte d'espaces naturels ou agricoles.

Annexe 8 : Taux d'imperméabilisation

Dans chaque carte d'identité, cette capacité apparaît sous le libellé « Taux d'imperméabilisation » du bloc **C. Incidence des trajectoires urbaines** :



Méthode de calcul :

Cet indicateur fournit le ratio des **surfaces bâties et imperméabilisées en 2021** par rapport à la surface artificialisée totale de chaque sous-bassin versant.

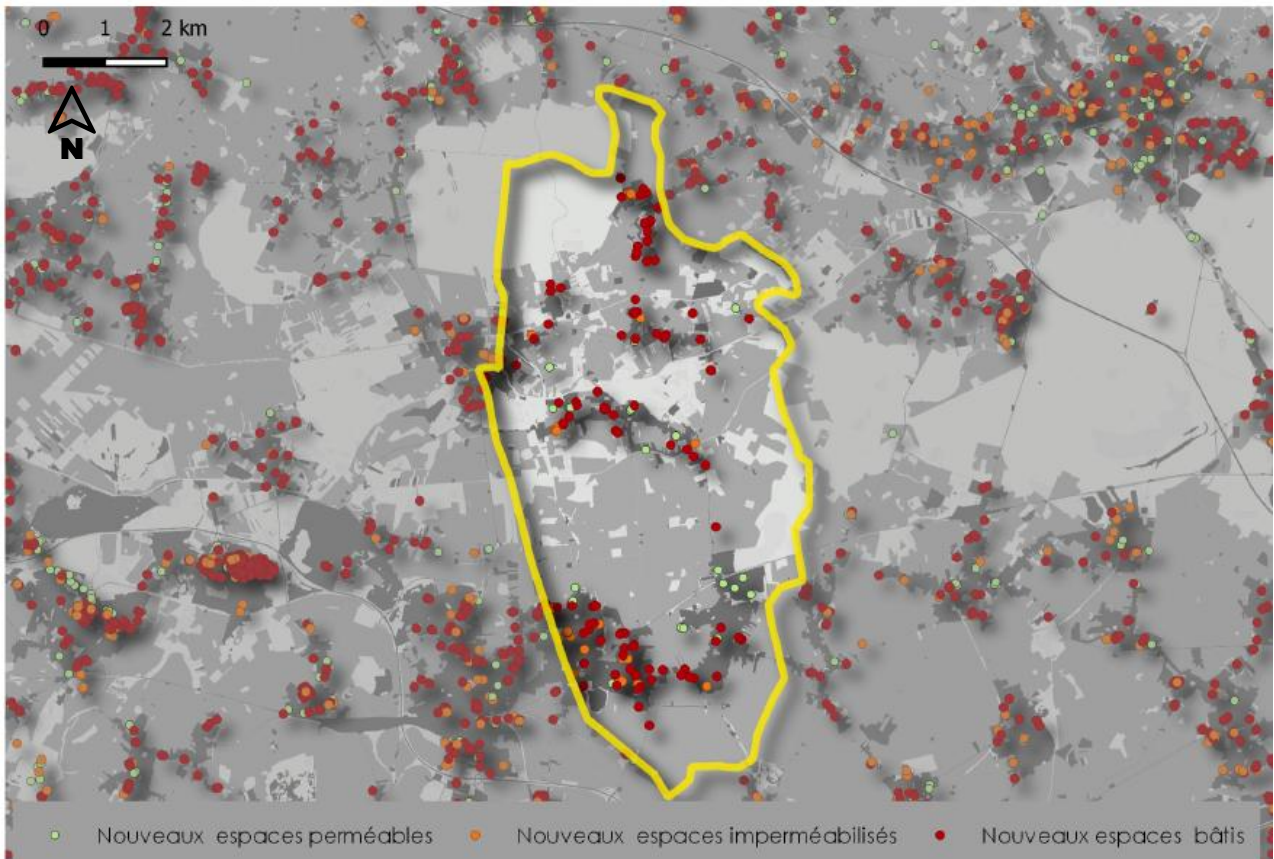
Plus le score est fort (5) plus le taux d'imperméabilisation est élevé. Un tel espace urbain très minéralisé limite l'infiltration des eaux et participe à l'inverse, d'avantage aux aléas hydro-climatiques (inondation, ruissellement ...).

La donnée utilisée est la base « Occupation du Sol en 2 dimensions (OCS2D) des Hauts-de-France », millésime 2021 Datahub. (s. d.).

<https://www.geo2france.fr/datahub/dataset/2608239d-d11f-471e-8a61-f6b4bce8222a>

La carte vient compléter cet indicateur d'état et présente **les nouvelles surfaces imperméabilisées ces 15 dernières années entre 2005 et 2021**.

Imperméabilisation entre 2005 et 2021 sur le sous-bassin versant Escaut aval :



A noter que les aménagements de gestion des eaux pluviales, enterrés ou les matériaux favorisant l'infiltration, ne sont pas perceptibles à cette échelle.

Seul le **changement d'occupation du sol** d'un ancien sol urbanisé mais végétal ou perméable, vers un espace bétonné, enrobé ou bâti est pris en compte.

Une valeur **élevée est le reflet d'une perte de fonctionnement naturel des sols**, et d'une forte minéralisation globale des espaces urbains de cette unité.

Elle peut induire une perte de **capacité d'infiltration et une réponse plus rapide et accrue** aux aléas hydro-climatiques (*inondation par remontée de nappe ou débordement, ruissellement, îlots de chaleur urbain*).

La mise en place d'une politique de gestion intégrée des eaux pluviales, dans l'habitat, les zones d'équipement ou d'activité, ainsi que les voiries peut toutefois en limiter les effets, en **gérant la pluie à la parcelle, ou en dimensionnant des ouvrages de stockage adaptés**.

Principaux enseignements :

Le rapport sur les enjeux (phase 2 de l'étude) décrit l'impact de la modification des qualités des sols sur le processus d'infiltration naturelle. Tout sous-bassin versant fortement imperméabilisé aura pour conséquence en cas d'épisodes pluvieux intenses :

> **De possibles saturations du réseau d'eau pluviale ;**

> **Des pics de traitement** dans les réseaux unitaires et donc des **coûts associés** au traitement de ces pics pour limiter le débordement de ces STEP, lors d'épisodes pluvieux intenses, ou les eaux de pluie se mélangent aux eaux usées ;

> **Des coûts élevés d'ouvrage de stockage** (1 500€/m²) voire de protection, qui contribuent à écrêter ces apports et à protéger les biens ou personnes. Ceux-ci sont d'autant plus coûteux que des principes de gestions à la source, pour favoriser l'infiltration sur l'ensemble du sous-bassin versant, ne sont pas systématisés ;

> **Une vulnérabilité des biens et personnes** en contexte urbain associée au ruissellement intense.

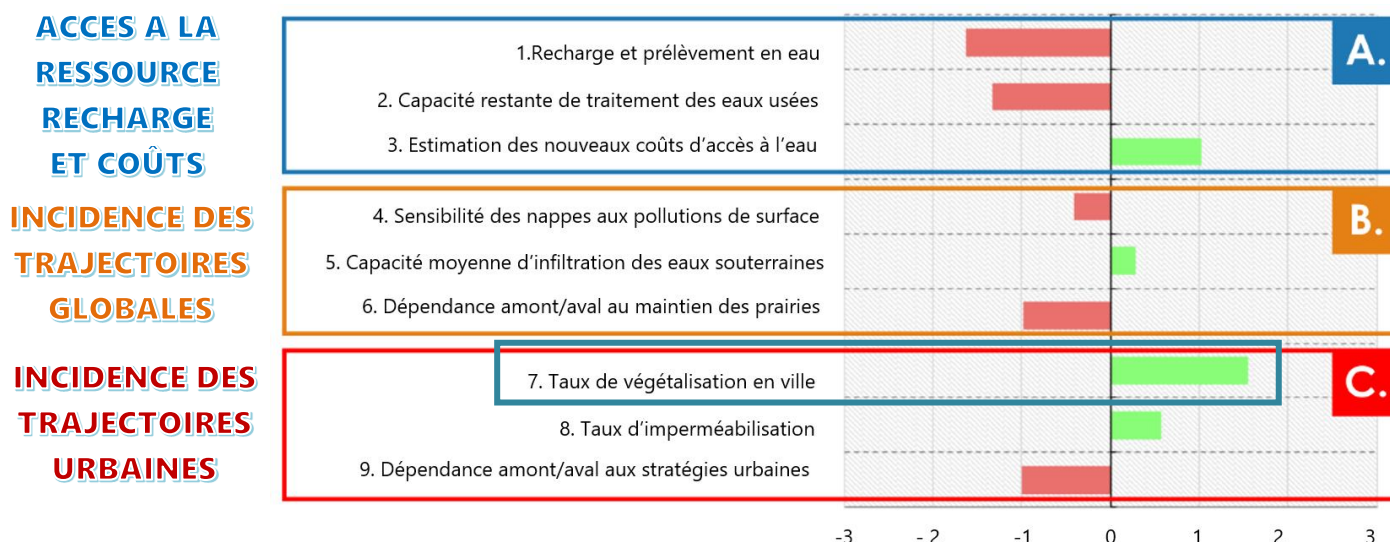
Le taux d'imperméabilisation global est donc un indicateur permettant une première approche des aléas auxquels le sous-bassin versant est potentiellement exposé. Il **est le reflet du niveau de perturbation du grand cycle de l'eau** et de son infiltration induit par cette urbanisation.

Les différentes formes d'imperméabilisation : tissus d'habitat, routes, parkings, zones d'activités du sous-bassin versant étudié sont résumées dans un indicateur global par sous-bassin versant. Les cartographies de l'évolution passée de l'imperméabilisation, viennent utilement compléter ces taux par les dynamiques de ces 15 dernières années. Pleinement conscients de ces enjeux, le territoire du Grand Douaisis s'est attaché à mener une **politique de gestion à la source des eaux pluviales**, complétée d'une **gestion intégrée des eaux pluviales en ville** (choix de matériaux adaptés, zones végétalisées, aménagement ou de dispositifs de stockage) qui facilitent l'infiltration ou la régulation des pluies courantes comme plus intenses.

Cet indicateur doit être combiné avec l'indicateur de nature en ville, ci-après, qui qualifie la proportion de végétal dans les seules couronnes urbaines.

Annexe 9 : Taux de végétalisation en ville

Dans chaque carte d'identité, cette capacité apparaît sous le libellé « Taux de végétalisation en ville » du bloc **C. Incidence des trajectoires urbaines** :



Méthode de calcul :

Cet indicateur fournit le ratio des surfaces enherbées et arborées, publiques et privées, par rapport à la surface des seuls espaces urbanisés de chaque sous-bassin versant. En tant que ratio, cet indicateur s'affranchit de la surface totale du sous-bassin versant et de la surface globale urbaine. Il exprime donc bien la caractéristique de chaque bourg, ville ou hameaux de ce sous-bassin versant, indépendamment de leur taille.

La végétalisation de l'espace urbain contribue à assurer de nombreux services écosystémiques : **régulation des températures maximales lors d'épisodes de forte chaleur, infiltration du pluvial en ville et limitation du ruissellement associés aux épisodes pluvieux intenses** tout particulièrement dans les zones pentues.

Associé à cette protection contre les aléas climatique, cette « nature en ville » contribue à de nombreux co-bénéfices en termes de biodiversité, de cadre de vie, de bien-être et de santé.

Plus le score est fort, plus le taux de nature en ville est élevé.

Outre le rôle direct du système racinaire, dans ces processus d'infiltration, le végétal, sous réserve d'un espace de pleine terre suffisant, contribue à la « pédogénèse », c'est-à-dire la production de sol vivant, via la décomposition de matière organique. Ce taux de matière organique contribue directement à augmenter la réserve utile, c'est-à-dire la **capacité naturelle d'un sol à stocker de l'eau et à le restituer à la plante, dans le cas de stress hydrique**.

Toute politique de plantation en ville doit donc être accompagnée du choix de revêtements perméables, pour (re)constituer un stock hydrique dans les sols urbains et du choix de palettes végétales adaptées au régime climatique local : un végétal n'évapotranspire plus s'il est en stress hydrique...

La donnée utilisée pour construire cet indicateur est la base « Occupation du Sol en 2 dimensions (OCS2D) des Hauts-de-France, millésime 2021, Datahub. (s.d.).

<https://www.geo2france.fr/datahub/dataset/2608239d-d11f-471e-8a61-f6b4bce8222a>.

Principaux enseignements :

Outre les risques de saturation des réseaux d'eaux pluviales et de contribution aux pollutions de surface, les cœurs urbains peu végétalisés sont exposés à des phénomènes d'îlot de chaleur liés à l'absence de rafraîchissement du végétal en ville. Il convient pour autant de s'assurer que le végétal ait accès à l'eau puisqu'un végétal n'évapotranspire pas s'il est en stress hydrique.

A noter que cet indicateur est un **ratio entre surfaces végétalisées et non végétalisées, des seuls espaces urbains**. A ce titre, cet indicateur s'affranchit de la surface totale du sous-bassin versant. **Il exprime donc bien le taux de végétalisation de chaque bourg, ville ou hameaux, indépendamment de sa taille.**



