

L'eau souterraine dans le bassin Artois Picardie

**Etat des lieux :
origine, usages et qualité**

Septembre 2008

Sommaire



- Introduction
- Origine de l'eau souterraine
 - Géologie
 - Hydrogéologie et nappes exploitées
 - Recharge et fonctionnement des nappes
- Utilisations de l'eau souterraine
 - Exploitation
 - Usages
 - Alimentation en eau potable
- Qualité de l'eau
 - Minéralisation naturelle
 - Surveillance
 - Bilan qualité
- Conclusion



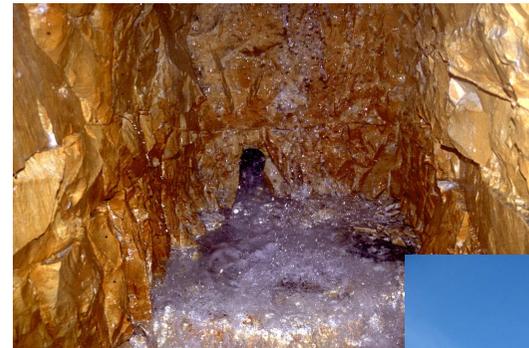
Introduction

- **Importance de l'eau souterraine dans le bassin**

Dans le bassin Artois Picardie, l'eau souterraine, bien qu'elle soit une ressource cachée, est omniprésente et constitue une ressource essentielle et indispensable. En effet, 96% des eaux potables distribuées sont d'origine souterraine et la quasi-totalité des eaux de surface est issue d'émergences de nappes, c'est dire l'importance des eaux souterraines comme ressource en eau pour tous les usagers.

La disponibilité et la qualité des eaux souterraines sont des impératifs constants qu'il est parfois difficile de tenir du fait notamment de la grande densité de population du bassin Artois Picardie et de la répartition inégale de ces eaux souterraines.

L'évolution de la qualité de la ressource en eau fait l'objet d'un suivi constant depuis de nombreuses années, par le biais des contrôles sanitaires effectués par les DDASS (Directions départementales des affaires sanitaires et sociales) au titre de l'alimentation en eau potable et par le biais des réseaux de surveillance de l'Agence de l'eau au titre de la connaissance patrimoniale et pour répondre à la Directive Cadre Européenne.



I - Origine de l'eau souterraine

GEOLOGIE

- Il y a plus de 4 milliards d'années, la terre a connu des épisodes géologiques de fortes intensités avec la formation et la consolidation d'une croûte basaltique en surface, l'apparition des océans suite à la condensation d'une atmosphère primitive très fortement chargée en humidité, l'apparition des premières molécules organiques autoreproductrices (bactéries).
Quelques millions d'années plus tard, des mouvements orogéniques puissants ont déformé l'écorce terrestre qui s'est fragmentée en plaques. Ces morceaux d'écorce terrestre ont subi des phénomènes d'érosion, de transport et de sédimentation. Grâce à l'activité photosynthétique des plantes, une vie animale a pu progressivement se développer.
Des mouvements tectoniques et métamorphiques ont modifié la structure des continents sujette déjà aux déformations provoquées par des collisions entre les plaques (plissements, failles...). La tectonique des plaques a provoqué l'apparition d'océans envahissant certaines terres (transgressions). Des dépôts sédimentaires massifs (sables, argiles, graviers...) se sont accumulés formant des épaisseurs très variables pouvant aller jusqu'à plus de 10 000 m.
Ces superpositions de strates sont à l'origine d'un patrimoine géologique inestimable qui recèle, au sein des roches compactes et poreuses, des eaux souterraines de bonne qualité.

Une succession d'événements géologiques a affecté le bassin Artois Picardie jusqu'à l'ère quaternaire. Ces transformations et évolutions de notre sous-sol ont produit des terrains très différents plus ou moins perméables. Dans la constitution du patrimoine géologique du bassin, les transgressions ont joué un rôle majeur.
- **À l'ère secondaire**
Jusqu'au début de l'ère secondaire, la région du Nord va résister aux transgressions marines en demeurant exondée. Mais au Jurassique, les transgressions marines amorcent lentement leurs avancées dans la région Nord. La transgression liasique atteint Hirson mais la mer cesse son avancée voire recule en certains endroits. Au Jurassique moyen (bajocien et bathonien), l'avancée marine est plus brusque et ample. Les formations paléozoïques vont se couvrir de dépôts bajociens sableux. La sédimentation produit essentiellement des terrains calcaires (calcaires gréseux, calcaires oolithiques, calcaires marneux...).
- Au Cénomaniens (crétacé supérieur), suite à l'ouverture de l'océan Atlantique Nord, la transgression atteint son paroxysme et recouvre quasiment la région Nord à l'exception de la région lilloise. Sous un climat chaud, les microorganismes foisonnent. Ils seront piégés lors de la sédimentation d'une boue calcaire. Mais à la fin du crétacé, la mer régresse et la diagenèse transforme les sédiments en craie.
- **À l'ère tertiaire**
La position de la mer est très mouvante. Des dépôts de type continentaux s'accumulent dans la partie nord-est (argile, sable...).
- **À l'ère quaternaire**
Les alternances de périodes de glaciation provoquent un refroidissement important et une baisse sensible du niveau marin. Les phases périglaciaires participent à la fissuration de la craie en diaclases qui favoriseront quelques millions d'années plus tard l'infiltration annuelle de plusieurs millions de m³ d'eau vers les aquifères de la craie. Les dépôts de cailloutis et de loess se sédimentent en plaine maritime et continentale.

Origine de l'eau souterraine

HYDROGEOLOGIE

Le bassin Artois Picardie recèle une grande richesse hydrogéologique, mais quelles sont les nappes exploitables ?

- La difficulté essentielle est de trouver et de capter de l'eau souterraine de qualité pour la consommation d'eau potable. Certaines nappes du bassin Artois Picardie ne peuvent être exploitées en raison de leur mauvaise qualité naturelle ou de la faible productivité de l'aquifère : salinité de la nappe des dunes, mauvaise qualité de la nappe des sables landéniens en raison de sa teneur en sulfates... Compte tenu de ces difficultés, encore aggravée par la pollution d'origine anthropique, des prélèvements importants ne peuvent avoir lieu que dans la nappe du calcaire carbonifère et dans la nappe de la craie
- Cinq grands aquifères, qui contiennent les nappes du même nom, sont représentés dans le bassin Artois-Picardie :
 - la craie,
 - le calcaire carbonifère du synclinal de ROUBAIX,
 - les calcaires carbonifère et dévonien moyen de l'Avesnois,
 - les calcaires primaire et jurassique du Boulonnais,
 - les sables éocènes en Flandres et dans le bassin d'ORCHIES.

- **La nappe de la craie, le château d'eau de la région**

Par sa superficie et sa productivité, l'aquifère de la craie constitue le principal réservoir du bassin et fournit 90% de la ressource en eau potable. La nappe de la craie détient une valeur économique très importante en alimentant de nombreuses villes, industries et exploitations agricoles (irrigation dans la Somme...). À l'exception du Boulonnais et de l'Est du département du Nord, elle est présente sur l'ensemble du bassin Artois Picardie et particulièrement dans l'Artois où le sous-sol crayeux constitue une véritable éponge absorbant les eaux de surface excédentaires. Située à des profondeurs variables, proche de la surface dans certaines vallées (Canche, Scarpe, Escaut...), à plus de 30 m de profondeur sous certains plateaux (Cambrésis, Artois...), la nappe de la craie a une productivité très importante, souvent supérieure à 100 m³/h. Mais il existe des disparités géographiques :

Schématiquement, l'aquifère se trouve sous trois dispositions :

- La craie des plateaux, à l'affleurement, est peu perméable car les fissures sont rares en profondeur. La nappe est en régime libre et a une productivité faible sur les plateaux élevés d'Artois, du Cambrésis et de Picardie, la profondeur de la nappe peut atteindre 40 mètres.
- La craie sous recouvrement alluvionnaire, dans certaines vallées (la Somme et ses affluents, la Canche, l'Authie, la Sensée, l'Escaut, la Scarpe, etc.) proches de la surface, est très productive, avec des débits souvent supérieurs à 100 m³/h, car elle reçoit d'importants débits de drainance en provenance des alluvions et de la nappe de la craie en plateau. La nappe est en régime captif.
- La craie sous recouvrement imperméable, très fissurée et altérée en bordure de recouvrement, l'aquifère est très productif mais mal alimenté latéralement, ce qui peut provoquer des surexploitations de la nappe qui, de captive devient libre.
- Au-delà de quelques centaines de mètres de la mise en captivité, la craie est compacte et devient peu aquifère.

Origine de l'eau souterraine

- **Les nappes des calcaires**

Ces nappes sont présentes dans le Boulonnais (nappe du jurassique), dans l'Avesnois (nappe du Primaire) et sous l'agglomération lilloise. À l'exception de la nappe carbonifère de la métropole lilloise, les nappes sont libres.

Les nappes des calcaires du Boulonnais circulent dans des réservoirs multicouches des calcaires Carbonifères, dont seule la région de MARQUISE constitue la zone la plus intéressante dans l'exploitation de la ressource en eau souterraine, car les calcaires, fortement fissurés, présentent une bonne perméabilité. Les terrains Jurassiques, constitués par une alternance d'argiles, de marnes de calcaires et de grès, ne possèdent pas d'affleurement suffisamment vaste pour renfermer des nappes puissantes. Quelques sources variées, recouvertes par des alluvions riches en eau, fournissent de bons rendements au niveau des vallées de la Liane (SAINT LEONARD, HESDIGNEUL) et de la Slack (Sud de MARQUISE) ou dans les grès du Kimméridgien et du Portlandien (Nord de WIMEREUX).

Les calcaires de l'Avesnois sont le siège de nappes circulant dans des réservoirs plissés et faillés d'orientation Ouest – Est. Les calcaires du Viséen et Tournaisien du Carbonifère sont fissurés et karstifiés sous les vallons, ce qui constitue des réservoirs exploitables. Ces nappes possèdent un régime libre à affleurement et captif sous recouvrement de cénomaniens argileux.

- **La nappe captive du calcaire carbonifère de Roubaix**

Présente à Roubaix, Tourcoing, Lille, Armentières, la nappe du calcaire carbonifère détient une importance économique considérable malgré sa faible superficie et sa grande profondeur. Les prélèvements alimentent une grande partie des besoins industriels et une partie des besoins domestiques en eau potable de la métropole lilloise.

La nappe s'étend du Hainaut occidental belge à l'agglomération de LILLE, ROUBAIX, TOURCOING. Le réservoir, constitué des calcaires dolomitiques du Viséen, des calcaires et calcschistes du Tournaisien, est marqué par une forte fissuration d'origine karstique également alimentée par drainage verticale de la nappe de la craie où se développent des poches de dissolution, ce qui favorise son exploitation. Ces terrains présentent des fissures inégalement réparties favorisant la circulation de l'eau à des vitesses parfois rapides (plusieurs centaines de mètres par jour). La productivité est très variable d'un forage à l'autre, certains pouvant produire plusieurs centaines de m³/h.

- **La nappe des sables tertiaires**

La nappe des sables du Landénien (Eocène inférieur) est située dans les Flandres, le Calais, au Nord de l'Artois (axe BETHUNE, SAINT OMER, CALAIS) et en Belgique. On distingue la nappe du Landénien, libre, le long du contour Sud des Flandres et sur le pourtour du bassin d'ORCHIES et la nappe du Landénien, captive, sous des faciès argileux Yprésiens, dans les Flandres et le bassin d'ORCHIES.

Ces nappes ont une productivité médiocre, elles ne sont donc pas exploitées pour satisfaire les besoins en alimentation en eau potable de la région. Le débit maximum d'un forage oscille entre 5 et 7 m³/h. La nappe des sables n'est utilisée que pour un usage agricole (irrigation...).

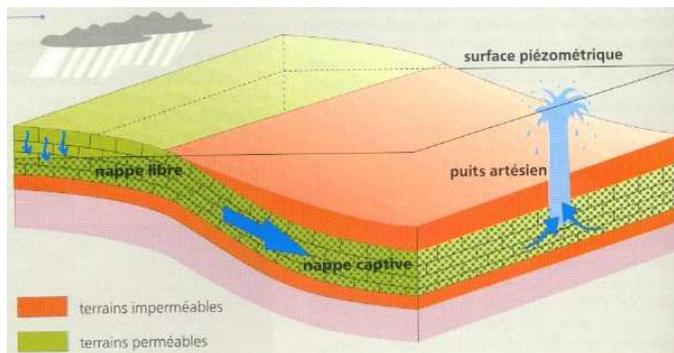
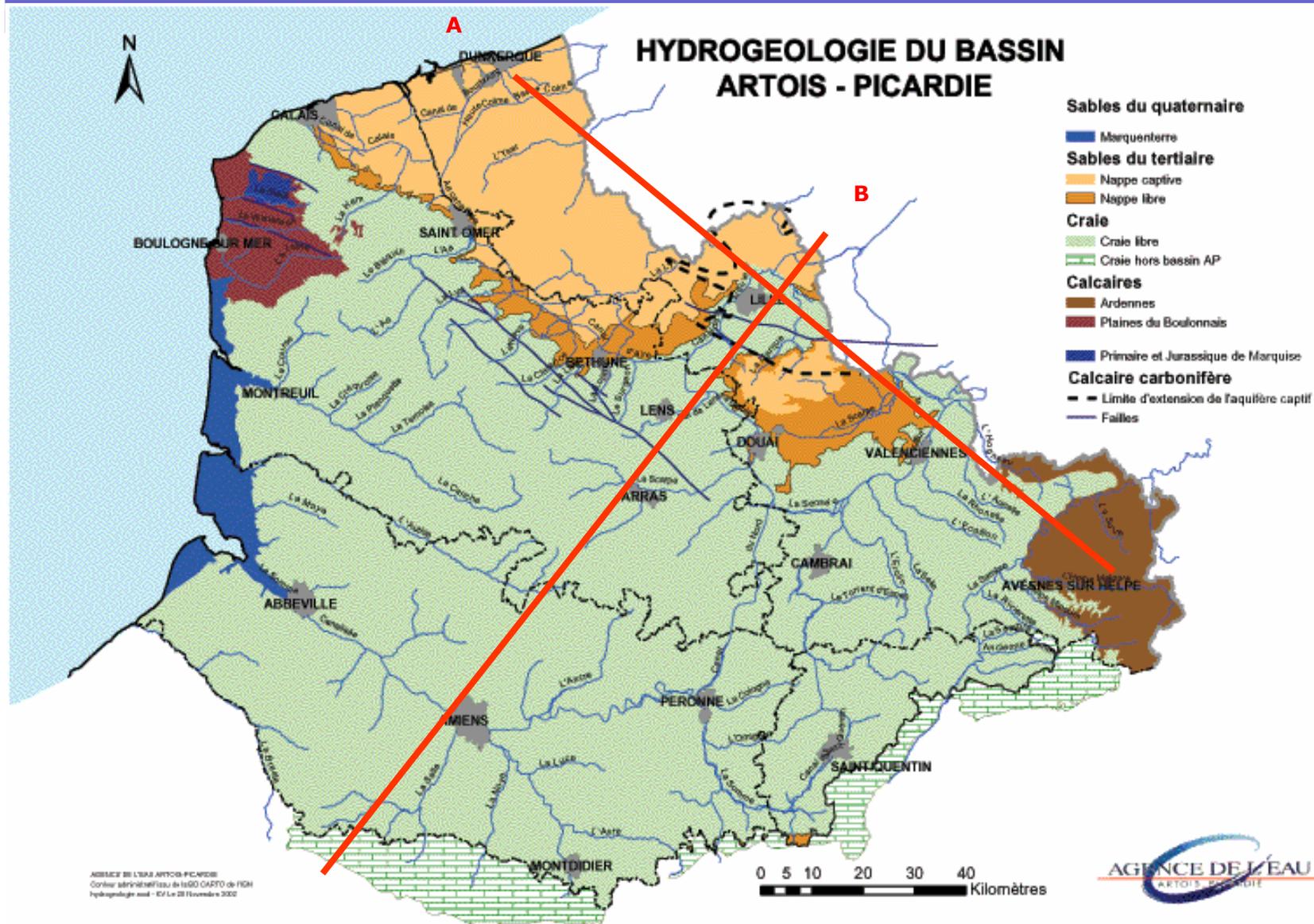
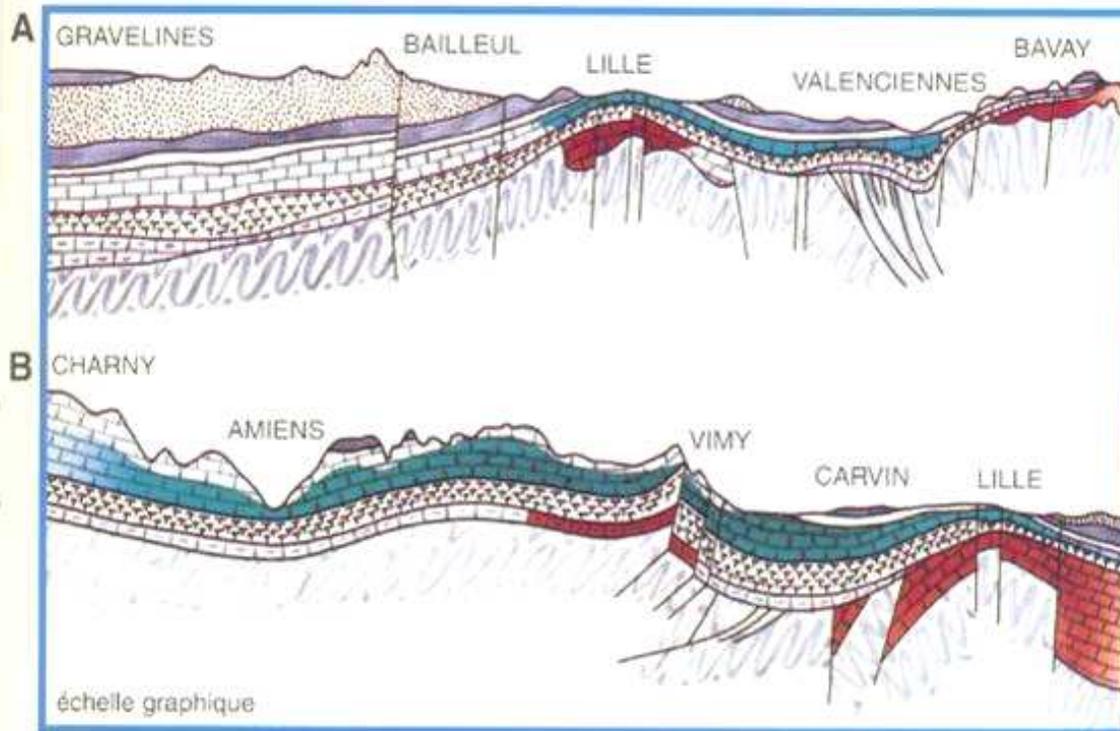


Schéma d'une nappe libre (pas de recouvrement argileux) et d'une nappe captive en pression sous l'argile. Forage artésien jaillissant

Hydrogéologie



Coupes hydrogéologiques



Coupes géologiques avec localisation des couches aquifères contenant une nappe :

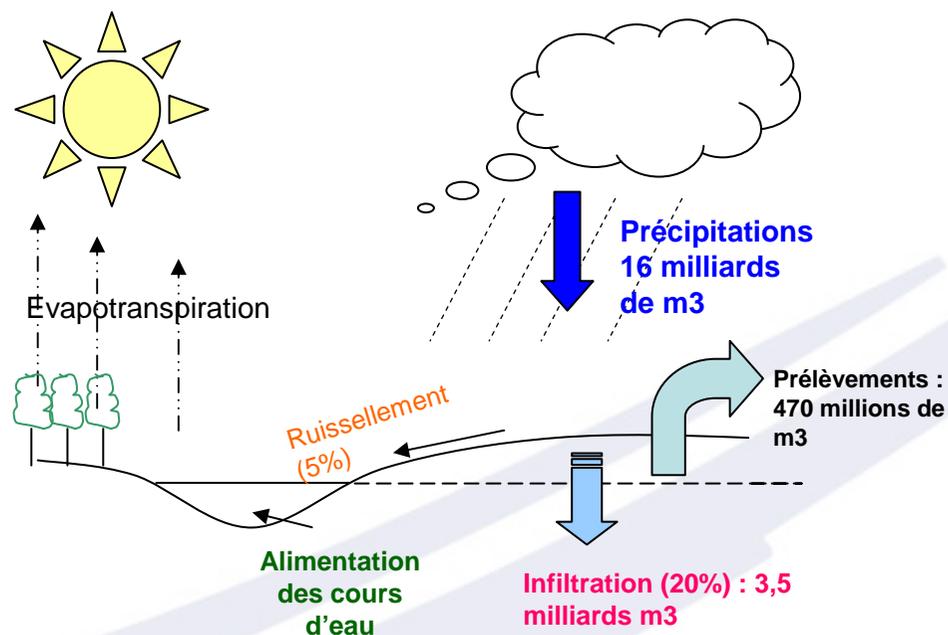
- En bleu la nappe de la craie du Sénoturonien, devenant captive en Flandres,
- En rouge les nappes captives de la craie du Cénomaniens de l'Artois et des calcaires carbonifères de la région Lilloise.

Sous la plus grande partie de la Flandres, on peut noter l'absence de nappe exploitable.

Cycle de l'eau

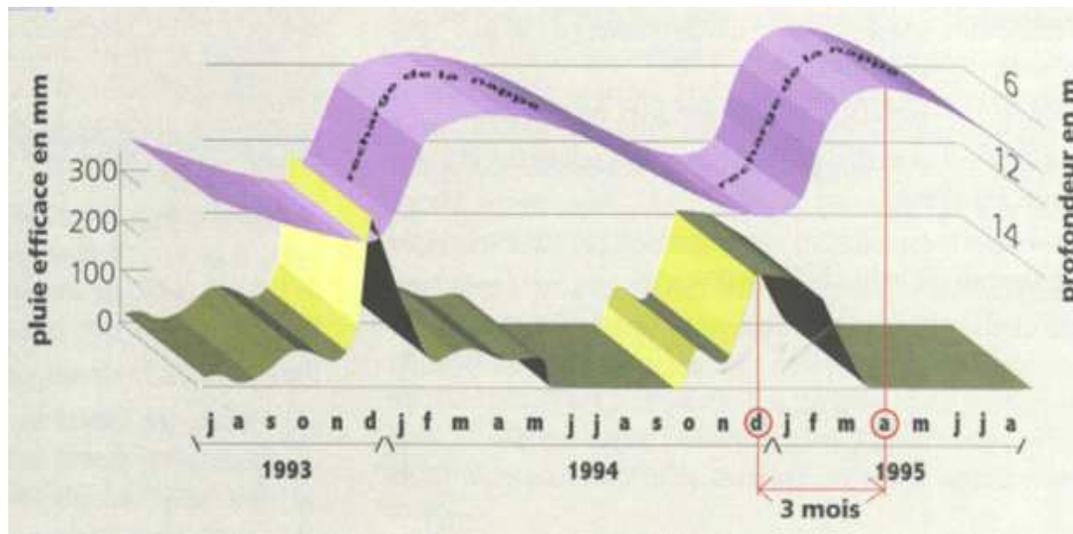
Volumes d'eau en jeu

- Dans le bassin Artois-Picardie, on estime que la lame moyenne de pluie efficace (eau non évaporée ou consommée par les plantes) est de 186mm ce qui assure le renouvellement annuel de la ressource à hauteur de 3,5 milliards de m³. Dans la même année, l'alimentation des cours d'eau par les nappes va représenter un volume analogue. Autrement dit, l'eau de pluie efficace va exercer sur les eaux de pluie déjà pénétrées dans le sous-sol une pression (effet piston) qui, in fine, fera gonfler les nappes qui vont s'écouler latéralement vers leurs exutoires, c'est-à-dire les cours d'eau.
- L'infiltration moyenne d'une lame d'eau de 186 mm dans le bassin Artois Picardie assure le renouvellement de la ressource à hauteur de 3,438 milliards de m³. Il n'est prélevé sur ce stock que 470 millions de m³ chaque année



Evolution saisonnière des nappes

- Dans les zones d'alimentation des aquifères, une partie des précipitations ne ruisselle pas dans les cours d'eau. Elle s'infiltré dans le sol.
 - Dans les premières dizaines de centimètres, une fraction des eaux d'infiltration subit une évaporation et un prélèvement pour les besoins des plantes (évapotranspiration). Importante l'été, l'évapotranspiration ne permet pas aux eaux d'infiltration de recharger les nappes. N'alimentant pas les aquifères, cette eau est nommée Réserve Facilement Utilisable (RFU). Seules les précipitations échappant à l'emprise de l'évapotranspiration et participant à la recharge de la nappe sont appelées pluies efficaces. L'infiltration dans le sous-sol et la recharge des nappes nécessitent la saturation de la zone "à RFU".
 - Au-delà de la zone "à RFU", l'empilement des lames d'eau efficaces dans le sous-sol est mu par l'arrivée d'une lame d'eau qui pousse, comme l'effet d'un piston, l'épaisseur d'eau de la zone non saturée vers la zone saturée. Dans le bassin Artois Picardie, ce mouvement vertical est produit par l'arrivée d'une lame d'eau de plus de 125 mm d'épaisseur qui exerce une pression sur l'eau imprégnant les terrains superficiels et provoque une réaction de la nappe trois mois plus tard.



Variation piézométrique de la nappe et volumes des pluies réelles et efficaces sur un an.

L'observation des graphiques montre que la recharge de la nappe de la craie présente un niveau maximal en avril s'opère grâce aux précipitations d'octobre à janvier.

Evolution saisonnière des nappes

- Dépendant de l'ampleur des précipitations, de la perméabilité de la roche et de la profondeur de la nappe, le niveau des nappes - crue/décru - fluctue naturellement au cours de l'année par vidange des aquifères dans les sources et les cours d'eau en communication avec les nappes. Il existe un décalage entre la chute importante de précipitations et la remontée des nappes libres lié aux transferts de pression. Ainsi, cours d'eau et aquifères réagissent différemment aux apports importants de précipitations :
 - l'observation de l'hydrogramme des cours d'eau montre une augmentation quasi-immédiate de leur débit,
 - au contraire, l'élévation des niveaux piézométriques s'amorce plus tardivement en raison de l'effet "piston" qui marque un décalage de quelques mois entre le maximum observé des pluies et le maximum observé de la piézométrie.
- Il existe également un effet cumulatif pluriannuel de situation de recharge ou décharge de la nappe : plusieurs années successives d'excédent ou de déficit pluviométrique vont provoquer des situations piézométriques parfois exceptionnelles, comme en 2001 (hautes eaux des crues excédent de 2000-2001) ou en 2006 (basses eaux suit aux déficit de 2004-2006).
- La pluie efficace est saisonnièrement abondante en hiver, et parfois absente en été. La recharge de la nappe de la craie, qui présente en général un niveau piézométrique maximal en avril, s'opère grâce aux précipitations d'octobre à janvier. Un décalage de trois mois est ainsi observé entre les maxima de recharge et de hauteur de nappe.

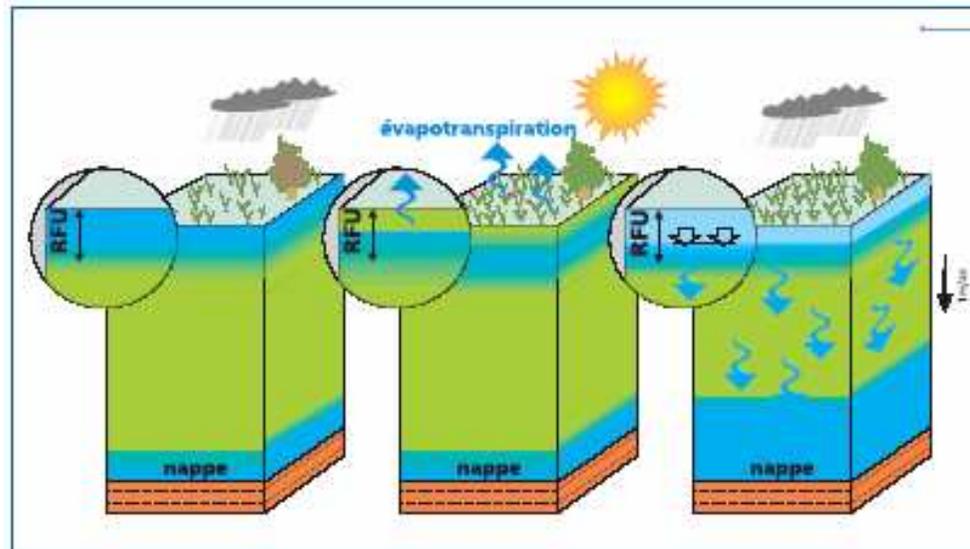
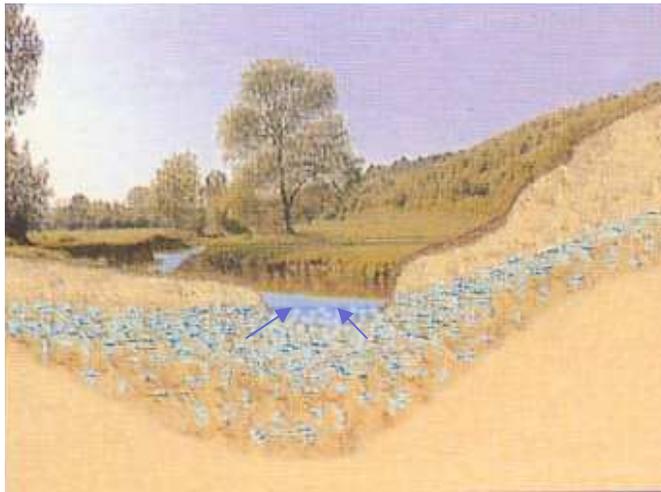


Schéma d'infiltration des pluies efficaces et de recharge des nappes

Echanges nappes rivières

- La superposition de bassins versants hydrographiques et hydrogéologiques témoigne d'une communication étroite entre l'ensemble des cours d'eau de l'Artois (Authie, Somme, Canche...) et la nappe de la craie. Il semble que la nappe participe, notamment en période de faible alimentation pluviale, à 80 % du débit de la Somme, de l'Authie et de la Canche, à 70 % de celui de la Lys, de l'Aa et de la Selle.
- Selon les saisons, les échanges entre la rivière et la nappe se modifient :
 - en présence d'un déficit pluviométrique ou d'une saison sèche, le débit de la rivière (basses eaux) est alimenté par drainage de la nappe en quantité d'autant plus grande que le niveau de la rivière est bas (période d'étiage),
 - à la fin de la période sèche, ou lors d'une séquence pluvieuse abondante, le sens de l'écoulement se modifie. Les hautes eaux de la rivière contribuent à la recharge des nappes. Cette inversion peut poser des graves problèmes en cas de pollution. La communication étroite entre les nappes et les rivières peut avoir des incidences négatives en présence d'un aquifère épuisé. La surexploitation de la nappe peut désorganiser le réseau hydrologique en asséchant ou en réduisant le régime des cours d'eau en relation avec les aquifères exploités.



Hautes eaux (hiver)



Basses eaux (été)

Le retard entre les hautes eaux des cours d'eau et celles des nappes s'expliquent par le délai de transfert vertical et latéral de l'onde de pression due aux infiltrations efficaces. Ce retard, ou effet tampon, est la raison de l'écoulement d'eau dans les rivières alors qu'il ne pleut plus depuis plusieurs semaines. De même, en fin de saison sèche, les premières pluies gonflent les rivières alors que les nappes continuent de baisser. Il y a alors inversion des écoulement et les rivières « alimentent » temporairement les nappes.

II - Utilisation de l'eau souterraine

● Exploitation des eaux souterraines

- Les eaux souterraines sont exploitées par l'intermédiaire de sources au niveau des exutoires naturels ou à l'aide de puits et forages directement dans la nappe. On en compte plus de 1500 encore actifs à ce jour dans le bassin, tous usages confondus dont 1100 rien que pour la production d'eau potable.

Les captages de source

- Les captages de source sont le mode traditionnel de prélèvement de l'eau souterraine. Les sources étant les exutoires naturels des nappes, l'approvisionnement en eau avait lieu grâce aux captages dans les sources. Les aménagements étaient très sommaires. L'eau de source était acheminée par gravité dans des aqueducs vers les lieux de consommation situés en aval (place verte à Valenciennes...).
- Aujourd'hui, le captage de source est délaissé en raison de l'irrégularité des débits et des risques de pollution accidentelle de l'eau. Néanmoins, lorsqu'il est utilisé, des aménagements sont prévus avec la construction d'une chambre de captage et l'installation de dispositifs contrôlant la hauteur du seuil d'émergence. Ce mode de prélèvement est encore utilisé dans le bassin Artois Picardie lorsque la présence de nappes trop superficielles et trop peu productives nécessite de s'intéresser aux exutoires naturels, seuls gisements d'exploitation d'eau possibles : dans le Boulonnais avec les sources du Wimereux, dans l'Avesnois avec le captage des Razières à Féron.



Source de Bergueneuse (62)



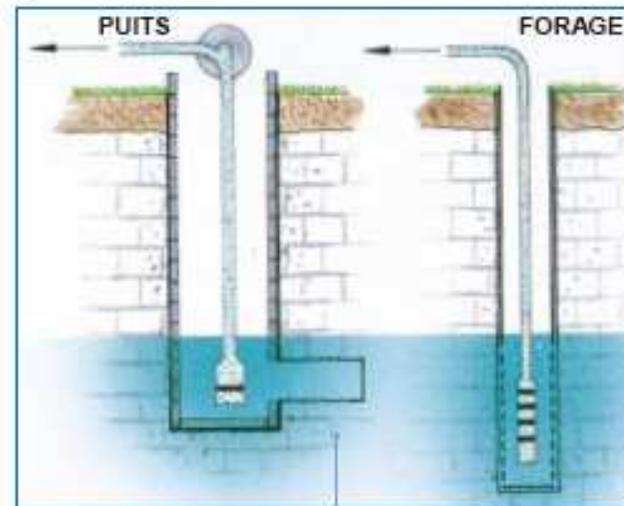
Puits artésien dans une cressonnière

Captage de l'eau souterraine

- **Les captages de nappes**

L'amélioration de la connaissance du comportement des eaux souterraines a permis le recours aux captages de nappe.

- **Le puits** : Ancêtre du forage, il était creusé à la main par les puisatiers. De profondeur moyenne ou faible (inférieure à 100 m), de diamètre parfois supérieur à 1,20 m, il est aujourd'hui cuvelé en maçonnerie. Il est peu utilisé. Pour améliorer ses performances, il peut être complété par des galeries drainantes horizontales.
- **Le forage** : Le recours au forage permet de capter de l'eau à de plus grandes profondeurs (supérieures à 100 m). Plusieurs méthodes assurent le creusement d'un forage :
 - la méthode traditionnelle par battage (perforation de roche et évacuation des déblais par curage de la cavité),
 - la méthode par rotation - injection issue de la technique pétrolière : un tricône à molettes perce par rotation la roche tout en injectant un fluide qui assure la remontée de la roche broyée et le refroidissement de l'outil de forage. La paroi est ensuite protégée par un tube en métal ou en plastique.



Un puits peut comporter une galerie lorsque l'aquifère est peu productif, ce qui est le cas lorsqu'il est creusé en plateau, à proximité du château d'eau.

Le forage est le captage d'eau souterraine le plus utilisé actuellement. Souvent implanté dans les vallées, il est muni d'une pompe immergée qui refoule l'eau vers la surface.

Captage de l'eau souterraine



Station de pompage



Intérieur d'un puits

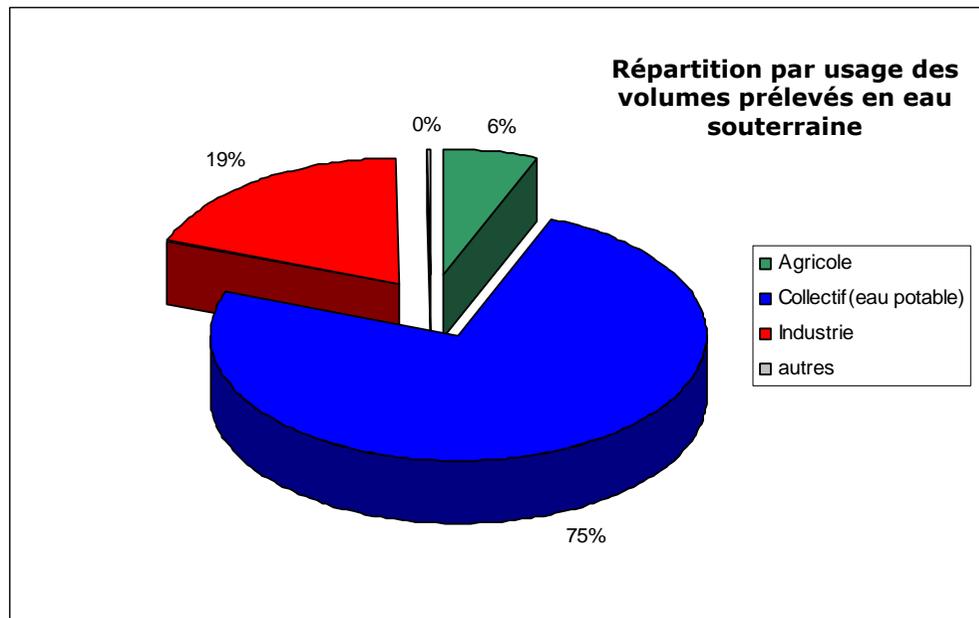


Galerie captante du Molinet (62)

Usages de l'eau souterraine

Volumes prélevés

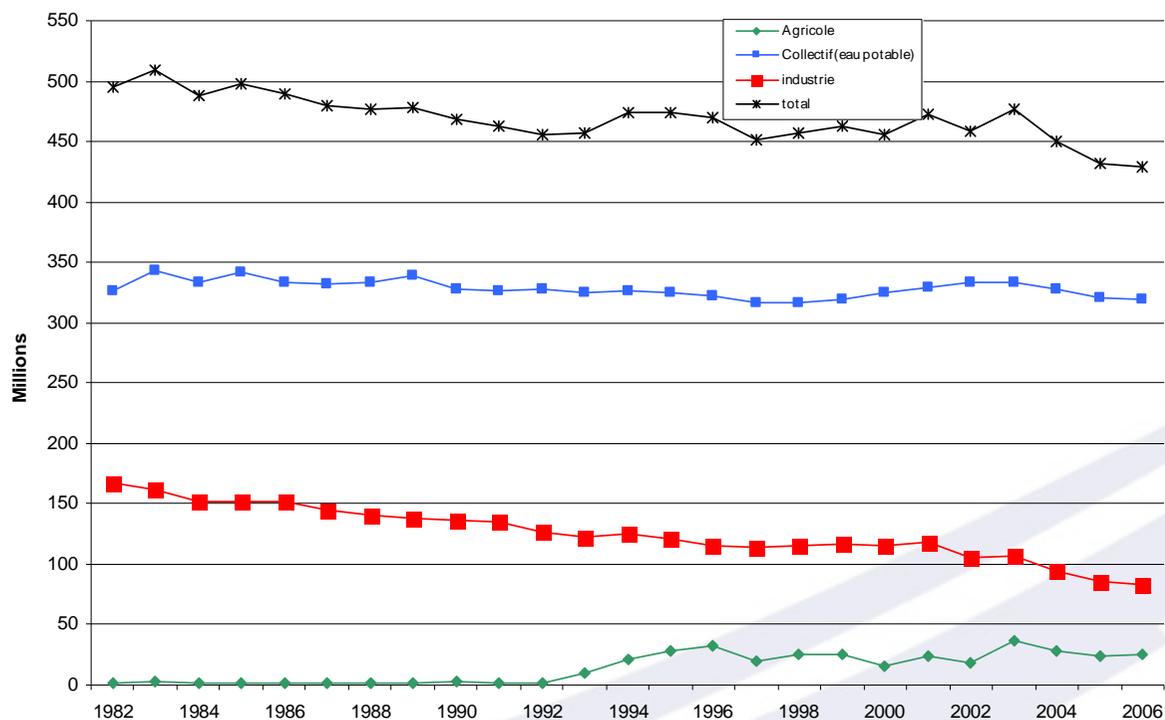
- Chaque année 430 millions de m³ (valeur 2006) sont prélevés dans les nappes d'eau souterraine du bassin dont 375 millions rien que dans la nappe de la craie. *Pour comparaison, les volumes prélevés en eau de surface sont de 169 millions de m³ dont 22 millions pour l'eau potable (13%), 146 millions pour l'industrie (86.4%) et 1 million pour l'irrigation (0.6%)*
- L'usage majoritaire de l'eau souterraine est l'alimentation en eau potable (75%), puis l'industrie (19%) et enfin l'agriculture à des fins d'irrigation.
- On compte environ 1500 captages encore actifs dans le bassin dont 1100 rien que pour l'alimentation en eau potable des populations.



Ce graphe montre que l'eau souterraine est majoritairement utilisée pour la production d'eau potable (75% soit 322 millions de m³/an)

Evolution des prélèvements

- Ces 25 dernières années, les prélèvements en eau souterraine ont une tendance à la diminution, surtout ceux à usage industriel avec un volume prélevé de plus de 160 millions de m³ en 1982 qui est descendu à 84 millions de m³ en 2006. Cette baisse est en partie liée à la fermeture d'industries fortement consommatrices (teintureries, textile) mais aussi à l'utilisation de technologies moins consommatrices d'eau grâce au recyclage et aux circuits fermés.
- Dans le domaine de l'eau potable, après une légère diminution dans les années 90, le niveau de prélèvement s'est stabilisé malgré la croissance démographique. Les facteurs explicatifs sont à la fois la prise de conscience des particuliers (liée notamment au prix de l'eau), la modernisation des équipements ménagers ainsi que les efforts réalisés par les collectivités pour lutter contre les fuites.



Diminution globale des volumes d'eau souterraine prélevés

- baisse des prélèvements industriels
- stabilisation des prélèvements en eau potable depuis 2000

Alimentation en eau potable

Production d'eau potable

- La ressource en eau potable est à 96% constituée par de l'eau souterraine dans le bassin Artois-Picardie. Le volume total exploité pour l'eau potable représente 344 millions de m³ en 2006 dont seulement 22 millions d'eau superficielle.
- La majorité de l'eau souterraine exploitée provient de la nappe de la craie, ressource en eau d'importance régionale. Les autres nappes exploitées sont situées dans le Boulonnais (nappes du Séquanien et du Bathonien), dans l'Avesnois (nappe des calcaires du Carbonifère) et en profondeur sous la métropole Nord (nappe captive des calcaires du Carbonifère).
- Seules deux unités de production d'eau potable utilisent de l'eau de surface : l'usine de CARLY (62) alimentant Boulogne/mer et ses environs et l'usine d'Aire sur la Lys alimentant la communauté urbaine de Lille.
- Il existe également un site de réalimentation de nappe, situé à Houlle-Moulle. En période de basses eaux, de l'eau de la rivière Houlle est prélevée et réinfiltrée dans la nappe après traitement par l'intermédiaire de bassins d'infiltration. L'eau destinée à la production d'eau potable est ensuite prélevée dans la nappe.

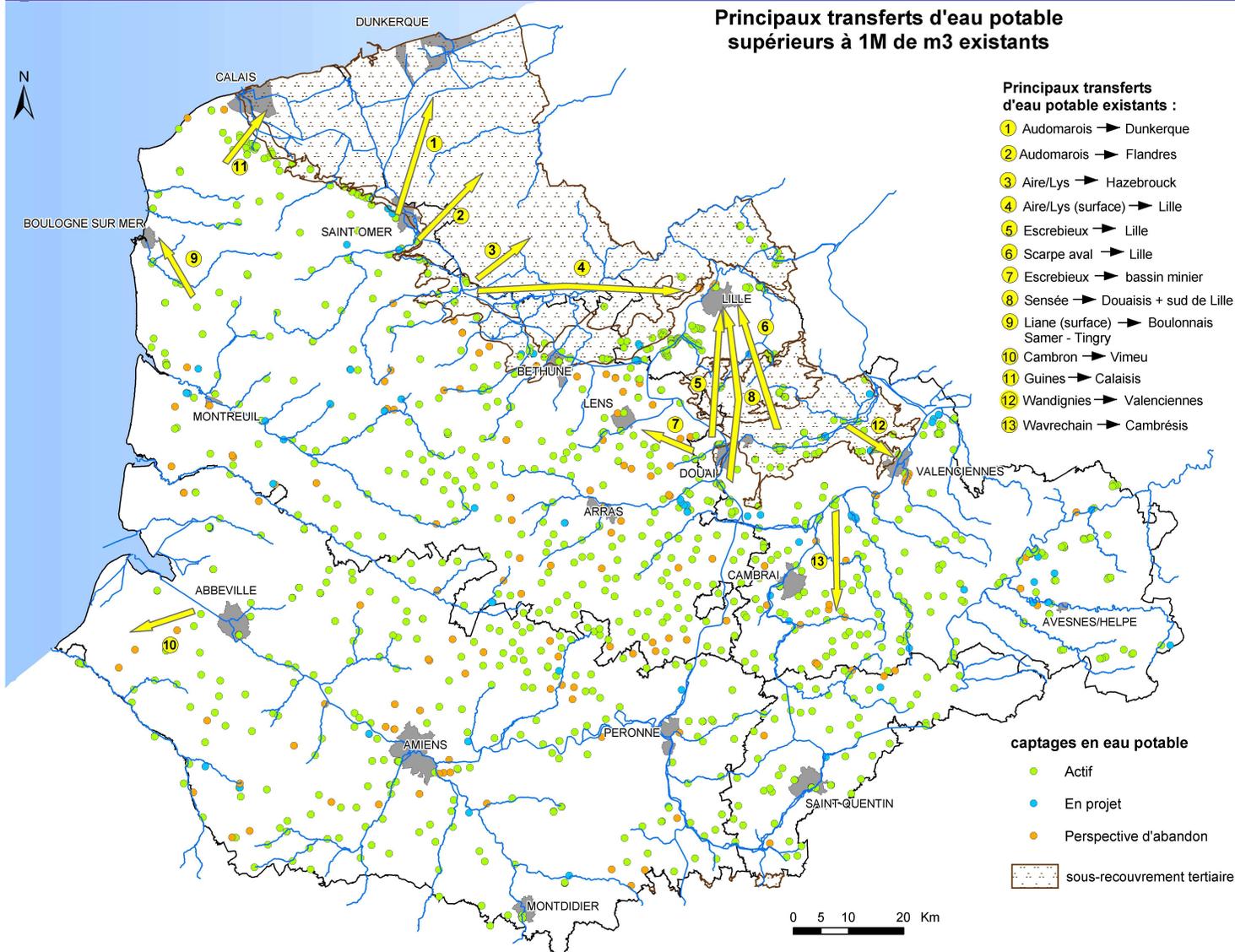


Répartition géographique

- Le bassin Artois Picardie a une densité de 235 hab/km², supérieure de 2,5 fois la moyenne nationale. De plus, la répartition est inégale car au nord des collines de l'Artois, et notamment dans la métropole lilloise, cette densité peut atteindre 500 hab/km².
- Dans la zone crayeuse, les collectivités disposent d'une ressource de proximité, ce qui provoque une multitude de captages de toutes capacités. Récemment, les difficultés liées à la dégradation de la qualité de l'eau ont parfois imposé le recours à des ressources plus lointaines et donc à des regroupements de production.
- Le secteur des Flandres est quant à lui dépourvu de ressource en eau souterraine potable. Le regroupement des collectivités a permis de rechercher cette ressource manquante dans la nappe de la craie, imposant des adductions de près de 50 km. Les grandes collectivités du Nord ont également dû avoir recours à ces adductions pour trouver la ressource en terme de qualité et de quantité qui soit conforme aux besoins.



Transferts d'eau potable



Du fait de l'absence de ressource en eau, certaines collectivités importantes privilègent de l'eau dans d'autres secteurs et l'acheminement sur de grandes distances

Ex : St Omer vers Dunkerque (35 km), Aire/Lys vers Lille (50 km)

Protection réglementaire des captages

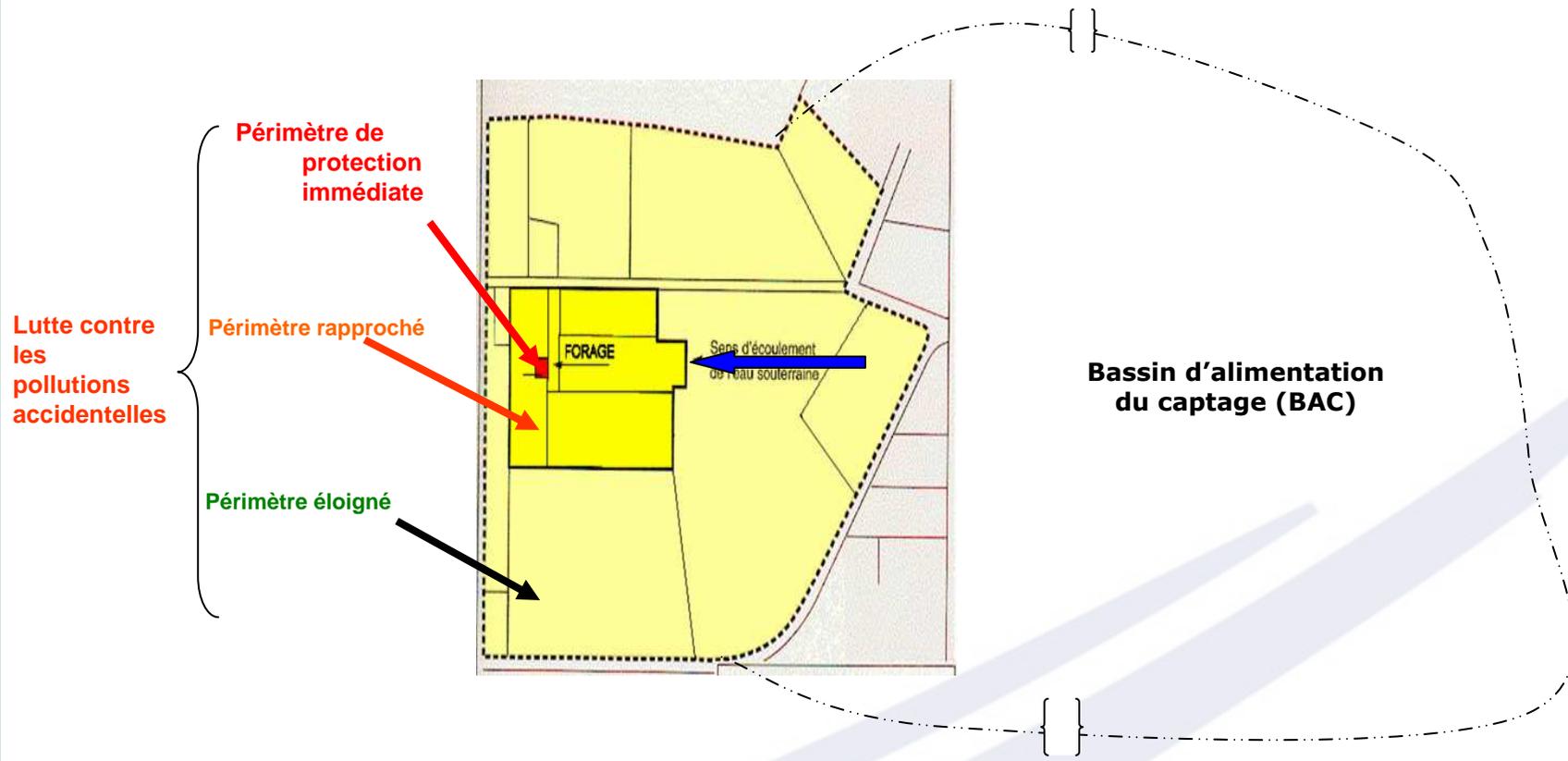
Périmètres de protection



Forage sous château d'eau et périmètre immédiat clôturé

- Le code de la santé publique (articles L1321-2 et R1321-13) prescrit l'établissement, autour des points de prélèvement d'eau destinés à la consommation humaine existants ou à créer, de 3 périmètres de protection, (immédiate, rapprochée et éloignée) à l'intérieur desquels sont interdites ou réglementées les activités pouvant nuire à la qualité de l'eau
- **Un périmètre de protection immédiate**, où les terrains sont à acquérir en pleine propriété par le propriétaire du captage. Il a pour fonction d'empêcher la détérioration des ouvrages et d'éviter que des déversements ou des infiltrations d'éléments polluants ne se produisent à l'intérieur ou à proximité immédiate du captage. A l'intérieur du périmètre immédiat, toute activité autre que celle liée au service d'exploitation des eaux y est interdite.
- **Un périmètre de protection rapprochée**, à l'intérieur duquel peuvent être interdits ou réglementés toutes les activités, tous les dépôts ou installations de nature à nuire directement ou indirectement à la qualité des eaux. C'est la partie essentielle de la protection. Sa définition repose sur :
 - - les caractéristiques du captage (mode de construction de l'ouvrage, profondeur, débit, ...),
 - - les conditions hydrogéologiques et la vulnérabilité de l'aquifère,
 - - les risques de pollution (points d'émission, nature des polluants, vitesse de transfert, moyens de prévention, délais d'alarme, ...).
- Le cas échéant, **un périmètre de protection éloignée**, à l'intérieur duquel peuvent être réglementés les activités, installations et dépôts ci-dessus visés.
- Définis pour un temps maximal de prélèvement, les périmètres sont dimensionnés pour faire obstacle aux éléments polluants susceptibles d'altérer de façon significative la qualité de l'eau. Ainsi, l'étendue des périmètres est calculée de manière à assurer en cas de pollution accidentelle un temps de transfert suffisamment long (en général 50 jours), permettant de déclencher l'alerte et d'envisager une intervention en temps utile.

Schéma des zones de protection de captages



Les 3 zones de protection réglementaire ainsi que le bassin d'alimentation, souvent plus vaste que le périmètre éloigné

Déroulement de la procédure de protection des captages

Les différentes étapes de la procédure

- Les périmètres de protection autour des captages d'eau destinée à l'alimentation humaine sont institués réglementairement par un acte de déclaration d'utilité publique (D.U.P.) qui intervient au terme d'une procédure administrative menée par l'organisme qui en a la responsabilité. Elle doit nécessairement comprendre les étapes suivantes :
 - Délibération de la collectivité,
 - Instruction technique :
 - . Constitution d'un dossier technique,
 - . Consultation et **rapport de l'hydrogéologue agréé** en matière d'hygiène publique,
 - Instruction administrative :
 - . Constitution des dossiers et **consultation administrative**,
 - . Constitution du rapport de fin de consultation,
 - Préparation du dossier de D.U.P., comportant plan et état parcellaire,
 - **Enquête conjointes d'utilité publique et parcellaire**,
 - **Avis du CODERST**,
 - **Déclaration d'Utilité Publique**,
 - Phase opérationnelle : acquisition de terrain et travaux de mise en conformité avec la D.U.P.

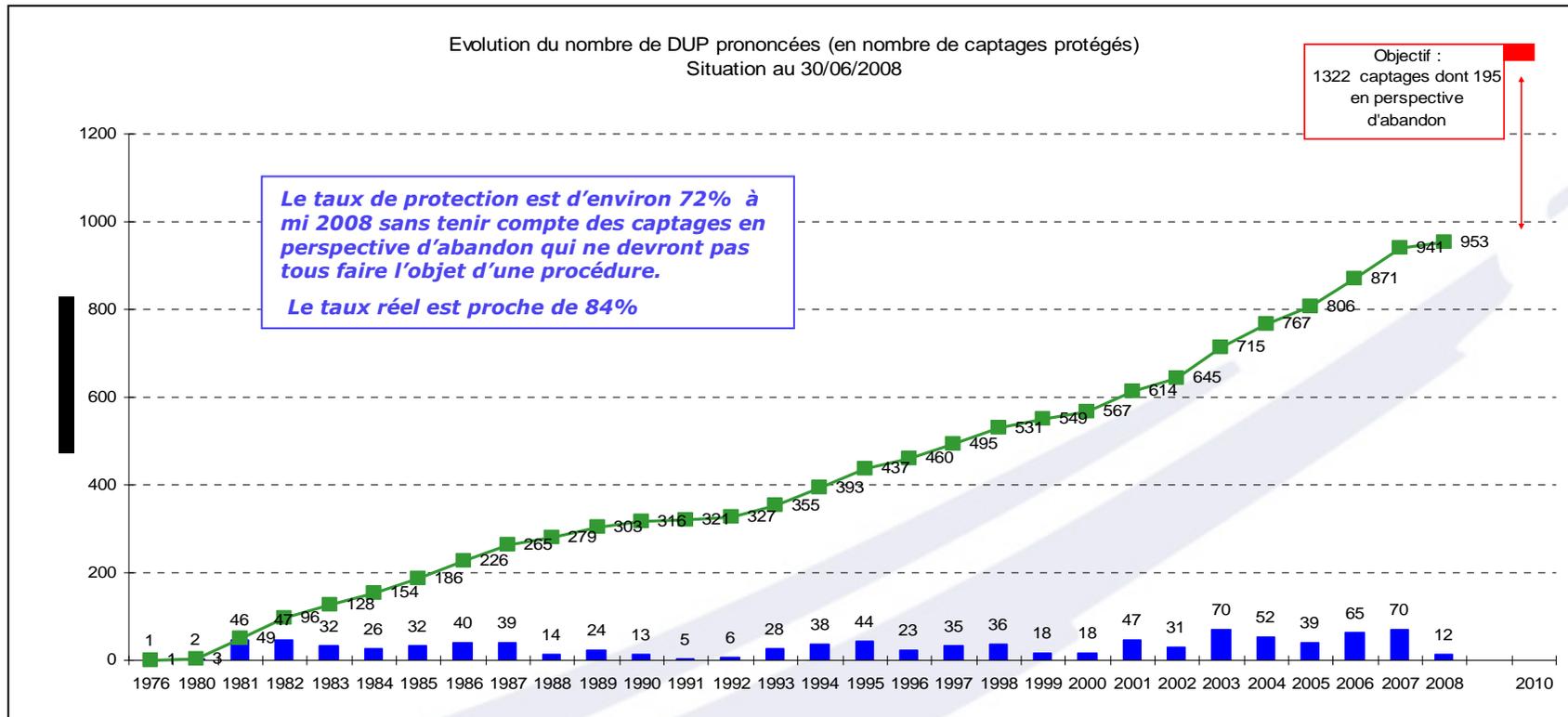
L'instruction de la procédure

- Dans le bassin Artois-Picardie, depuis Janvier 2007 ce sont les services des Directions Départementales de l'Action Sanitaire et Sociale (DDASS) qui instruisent les procédures administrative pour tous les départements.
- Dans l'Aisne, le Pas-de-Calais et la Somme, le Conseil Général peut intervenir en tant que Maître d'Ouvrage délégué pour se substituer aux collectivités pour l'exécution de la procédure. Dans ces départements, la partie technique de la procédure est souvent confiée par le Maître d'Ouvrage à un cabinet d'études privé. Dans le Nord, les principaux distributeurs d'Eau Potable ou la MISE assurent le rôle d'opérateur technique.
- Pour accélérer l'avancement des procédures en aidant le travail des services de l'état, l'Agence a financé des marchés d'assistance administratives dans le Pas de Calais (à partir de 2002), dans la Somme (2003-2006) et dans l'Aisne (à partir de 2007).

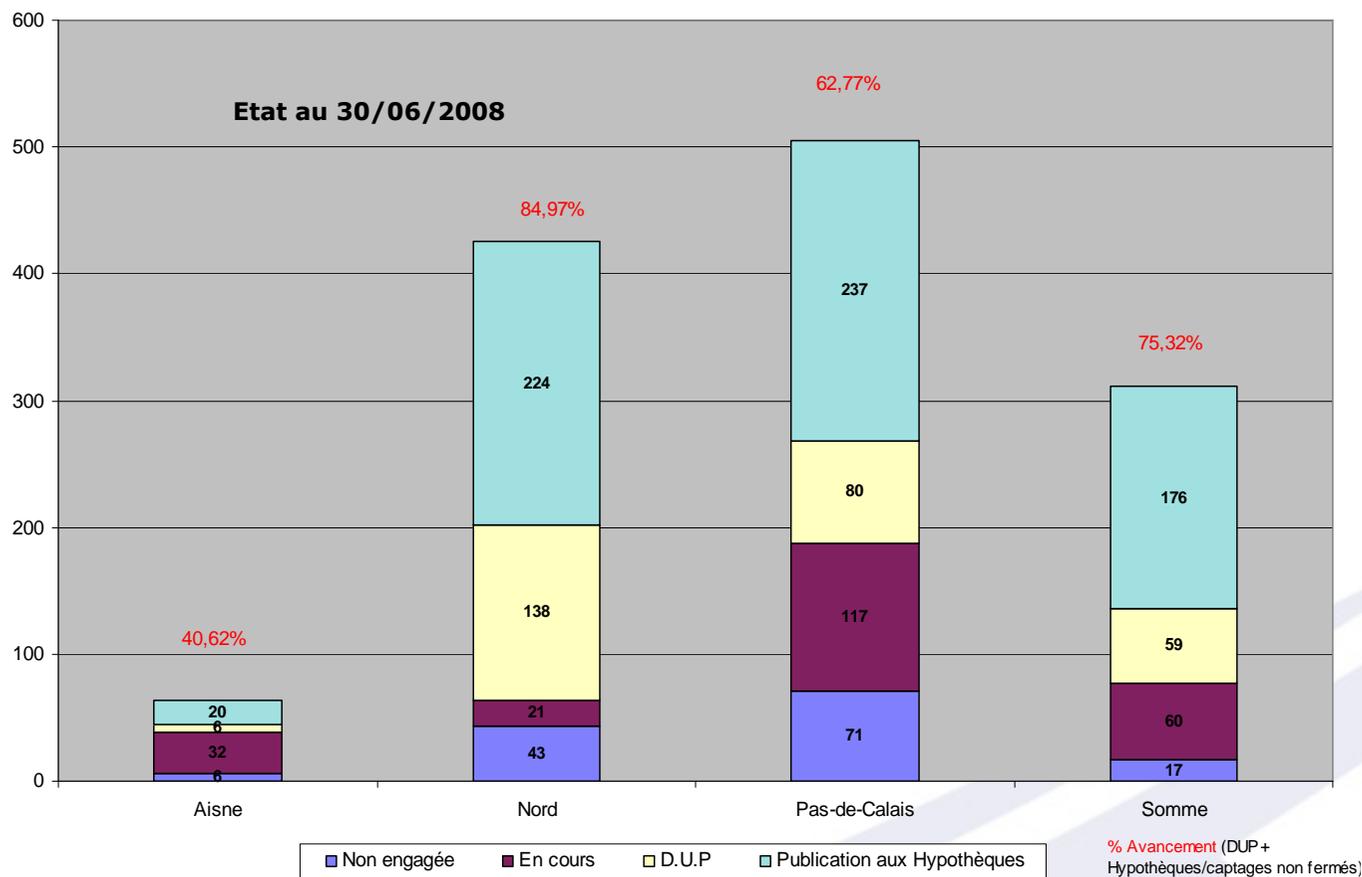
Avancement des procédures dans le bassin Artois Picardie

Situation en Artois-Picardie

- **Le Plan National Santé Environnement (PNSE) 2004-2008** a défini comme objectif prioritaire la protection de la totalité des captages à l'échéance 2010, avec un objectif intermédiaire de 80% des captages protégés fin 2008.
- La protection réglementaire des captages d'eau potable a été une des priorités de l'agence depuis le 7^e programme et continue de l'être dans le 9^e programme entamé début 2007. Compte tenu des moyens d'assistance mis en œuvre par l'Agence, le nombre de captages protégés administrativement augmente de façon importante ces dernières années. L'objectif ambitieux est de terminer les procédures administratives d'ici 2010.



Avancement des procédures par département



La situation est variable selon les départements :

- dans le Nord, on trouve plusieurs grandes collectivités qui ont mené leurs procédures à terme en lien avec la MISE.

- dans le Pas de Calais, et la Somme, la maîtrise d'ouvrage déléguée aux conseils généraux et les marchés d'assistance administrative ont permis de faire avancer les procédures à un bon rythme depuis quelques années.

- dans l'Aisne, l'assistance a démarré plus tardivement ce qui explique le taux plus faible mais l'écart tend à se combler.

Protection de la ressource en eau

Lutte contre les pollutions diffuses et dispersées dans les bassins d'alimentation des captages

• Un outil d'accompagnement financier

- Dans le cadre de son 9e programme d'interventions (2007-2012), l'Agence de l'Eau Artois-Picardie lance des opérations ambitieuses : les opérations de reconquête de la qualité de l'eau. Le principal objectif est de réduire toutes les sources de pollution de l'eau pouvant affecter une ressource en eau utilisée pour l'alimentation en eau potable. Elles reposent sur une approche globale et le développement d'une dynamique locale forte. Cette démarche peut s'appliquer également de façon préventive pour les captages dont la qualité de l'eau n'est pas encore altérée.

• Deux outils réglementaires

- L'article 21 de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 a créé un nouvel outil visant à renforcer la protection des ressources en eau utilisées pour l'alimentation en eau potable (article L. 211-3 5° du code de l'environnement). Il permet la création de zones de protection des bassins d'alimentation des captages d'eau potable, sur lesquelles seront mis en œuvre des programmes d'action visant à réduire les pollutions diffuses d'origine agricole.

Le point 5° relatif aux « aires d'alimentation des captages d'eau potable » incite dans un premier temps à modifier volontairement les pratiques agricoles ou assimilées sur un territoire (réduction des intrants, couverture des sols, diversification assolement...) pouvant avoir des conséquences sur la qualité de la ressource utilisée pour l'alimentation en eau potable ou sur sa disponibilité. Il permet dans un second temps d'imposer des contraintes particulières pour protéger la ressource en eau potable existante ou future, tant du point de vue de la qualité de la ressource que des volumes à préserver. Il est à noter qu'une aire d'alimentation peut concerner un ou plusieurs captages d'eau potable. *Les modalités de mise en œuvre des zones de protection des aires d'alimentation des captages figurent dans le décret n°2007-882 du 14 mai 2007 « relatif à certaines zones soumises à contraintes environnementales et modifiant le code rural », paru au JO du 15 mai 2007.*

- La zone de protection d'une aire d'alimentation de captage correspond en général à la totalité du bassin d'alimentation du captage (BAC). Elle est plus étendue que le PPR qui n'en constitue généralement qu'une petite partie.
- Les périmètres de protection immédiate (PPI) et rapprochée (PPR) des périmètres de protection de captages sont destinés avant tout, de par leurs dimensions restreintes, à lutter contre les pollutions ponctuelles et accidentelles.

→ Pour améliorer la synergie entre les démarches, il convient pour les captages n'ayant pas encore de DUP et présentant des risques de pollutions diffuses, de prévoir au moment de l'étude préalable à l'élaboration du périmètre de protection, la délimitation simultanée du bassin d'alimentation du captage et de sa vulnérabilité aux pollutions diffuses.

Déroulement d'une opération

Etapes d'une opération de reconquête de la qualité de l'eau

- La mise en œuvre d'une opération de protection du bassin d'alimentation de captages (BAC) se fait selon 5 phases principales :
 - Identification du territoire d'étude et de la collectivité porteuse du projet (idéalement la collectivité responsable de la distribution d'eau potable).
 - Réalisation d'une étude visant à délimiter le bassin d'alimentation du captage et sa vulnérabilité intrinsèque. *Dans ce contexte le Ministère chargé de l'écologie et les agences de l'eau ont souhaité disposer d'une trame méthodologique commune à l'échelle nationale pour délimiter les aires d'alimentation des captages dénommées « bassins d'alimentation de captages (BAC) » dans le cas des eaux souterraines. Une méthodologie a été développée à cet effet par le BRGM et vise également à cartographier au sein des BAC la vulnérabilité plus ou moins forte des secteurs vis à vis des pollutions diffuses. Cette étape est essentielle pour mieux cibler les territoires d'action dans le cas de BAC s'étendant sur de vastes surfaces.*
 - Inventaire des pressions sur le BAC : agricoles, industrielles, artisanales, communales et domestiques
 - Elaboration du plan d'action et des mesures, réalisations et travaux à effectuer pour reconquérir ou préserver la qualité de la ressource
 - Réalisation des actions : contractualisation avec les agriculteurs (MAE et PVE), aides à l'ANC, aides de l'agence prioritaires aux collectivités qui lancent ou participent à une telle opération.

Animation : Initier et soutenir une dynamique locale forte

En parallèle et pour accompagner ces études et travaux, il est nécessaire qu'une animation soit mise en place pour diffuser l'information sur le terrain aux acteurs concernés et recueillir leurs attentes et leurs questions. En effet, la préservation de la qualité des ressources en eau dépend avant tout des comportements et actions des acteurs qui vivent et habitent dans le territoire concerné. C'est à eux qu'il appartient de réduire les pollutions émises et de maîtriser les risques de pollution qu'ils prennent.

L'Agence de l'Eau, l'Etat ou tout établissement public ne peut qu'inciter et aider les habitants et les acteurs locaux à prendre conscience des conséquences de certains de leurs actes et activités et de leur apporter le soutien technique et financier qu'ils peuvent pour corriger ou maîtriser ces pollutions.

Par conséquent, l'implication des acteurs locaux est déterminante et elle ne peut se faire que si les élus locaux s'impliquent eux-mêmes dans cette démarche qui vise principalement à améliorer le cadre de vie de ses concitoyens.

Toutes initiatives des maires, réunions des habitants ou journée d'information ou de découverte sont encouragées. Assainissement, eau potable, fonctionnement d'une rivière, jardins et pesticides... sont des thèmes à aborder pour que la préservation de l'environnement soit prise en compte dans les actes de tous les jours.

NB : Ce type d'opération est à mettre en œuvre soit sur les captages où le dispositif lié à l'article 21 de la loi sur l'eau doit être mis en place (désignation par le préfet), soit sur les secteurs où une collectivité est volontaire pour reconquérir ou préserver la qualité de sa ressource.

III – Qualité de l'eau

- **Acquisition du chimisme de l'eau**

- Caractéristiques chimiques de la pluie

La minéralisation des précipitations atmosphériques s'opère tout d'abord à l'intérieur des nuages durant la condensation des gouttelettes et ensuite par lessivage pendant le passage de la pluie à travers l'atmosphère, plus ou moins riche en particules solide et constituants gazeux.

Une étude de la contamination des eaux de pluies dans la région Nord – Pas de Calais a été réalisée par l'institut Pasteur sur les secteurs de Lillers et de Cambrai. Les constituants majeurs de l'eau de pluie sont Na, K, Mg, Ca, Cl, HCO₃, SO₄ ainsi que les composés de l'azote NH₄, NO₃, NO₂, certains étant présents en quantité notable :

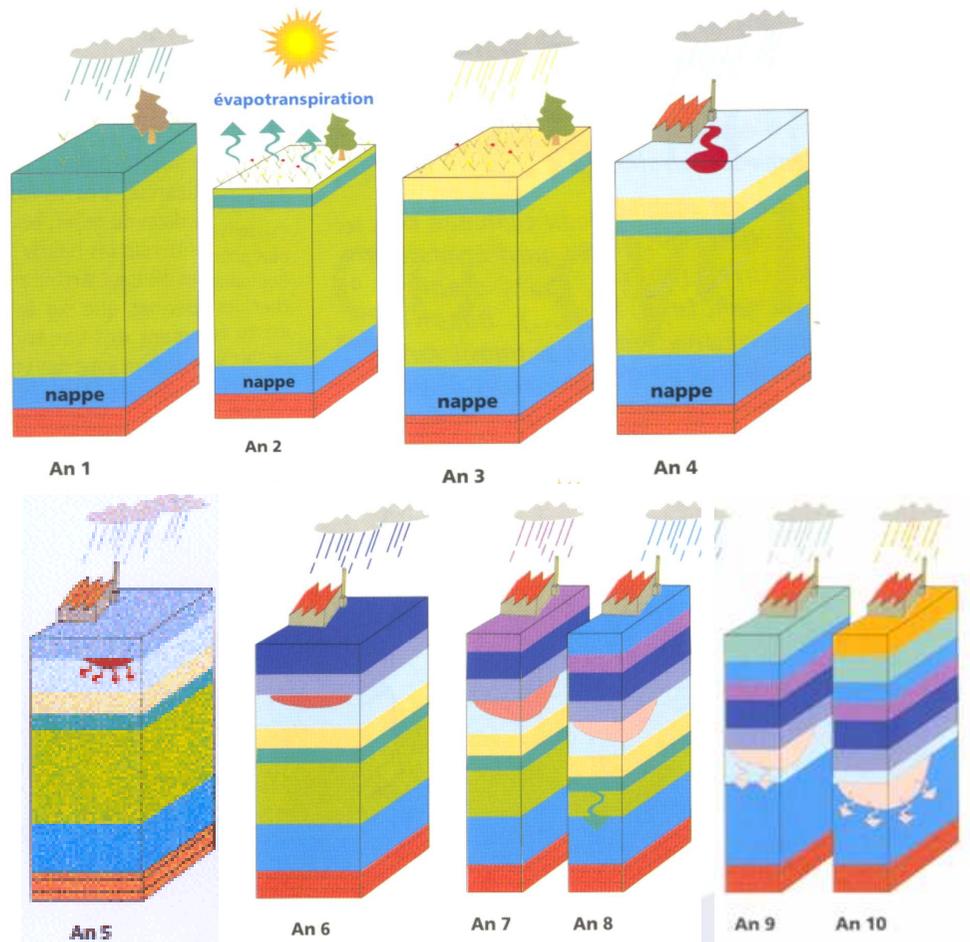
- Nitrates : la teneur moyenne peut atteindre 3 mg/l
 - Ammonium : les concentrations détectées sont supérieures à la norme relative à l'eau potable, allant jusqu'à 1.5 mg/l
 - Aluminium : la teneur maximale relevée est de 1160 µg/l, la norme relative à l'eau potable étant de 200 µg/l.
 - La conductivité mesurée s'échelonne de 10 à 130 µS.cm⁻¹ selon les périodes de prélèvement et le pH est légèrement acide, autour de 5,4 à 6,8.

- Transfert de l'eau vers la nappe

- Durant l'hiver, période où la pluie peut pénétrer dans le sol, les molécules d'eau vont s'écouler gravitairement vers la profondeur, les lames d'eau les plus récentes s'empilant sur les plus anciennes. Si le transfert de la pression ainsi créé peut prendre deux à trois mois, le cheminement des molécules d'eau s'exerce avec une vitesse de 0,5 m à 1 m par an. Autrement dit, si la nappe se trouve à 20 m de profondeur, l'eau arrivant dans la nappe aura un âge supérieur à 20 ans.

C'est durant ce lent transfert que l'eau de pluie acquiert sa minéralisation pour devenir eau de nappe. Dans le sol, les bactéries vont consommer l'oxygène et la matière organique, ce qui va favoriser la production de gaz carbonique. L'acidité ainsi créée va permettre à l'eau d'attaquer les carbonates et favoriser l'altération des roches proches du sol. D'autres réactions bactériennes peuvent également se produire à ce niveau en présence de matière organique, comme la dénitrification, aboutissant à une volatilisation partielle des nitrates progressant au-delà d'un mètre de profondeur. Durant leur progression vers la nappe, il n'y a pas que de rares échanges entre la matière rocheuse et l'eau, sauf lorsque l'eau se trouve piégée dans des pores ou des fissures dans lesquelles le renouvellement de l'eau est lent.

Progression de l'eau dans la zone non saturée



Progression de l'eau et des pollutions dans la zone non saturée :

Les successions d'années sèches et humides vont influencer la plus ou moins grande percolation de l'eau en profondeur. Cela peut avoir une importance, notamment dans la migration des pollutions provenant de la surface (ici année 4) et qui peuvent mettre de nombreuses années pour parvenir à la nappe alors que les causes de pollution ont été « oubliées » en surface.

Minéralisation

Éléments naturels constitutifs de l'eau

- La minéralisation de l'eau souterraine va dépendre en premier lieu de l'activité bactérienne du sol, responsable de la production de bicarbonates solubles. Le lessivage pourra entraîner d'autres substances, les chlorures notamment, lesquelles pourront se trouver entraînées vers la profondeur. Dans la nappe, les conditions d'oxydoréduction vont permettre à l'eau de solubiliser ou de précipiter les composés du carbone de l'azote et du soufre, faisant partie des éléments majeurs de la minéralisation de l'eau. Des réactions bactériennes accompagnent ces réactions. L'attaque de minéraux contenus dans la roche aquifère (exemple de la pyrite de fer) pourra alors mettre en solution un cortège de métaux lourds (Cu, Zn, Cd, ed, Ni...) ou de métalloïdes (bore, Mn...).
- Dans des conditions particulières d'aquifères profonds, les réactions chimiques aboutissent à une sursaturation de l'eau (cas de la nappe de la craie sous recouvrement argileux épais) pouvant donner un goût salé à l'eau (minéralisation de plusieurs grammes par litre).
- Le bassin Artois-Picardie recèle enfin un cas de circulation très profonde d'eau. L'eau thermale de SAINT AMAND jaillit en effet après un long temps de séjour au contact des couches chaudes de l'écorce terrestre, à la faveur de failles ouvertes dans les roches carbonatées. La température (environ 40 °c) et le gaz carbonique en solution donnent une minéralisation très particulière à cette eau thermale et minérale (source du Clos, Amanda, ...).
- Chaque aquifère possède ses propres particularités hydrogéologiques qui donneront une minéralisation spécifique à la nappe qu'il renferme.

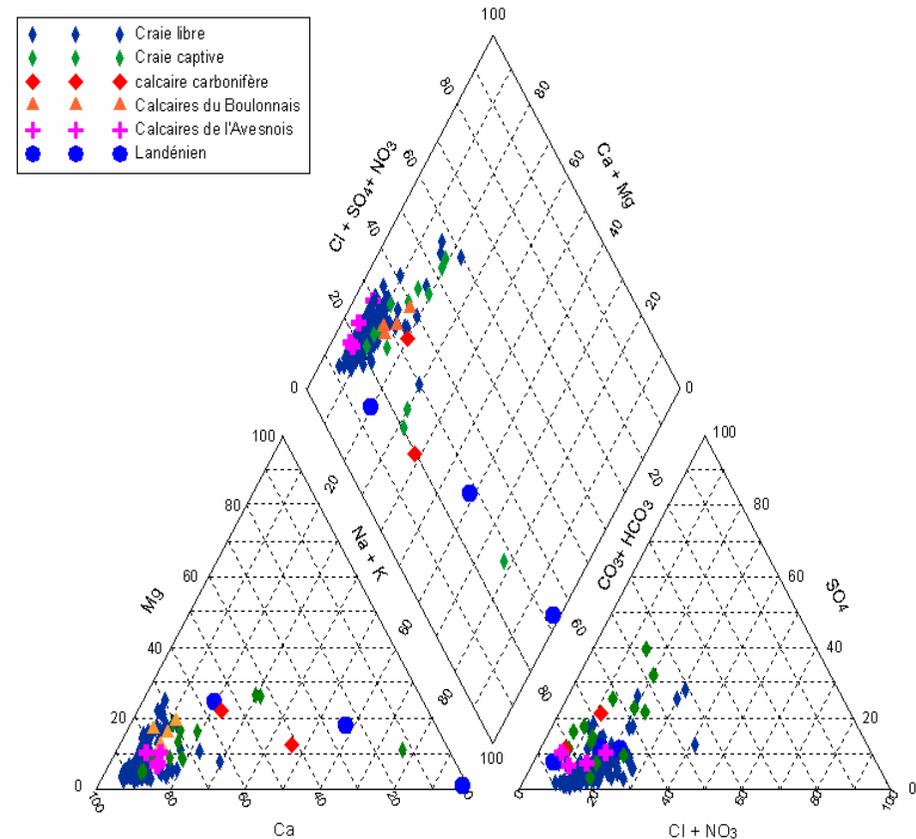
Aquifere	CA++	CL-	CO3--	HCO3-	K+	MG++	NA+	NO3-	SO4--
Calcaires de l'avesnois	112.60	18.67	2.00	369.60	2.26	20.20	7.18	26.11	30.87
Calcaires du Boulonnais	136.56	44.17	2.00	376.94	3.28	9.36	26.05	7.86	69.39
Calcaire carbonifère	69.52	27.20	2.00	462.20	16.82	32.64	61.46	0.50	64.20
Sables du Landénien	39.24	46.08	5.42	376.58	14.37	11.81	117.18	0.53	41.42
craie libre	121.79	24.67	2.00	339.17	2.44	6.33	11.59	31.49	21.82

Composition chimique moyenne en éléments majeurs de l'eau des différents aquifères (en mg/l)

Physico chimie des nappes

Diagramme de Piper

- Les nappes du bassin Artois-Picardie étant essentiellement carbonatées calciques, ce milieu est fortement tamponné, c'est-à-dire que les équilibres chimiques varient peu, sauf arrivées de pollution. On trouve donc des potentiels hydrogènes (pH) voisins de 7.
- Le potentiel d'oxydoréduction (Eh) est variable selon la présence d'oxygène en solution, et l'action de bactéries dénitrifiantes ou sulfatoréductrices, on trouvera donc des valeurs de Eh essentiellement positives, allant de + 1 V (nappe libre) à + 300 mV (nappe captive).
- Le diagramme de Piper permet la représentation du faciès hydro chimique de l'eau en fonction de 6 variables et comporte :
 - un triangle pour les anions dont les sommets correspondent à $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$; Cl^- ; SO_4^{2-}
 - un triangle pour les cations dont les sommets correspondent à Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; $\text{Na}^+ + \text{K}^+$
 - un losange adjacent aux 2 triangles qui représente la répartition synthétique des ions majeurs c'est-à-dire la composition totale de l'eau (anions + cations) lui-même divisé en 4 parties correspondant chacune à une classe d'eau ou famille.



Physico chimie des nappes

- On peut ainsi mettre en évidence une minéralisation différente selon l'aquifère par rapport au faciès^[1] de l'eau :
 - La nappe de la craie a un faciès bicarbonaté calcique pour la plupart des points en nappe libre.
 - Les sables du Landénien se distinguent avec un faciès plutôt sulfaté sodique.
 - Le calcaire carbonifère a un faciès sulfaté chloruré et magnésien
- Ce type de représentation graphique permet également de visualiser des évolutions de composition physico-chimique : ainsi, on remarque une évolution de faciès du pôle bicarbonaté calcique en pôle bicarbonaté sodique et magnésien pour les nappes de la craie et des sables landénien, au fur et à mesure de leur degré de captivité. Ceci témoigne d'un échange en profondeur des ions calcium par des ions sodium au contact avec les argiles (phénomène d'échange de base). La teneur en chlorure devient également plus importante dans la craie
- Ces phénomènes sont liés à la lenteur du déplacement de l'eau et donc au contact prolongé avec les minéraux de l'aquifère. Le degré de confinement de l'eau a donc une grande importance sur la minéralisation de la nappe. Ainsi, les eaux profondes sont-elles sursaturées en chlorures de sodium.

^[1] Faciès de l'eau : concentration majeure en anions et cations de l'eau



Craie affleurante - Carrière à Estivelles (62)

Surveillance des eaux souterraines

Réseaux de suivi

- L'Agence de l'Eau, pour améliorer la connaissance patrimoniale et pour répondre aux besoins de la Directive Cadre sur l'eau (DCE), dispose notamment de réseaux de contrôle de la ressource en eau souterraine depuis 1997, réseaux qui ont évolués en 2007 pour s'adapter aux exigences européennes.
- Au total, 192 points de mesure sont suivis, avec au minimum deux prélèvements annuels. Pour permettre de réaliser les analyses, des échantillons sont prélevés soit dans des captages d'eau potable, soit dans des points d'émergence des nappes (sources) ou des captages particuliers (forages industriels ou d'irrigation).
- Le suivi des eaux souterraines comporte 3 réseaux :
 - **Le réseau de surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines**
Le programme de surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines est établi afin de fournir une estimation fiable de l'état quantitatif de toutes les masses d'eaux souterraines, d'évaluer les incidences des prélèvements et des rejets, d'évaluer l'efficacité du programme de mesures.
 - **Le réseau contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines**
Le contrôle de surveillance de l'état chimique doit permettre de définir l'état chimique des masses d'eaux souterraines, de mettre à jour des éléments de l'état des lieux (incidences des activités humaines), de fournir des informations pour l'évaluation à long terme, de spécifier les contrôles opérationnels.
 - **Le réseau de contrôles opérationnels de l'état chimique des eaux souterraines**
Le contrôle opérationnel de l'état chimique des eaux souterraines doit permettre de connaître l'état chimique des masses d'eaux souterraines risquant de ne pas atteindre les objectifs de bon état, de déterminer toute tendance à la hausse de la concentration d'un quelconque polluant, d'évaluer l'efficacité du programme des mesures.
- Par ailleurs, dans le cadre du contrôle sanitaire des eaux destinées à l'alimentation en eau potable, les DDASS procèdent à de nombreuses analyses sur les eaux brutes des captages ainsi que sur les eaux distribuées.

Prélèvements et analyses

- **Programme de surveillance de l'état quantitatif des eaux souterraines**

La densité minimale retenue par masse d'eau est de 3 piézomètres. Ont été choisis en premier lieu des piézomètres ayant plusieurs années de chronique, jugés intéressants pour évaluer l'état quantitatif des masses d'eau (choix de piézomètres en amont et en aval des masses d'eau). Quelques piézomètres complémentaires ont été ajoutés à ce premier choix pour intégrer des piézomètres de référence pour le suivi de la sécheresse (informations à intégrer pour l'évaluation de l'état quantitatif) et la surveillance générale des aquifères du bassin.

Le programme comporte 125 piézomètres pour les bassins Escaut et Sambre dont 73 pour répondre aux exigences de la Directive Cadre (DCE). A fin 2007, 86 piézomètres sont équipés en télétransmission. Il est prévu d'achever en 2008 le programme d'équipement en télétransmission.

- **Programme de contrôle de surveillance de l'état chimique des eaux souterraines**

Le choix des sites s'est fait de façon à refléter l'état moyen de la masse d'eau et non ses zones les plus dégradées car le contrôle de surveillance n'est pas destiné à évaluer les impacts. Il contient donc des points de mesure, à caractère intégrateur, comme des sources, à raison d'environ 3 points par masse d'eau pour un total de 54 points sur les bassins Escaut et Sambre. Ces 54 points feront l'objet de deux campagnes de prélèvement et d'analyse par an (hautes et basses eaux), et d'un programme particulier de type « photographique » une fois tous les 3 ans sur une liste complète de paramètres incluant les substances prioritaires. Une première campagne de surveillance a été faite au printemps 2007.

- **Programme de contrôle opérationnel de l'état chimique des eaux souterraines**

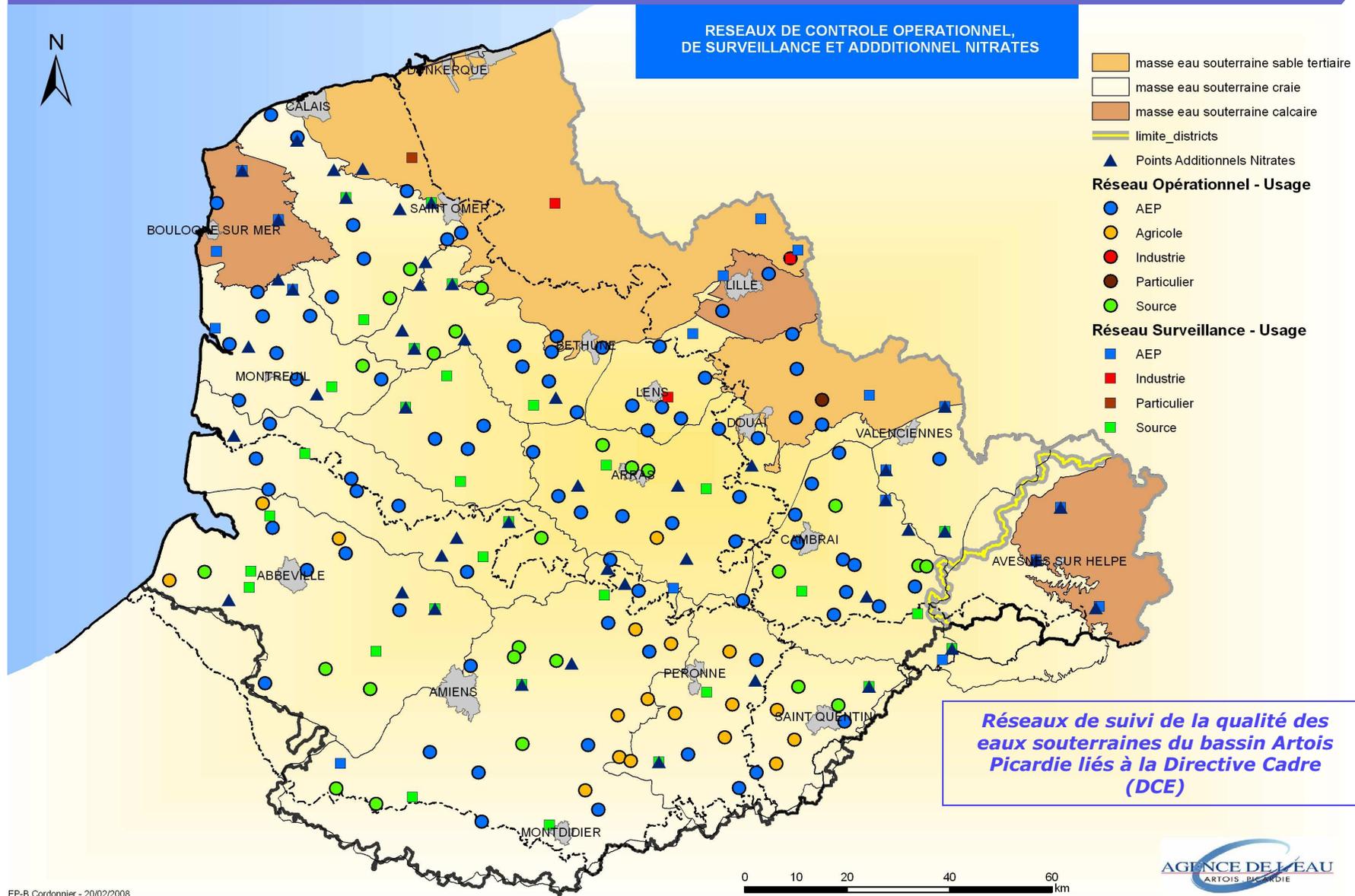
Les masses d'eaux souterraines devant faire l'objet de ce type de contrôle sont celles concernées par un report d'objectif du bon état. Ce programme est composé de 131 points issus de l'actuel réseau de bassin de suivi de la qualité des eaux souterraines.

Ces points feront l'objet de deux campagnes par an (hautes et basses eaux) portant sur les paramètres déclassants, généralement nitrates et produits phytosanitaires, ainsi que sur les substances trouvées dans le cadre de la campagne « photographique » réalisée une fois tous les 3 ans sur les mêmes paramètres que ceux de la campagne photographique du programme de surveillance.

- **Contrôles additionnels**

- Les 2 prises d'eau de surface pour l'alimentation en eau potable sur la Lys et sur la Liane devront faire l'objet d'un suivi à une fréquence de 12 fois par an des substances prioritaires rejetées et de toutes les substances rejetées en quantités importantes qui peuvent modifier la qualité des eaux. Ces eaux sont déjà contrôlées au titre de la directive relative à l'eau potable.
- Dans le cadre de la directive concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates (zones vulnérables) à partir de sources agricoles, le réseau de suivi de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines pour le paramètre nitrate est intégré dans le programme de contrôle additionnel.

Carte des points des réseaux de surveillance



Les Nitrates

Toxicité

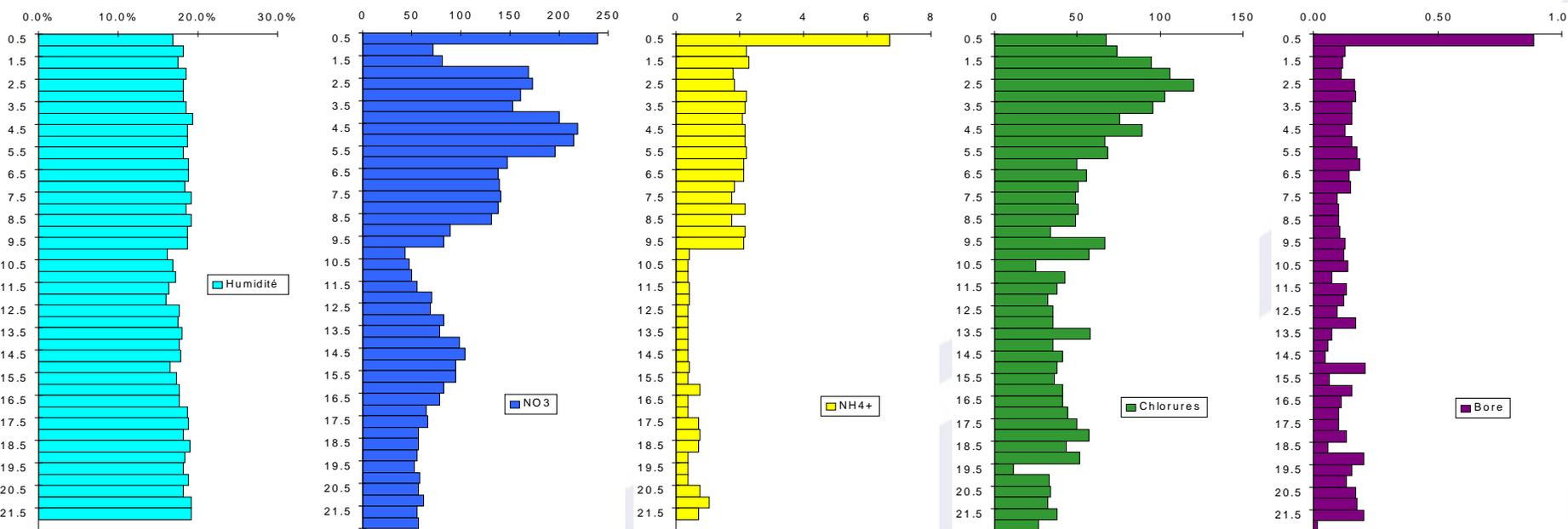
- La toxicité des nitrates est liée à la transformation en ion nitrites selon les conditions chimiques et biologiques rencontrées dans l'appareil digestif. Les nitrites peuvent se combiner à d'autres composés organiques comme l'hémoglobine, c'est la méthémoglobinémie. Elle réduit l'oxygénation des tissus et au delà d'un certain taux, des troubles graves apparaissent (cyanose...) principalement chez le nourrisson. On observe les premiers signes au-delà d'une teneur de 50mg/l.
- L'autre risque généré par les nitrates réside dans la combinaison d'un ion nitrite et de l'amine d'un acide aminé pour former les nitrosamines, précurseurs de composés N-nitroso. Plus de 80% de ces composés ayant fait l'objet de tests sont cancérogènes.
- Néanmoins la part de nitrates ingérés par l'homme liée aux eaux de consommation est à relativiser, notamment au regard des concentrations parfois importantes contenues dans certains produits alimentaires d'origine végétale (carottes, épinards...) ou animale (charcuterie, aliments carnés...).
- La norme relative à l'eau potable sur ce paramètre est fixée à 50mg/l.

Origine des nitrates

- Les causes les plus fréquentes de contamination en nitrates sont :
 - Le lessivage des sols ayant pour conséquence l'entraînement des nitrates présents dans les sols du fait de la fertilisation ou de la minéralisation organique,
 - Les rejets ponctuels d'eaux usées d'origine domestique, industrielle ou agricole.
- Les roches ne contiennent pas d'azote, les molécules azotées en solution proviennent donc de la solubilisation d'azote contenu dans le sol, que celui-ci soit d'origine naturelle (matière organique végétale par exemple) ou artificielle (épandage d'engrais ou d'eaux usées).
- L'eau souterraine étant le plus souvent au contact de l'air, c'est sous sa forme oxydée (nitrates) que l'on trouvera l'azote en solution. Dans certains cas de nappe captive, la dénitrification incomplète va produire de l'ammoniaque (NH_4^+), et la dénitrification complète consacrera la disparition de l'azote du milieu sous forme de gaz.

Migration des nitrates

- Les nitrates détectés dans les eaux souterraines actuellement, sont en fait le résultat d'apports réalisés il y a 30 à 50 ans. En effet, le temps de transfert des nitrates jusqu'à la nappe de la craie est estimé à environ 1m/an, la nappe étant située en moyenne à une trentaine de mètres. Pour caractériser ce phénomène, des profils de concentration en divers éléments (nitrates, ammoniacque, etc...) ont pu être réalisés dans la craie, entre le sol et la nappe.
- L'évolution des concentrations en nitrates est marquée par des fronts de pollution caractérisant d'anciens épisodes de lessivage de nitrates en surface. Au fur et à mesure de leur progression, ces surminéralisations s'atténuent par dispersion longitudinale avant d'arriver dans la nappe où l'on constate que la teneur en nitrates est inférieure aux solutions de percolation.
- La comparaison avec d'autres profils de concentration marque bien la dénitrification du premier mètre (carbone organique), alors que les faibles teneurs en bore indiquent que les nitrates sont ici d'origine agricole.



Exemple de profil azoté (vallée de l'Escrebieux)

Dénitrification

- **Autoépuration naturelle : la dénitrification**

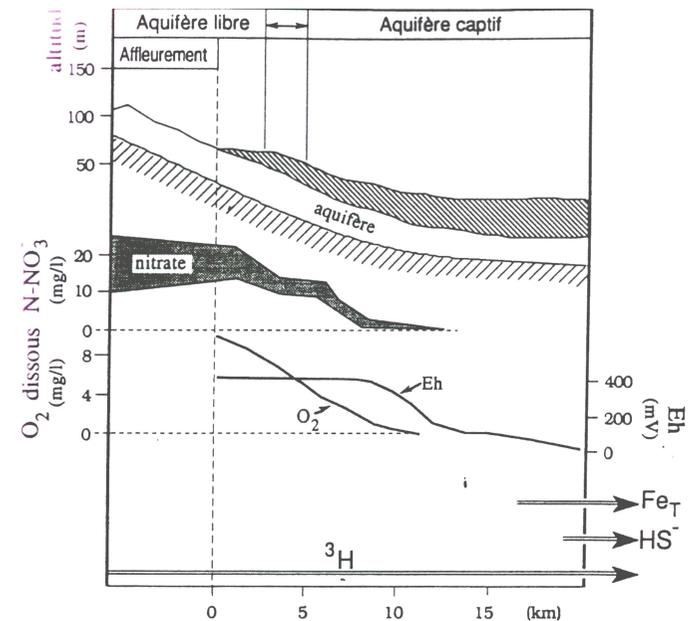
- En présence de matières organiques (apport de carbone assimilable) et sous faible teneur en oxygène dissous, les bactéries peuvent se développer en consommant l'oxygène des nitrates, ceux-ci disparaissant par dissociation de l'azote et de l'oxygène formant la molécule NO_3 .

Cette réaction peut également se réaliser en présence de sulfure minéral dans certaines conditions.

- Ces diverses réactions ne peuvent se développer que dans des circonstances précises, comme dans la nappe de la craie lors de son passage en captivité sous les terrains argilo sableux du tertiaire : la matière organique est présente dans les alluvions des cours d'eau ou marais (ST OMER, GUINES, ...) et la captivité de la nappe provoque une baisse de la teneur en oxygène en solution. La figure ci contre indique le profil des teneurs en nitrates relevé selon l'écoulement de la nappe de la craie. Le passage de la nappe sous la couverture sablo argileuse provoque le pullulement bactérien favorable à la disparition des nitrates.

- **Cette dégradation naturelle des nitrates de la nappe de la craie est un phénomène fragile qu'il convient d'entretenir. En effet, il provoque une barrière protectrice favorable à l'exploitation d'eau potable, pour peu que les nitrates soient la seule cause de pollution de la nappe. Il faut donc veiller à ne pas surexploiter la nappe, ce qui aurait pour conséquence d'abaisser la surface de la nappe et de favoriser l'oxygénation de l'eau, la nappe pouvant devenir libre.**

- Un bon moyen pour détecter le phénomène de dénitrification naturelle est de mesurer la proportion d'isotopes lourds et légers de l'azote dans la molécule de nitrate. En effet, un accroissement d'isotopes lourd (azote 15), non consommé par les bactéries, indique que les conditions physico-chimiques du milieu sont favorables à l'occurrence du phénomène.

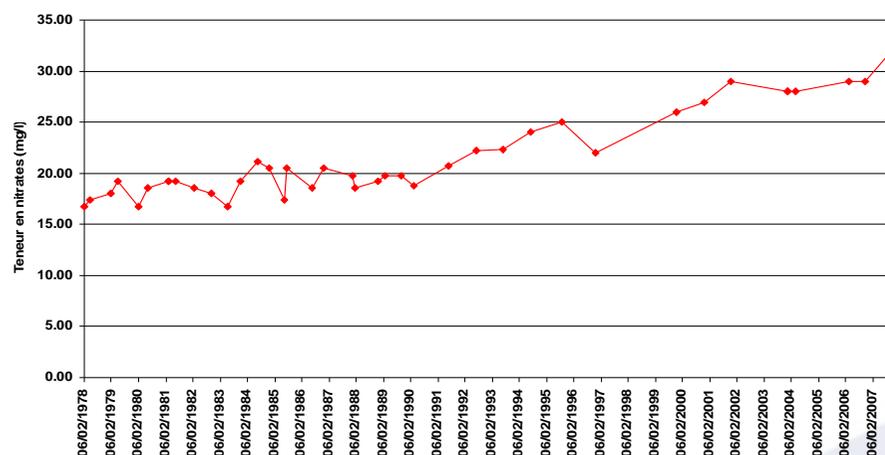


Profil hydrogéochimique typique du phénomène de dénitrification lors du passage en captivité de la nappe. D'après Edmunds, dans Mariotti, 1986.

Nitrates dans les eaux souterraines

Répartition dans le bassin et évolution

- La ressource en eau souterraine du bassin présente une contamination en nitrates importante pouvant dépasser les 50 mg/l sur certains secteurs (cf carte ci contre). La teneur moyenne dans la nappe de la craie est de 30 mg/l en 2007. Les teneurs en nitrates ont connu une augmentation sur 30 ans, la valeur moyenne en 1978 était de 23 mg/l. Localement on peut noter des évolutions de 10 à 20 mg/l sur cette période. En plus de cette variation sur une longue période, les teneurs en nitrates évoluent de façon interannuelle en corrélation avec le niveau des nappes : par exemple en 2001, lors des très haut niveaux de nappe, les teneurs en nitrates ont fortement augmenté.

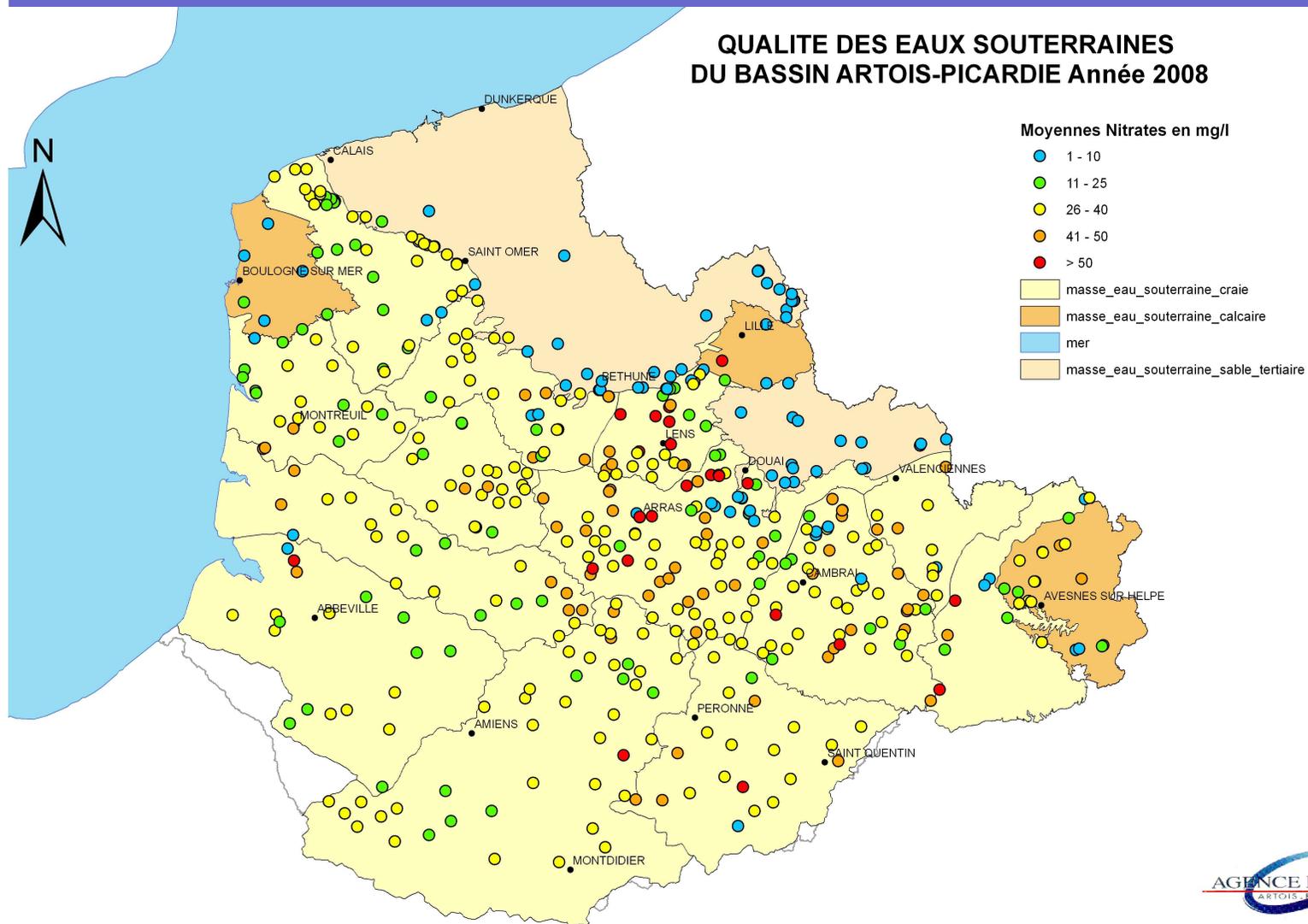


*Evolution de 1978 à 2007
des nitrates sur le forage
de Bealencourt (62)*

- Les nappes des calcaires du Boulonnais et du Carbonifère de Lille-Roubaix-Tourcoing sont elles exemptes de nitrates. Sur la frange de passage en captivité, c'est-à-dire sur une ligne reliant Calais à Béthune, en passant par Saint Omer, on observe un phénomène de dénitrification naturelle. Les teneurs en nitrates sont très faibles.
- L'eau distribuée provient de forages dont la teneur en nitrates est inférieure à la norme eau potable de 50mg/l, les autres ayant généralement été abandonnés. Dans les cas où une ressource de substitution n'a pu être trouvée, il est procédé soit à une dilution avec des eaux moins chargées, soit dans quelques cas à un traitement de dénitratisation (agglomération de Lens – Liévin, forages d'Emmerin – Houplin Ancoisne). En 2007, la quasi-totalité de la population du bassin était desservie par une eau contenant moins de 50mg/l de nitrates.

Qualité des eaux souterraines en nitrates

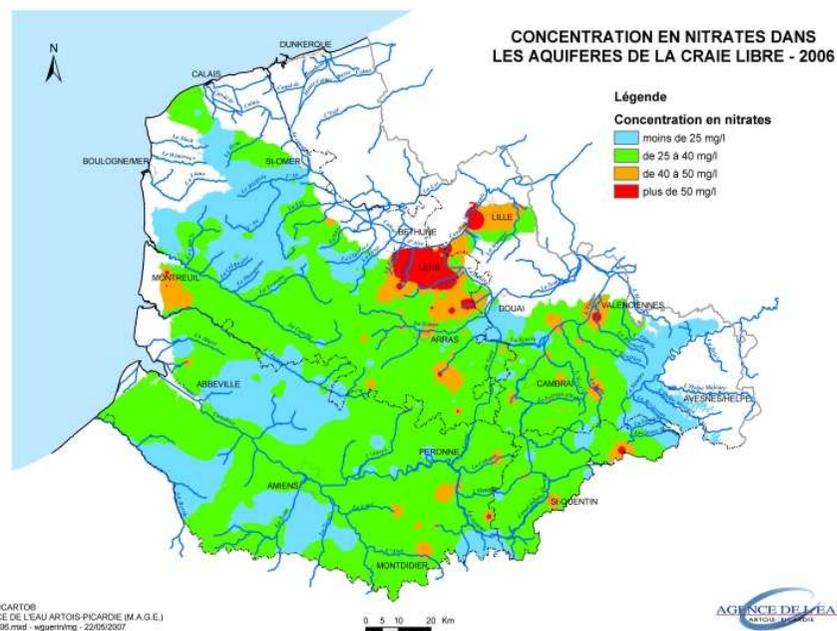
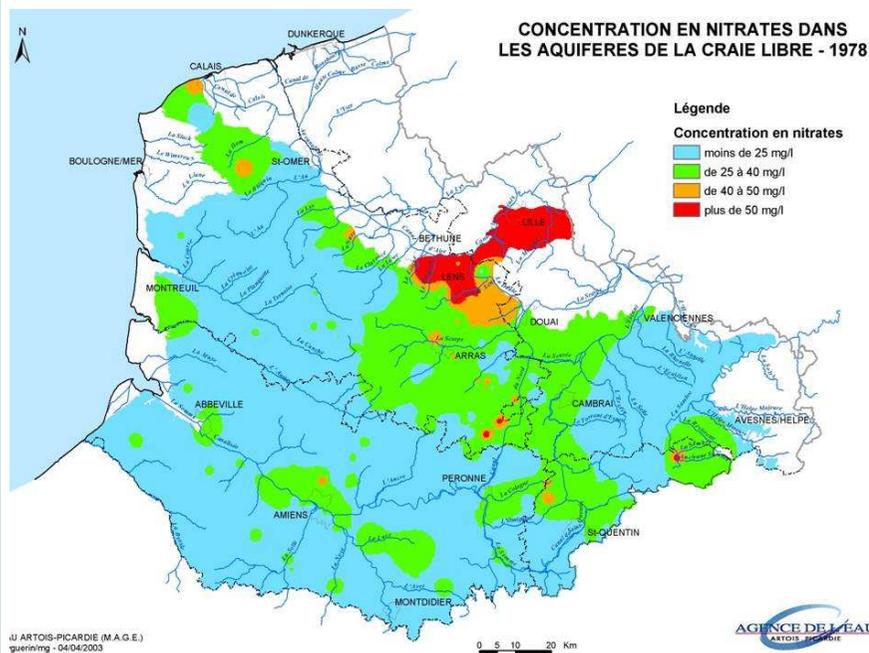
QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES DU BASSIN ARTOIS-PICARDIE Année 2008



Evolution des nitrates

1978

2006



Comparaison des teneurs en nitrates dans la nappe de la craie entre 1978 et 2006

Les phytosanitaires

Origine

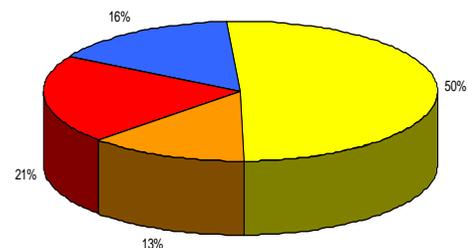
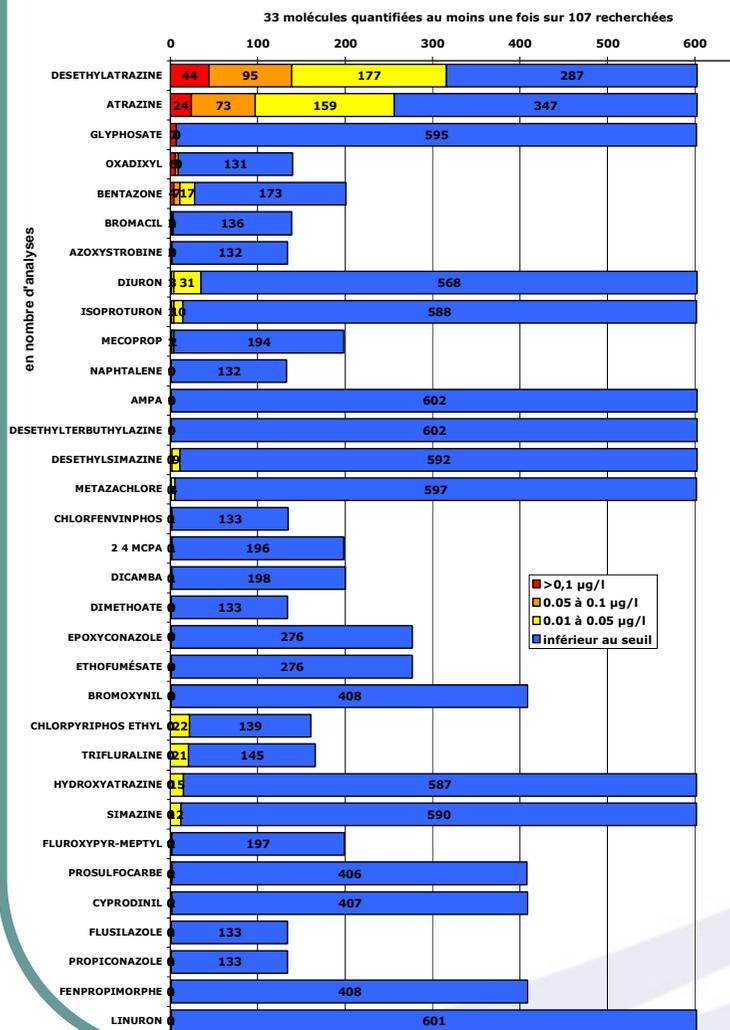
- Les pesticides ou produits phytosanitaires sont des préparations contenant une ou plusieurs substances chimiques destinées notamment à protéger les végétaux contre tous les organismes nuisibles, à détruire partiellement ou entièrement les végétaux ou à assurer leur conservation. Les pesticides sont majoritairement utilisés pour des usages agricoles (95 000 tonnes/an) mais aussi pour l'entretien des espaces publics, des infrastructures de transport et le jardinage par les particuliers.
- Compte tenu de l'utilisation importante des pesticides, des résidus de pesticides peuvent être retrouvés dans les différents compartiments environnementaux (eaux, sols, air et dans les denrées alimentaires). Leur présence dans les eaux d'alimentation ne doit pas être négligée, même si les apports en pesticides liés à l'eau ne représentent qu'une faible part des apports totaux par ingestion (10 % selon l'Organisation mondiale de la santé).
- Le Code de la santé publique (CSP) fixe les dispositions réglementaires en matière d'eau potable, en application de la directive européenne 98/83/CE. Pour les pesticides dans l'eau au robinet du consommateur, les limites de qualité sont fixées à :
 - 0,10 µg/L pour chaque pesticide (à l'exception de l'aldrine, la dieldrine, l'heptachlore et de l'heptachloroépoxyde : 0,03 µg/L)
 - 0,50 µg/L pour le total des substances mesurées.

Présence dans les eaux souterraines

- Les pesticides sont régulièrement analysés dans les eaux souterraines au travers du réseau sanitaire et des réseaux de surveillance qualitative de l'agence de l'eau. L'examen des résultats par substance établit un taux de quantification plus élevé pour les herbicides de la famille des triazines et des urées substituées (diuron, isoproturon...), malgré que leur usage soit désormais interdit. Le graphique ci-dessous présente le classement par ordre d'importance des molécules les plus fréquentes.
- Les teneurs analysées dépassent parfois le seuil réglementaire de 0,1 µg/l dans les forages destinés à la production d'eau potable ce qui conduit en premier lieu à un suivi renforcé et la recherche des causes de pollution, puis à la recherche de nouvelles solutions d'approvisionnement en eau et en dernier recours à l'installation d'un système de traitement pour rendre l'eau conforme à la réglementation.

Les phytosanitaires dans les eaux souterraines

Molécules phytosanitaires quantifiées en eau souterraine dans le bassin (années 2007-2008)

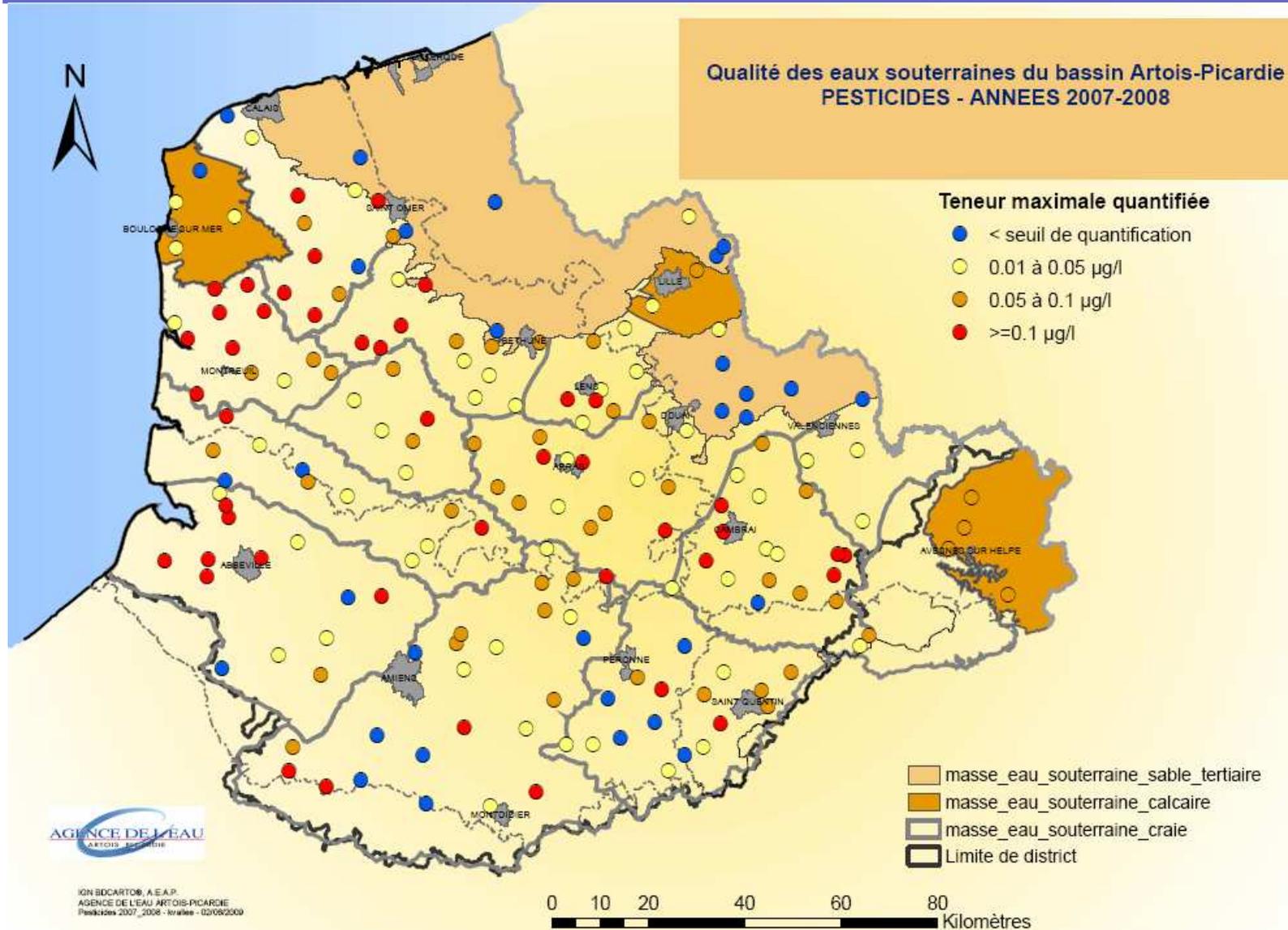


Répartition des stations de mesure par classe de qualité

- 21% des stations ont une teneur maximale supérieure au seuil réglementaire des 0,1
- 50% des stations ont fait l'objet d'une quantification mais à une teneur faible, inférieure à la moitié du seuil.

Statistiques effectuées à partir des analyses réalisées dans le cadre des réseaux qualité eaux souterraines pour la Directive Cadre sur les années 2007-2008.

Qualité des eaux souterraines en phytosanitaires



Autres éléments

Les éléments mineurs

Selon les nouvelles normes de potabilité (décret 2001-1220) repris dans le code de la santé publique, les éléments mineurs sont classés en éléments toxiques pour la santé humaine, et en éléments indésirables.

- **Éléments toxiques**

- **L'antimoine**

Cet élément est peu abondant dans les eaux naturelles. Etant issu de roches ignées, on ne le trouve pas au-dessus de la limite de détection dans les nappes du bassin Artois-Picardie.

- **L'arsenic**

En solution, l'arsenic est présent sous forme inorganique. Associé à la pyrite ou absorbé par les argiles, on peut le trouver dans les eaux d'aquifères carbonatées.

L'arsenic est cancérigène et peut provoquer des affections cutanées, des troubles cardio-vasculaires et des atteintes pulmonaires.

Les aquifères de socle (roches anciennes) sont plus propices à la présence d'arsenic. Dans le bassin Artois-Picardie, une campagne générale de mesures réalisée en 1996 sur les captages d'eau potable n'a pas décelé de concentration d'arsenic supérieures au seuil réglementaire de 10 µg/l.

- **Le cadmium**

La teneur limite en cadmium dans l'eau potable est fixée à 5 µg/l. Cependant, cet élément, associé à d'autres métaux lourds, est rare dans une eau naturelle. La présence de cadmium est donc essentiellement due à une pollution importante de l'eau.

- **Le chrome**

Les normes françaises imposent un seuil de 50 µg/l de chrome dans l'eau potable. Présent sous deux formes ioniques, le chrome hexavalent est très toxique et joue un rôle dans le cancer du poumon. Cet ion n'est présent que pour des conditions propices d'oxydoréduction lors de pollutions par exemple. Le chrome trivalent, plus abondant, est non toxique.

Dans les aquifères du bassin Artois-Picardie, on peut trouver du chrome soit en apparence fugace, soit en concentration régulière, comme dans le Vimeu, région du département de la Somme où sont implantés une multitude d'ateliers de traitement de surface (serrureries) qui au début du siècle et jusqu'à récemment, rejetaient leurs effluents chargés en chrome et en solvants chlorés, directement en nappe par l'intermédiaire de puits perdus.

Le chrome, élément essentiellement issu de pollutions industrielles, migre bien dans le sous-sol, ce qui fait qu'on le retrouve dans beaucoup de nappes proches de cours d'eau recevant des effluents industriels. Les dépassements de normes sont cependant extrêmement rares et consécutifs à des pollutions proches.

Autres éléments

- **Le nickel**

En ce qui concerne les métaux et métalloïdes (micropolluants minéraux), seuls le nickel et le chrome sont retrouvés à des teneurs supérieures aux seuils de qualité pour l'eau potable dans le bassin Artois Picardie. Le nickel, dont la norme a été abaissée de 50 à 20 µg/l dans le décret 2001-1220, est essentiellement retrouvé dans plusieurs grands champs captants situés en zone semi captive en limite de recouvrement. Les teneurs peuvent atteindre 100 µg/l sur certains forages et des usines de décarbonatation, procédé qui permet l'élimination du nickel en même temps que la diminution de la dureté ont été mises en place et d'autres sont en projet afin d'éliminer cet élément. L'origine du nickel est pour partie naturelle, par dissolution de la pyrite, avec localement des apports anthropiques industriels.

- **Le mercure**

La toxicité du mercure dépend de sa forme moléculaire. Les normes françaises sont de 1 µg/l, mais on ne trouve pas de concentration significative dans les échantillons d'eaux issues du réseau de mesure.

- **Le plomb**

Le plomb migre très mal dans les eaux naturelles. En outre, il précipite facilement avec des oxydes de fer et de manganèse, ce qui fait que l'on ne trouve jamais cet élément dans les nappes du bassin Artois-Picardie, sauf cas de pollutions importantes. Par contre, le plomb peut provenir du contact prolongé avec des tuyaux où matériaux contenant ce métal. La norme française est actuellement de 10 µg/l.

- **Le sélénium**

Le sélénium est rare dans les eaux naturelles. Le plus souvent, on trouvera du sélénium dans des eaux hydrothermales, associé à d'autres métaux issus de l'oxydation de sulfure dans les zones profondes de l'écorce terrestre. Le sélénium est toxique à forte dose. La norme française fixe une limite de potabilité à 10 µg/l.

- **L'aluminium**

L'aluminium est un élément très courant dans les roches. Dans l'eau, l'aluminium est présent soit associé à des particules en suspension, soit sous des conditions de pH particulières (soit acide, soit basique). La concentration maximale admissible dans l'eau potable est de 200 µg/l.

- **Le baryum**

Essentiellement issu des roches ignées, le baryum est moins abondant dans les roches sédimentaires. La norme de potabilité est fixée à 0.7 mg/l mais les teneurs rencontrées sont inférieures sur le bassin.

Autres éléments

- **Le bore**

Le bore n'est pas un élément toxique, cependant, des études sont en cours pour préciser les risques liés au bore. Cet élément est présent un peu dans toutes les roches, et on le trouve donc dans les eaux de nappe. Une enquête de l'Agence de l'Eau en 1996 sur les captages d'eau potable a permis d'établir les concentrations en bore dans les nappes du bassin Artois-Picardie.

Le bore est un élément utilisé jusqu'à récemment comme agent blanchissant dans les lessives. Il est donc un excellent traceur de pollution domestique des eaux naturelles, car il n'est pas retenu dans les bassins de traitement des stations d'épuration des eaux usées.

Des concentrations supérieures à 50 µg/l dans une nappe libre sont donc assurément issues d'une contamination par des eaux usées d'origine domestique. Le bore est également utilisé en agriculture mais une pollution d'origine agricole n'a pas été encore observée.

On notera enfin que le bore peut être présent dans les argiles, ce qui expliquerait les fortes concentrations détectées dans les nappes captives ;

En secteur littoral, des teneurs de 100 à 300 µg/l en bore s'expliquent par la proximité de la mer, le bore d'origine marine étant transporté par les pluies et les embruns.

- **Le cuivre**

Aux conditions d'oxydabilité d'une nappe libre, le cuivre est soluble à faible quantité de l'ordre de 10 µg/l. Cet élément est indésirable mais sa toxicité n'est pas établie, sauf à forte dose où il serait à l'origine de cirrhoses. Une origine liée à la pollution est souvent associée à la présence de lisiers porcins. Les concentrations en cuivre observées dans les nappes du bassin Artois-Picardie sont relativement importantes, surtout dans les nappes libres vulnérables, exposées aux pollutions d'origine accidentelle ou agricole, mais néanmoins inférieures à la référence de qualité fixée à 1mg/l.

- **Le fer**

Le fer est un élément abondant dans l'écorce terrestre. Sous sa forme d'oxydation divalente (Fe^{++}) le fer est soluble, ce qui est le cas dans les nappes captives où les activités bactériennes peuvent établir un potentiel redox favorable à la solubilisation du fer. Par contre, le fait de pomper cette eau peut modifier l'état chimique du fer qui précipite sous forme d'oxydes ferriques et donne une couleur jaunâtre à l'eau. C'est la raison pour laquelle la norme de potabilité de l'eau fixe à 0,2 mg/l la concentration en fer dans l'eau potable, bien que cet élément n'ait pas une toxicité avérée.

- **Le fluor**

Agent de prévention contre les caries, le fluor peut provoquer des troubles dentaires au-delà de 1,5 mg/l seuil de potabilité fixé en France. Le fluor se trouve un peu partout présent dans les roches, souvent associé à d'autres minéraux comme les phosphates. Ainsi, il est présent dans la craie et les calcaires et peut induire des concentrations de quelques milligrammes par litre dans les nappes, surtout les nappes captives où se produisent des échanges ioniques au sein des argiles.

Autres éléments

- **Le phosphore**

Le phosphore est un élément surtout présent dans la nature sous forme de phosphates. Les orthophosphates sont les seules formes solubles du phosphore, avec des concentrations assez faibles lorsqu'il s'agit d'une origine naturelle. Par contre, les phosphates peuvent avoir une origine liée à une pollution agricole ou domestique et marquent des concentrations de 60 à 150 µg/l.

- **Le zinc**

Abondant dans les roches en général, il est assez soluble et migre facilement dans les nappes. Le zinc n'a, à priori, pas d'action négative sur la santé humaine, en dehors d'un goût et aspect désagréables de l'eau au-delà de 5 mg/l.

Comme d'autres métalloïdes, le zinc est souvent présent dans les eaux souterraines suite à une pollution, notamment du type industriel.

Solvants chlorés

Les autres toxiques qui sont retrouvés dans les eaux souterraines du bassin sont les solvants chlorés (trichloréthylène et tétrachloréthylène) à des teneurs dépassant les normes eau potable d'une part au nord de l'agglomération lilloise, d'autre part dans la région du Vimeu (près d'Abbeville). L'origine de ces solvants chlorés est industrielle.