

Document public

Etude de sensibilité
aux remontées de nappes
*Dans le Bassin Minier
Nord-Pas-de-Calais
Rapport final*

BRGM/RP-51991-FR
Novembre 2003



Etude de sensibilité
aux remontées de nappes
*Dans le Bassin Minier
Nord-Pas-de-Calais
Rapport final*

BRGM/RP-51991-FR
Novembre 2003

Étude réalisée dans le cadre des opérations
du Service Public du BRGM - 2003

S.PINSON – V.MARDHEL



Mots clés : carte de sensibilité, remontée, nappe de la craie

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Pinson S.; Mardhel V. (2003) – Etude de sensibilité aux remontées de nappe dans le Bassin Minier Nord-Pas-de-Calais- Rapport final. BRGM/RP 51991-FR, 48 p., 24 fig.

© BRGM, 2003, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

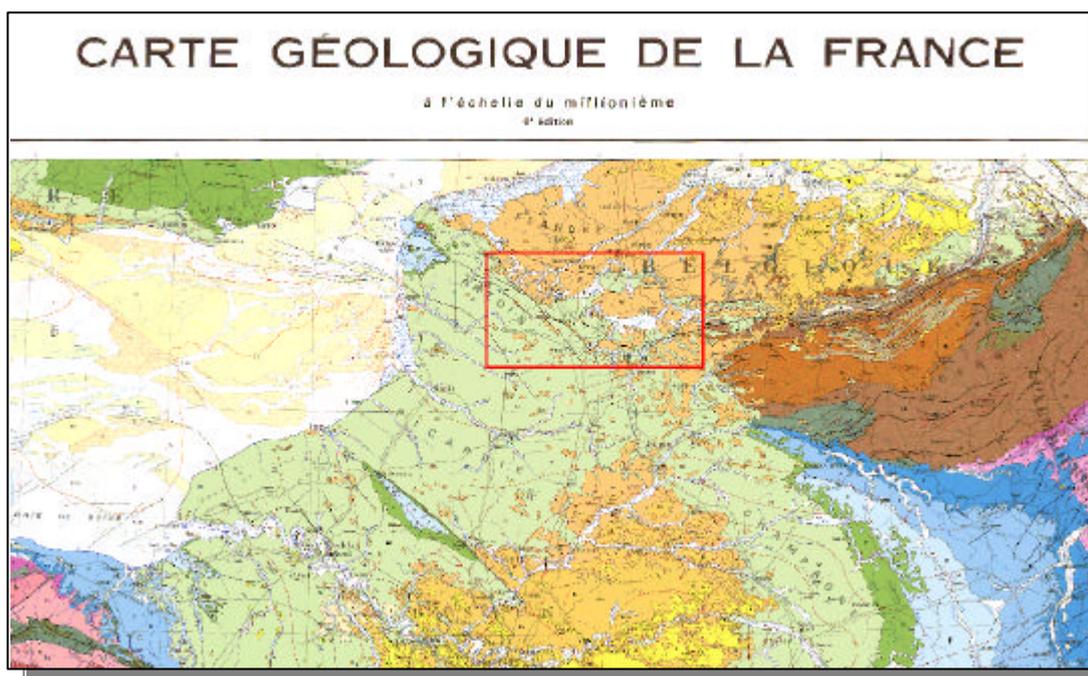
SYNTHESE

Dans le cadre de la convention passée avec la Mission Bassin Minier, le BRGM s'est vu confier la réalisation d'une carte piézométrique de la nappe de la craie du Séno-turonien en période de hautes eaux dans l'objectif de réalisation d'une cartographie de la sensibilité des terrains naturels aux phénomènes d'inondation par remontée de nappe phréatique sur le territoire du bassin minier.

Cette étude, initiée par la Mission Bassin Minier, fait suite à une démarche de réflexion concernant la compréhension et la gestion des inondations par remontée de nappe à long terme sur ce territoire.

Cette étude ne prend pas en compte les enjeux éventuels (infrastructures, habitations, etc.), il ne s'agit donc pas d'une estimation de vulnérabilité. Elle met uniquement en relation des paramètres tels que la morphologie, la géologie, et l'hydrogéologie des lieux étudiés. On ne peut pas non plus parler de carte d'aléa, puisque cette étude ne considère pas une fréquence particulière du phénomène. Il a donc été choisi d'utiliser le terme de cartes de « sensibilité aux remontées de nappes ».

L'objectif de ce rapport est de présenter la méthodologie mise en œuvre pour l'obtention et la réunion au sein d'un réservoir de données homogène, des informations nécessaires à l'établissement de la carte de sensibilité des terrains naturels aux remontées des nappes d'eau souterraines dans le secteur du bassin minier :



L'exploitation des outils de type Système d'Information Géographique constitue le pré-requis nécessaire à une démarche de cet ordre. Le logiciel exploité est l'application ArcView © ESRI, les données bancarisables ont été conservées au format MS ACCESS © Microsoft.

Sommaire

Synthèse	3
Sommaire	4
Liste des figures	6
Introduction	7
DEFINITION DES REMONTEES DE NAPPE	8
1 - Cadre départemental de la sensibilité aux remontées de nappe (approche nationale)	12
1-1 Définitions géologiques et extensions géographiques	12
Nappes des terrains quaternaires	12
Nappes des terrains tertiaires	12
Nappe de la craie.....	12
Nappes des terrains jurassiques	12
Nappes des terrains paléozoïques	12
1-2 Contribution des aquifères aux remontées de nappes	13
1-3 Sensibilité du département du Nord (59)	14
Les alluvions et dépôts marins côtiers	15
La plaine des Flandres	15
Les formations crayeuses de l'Artois	15
1-4 Sensibilité du département du Pas-de-Calais (62)	16
Les alluvions et dépôts marins côtiers sur la côte sud du Pas de Calais	17
La Boutonnaise au nord-ouest du Pas de Calais	17
Les plateaux crayeux de l'Artois, de l'Arrageois et du Cambrésis	17
2 - Cadre du bassin minier	18
2-1 Extension géographique	18
2-2 Topographie et hydrographie.....	18
2-3 Les aquifères régionaux.....	18
3 - Réalisation de la carte piézométrique	18
3-1 Méthodes et moyens	21
3-1-1 Recensement des points	21
3-1-2 Sélection des points.....	21
3-1-3 Moyens.....	21
3-2 Campagne de mesures et résultats obtenus	22
3-2-1 Campagne de mesures	22
3-2-3 Résultats obtenus	23
3-2-3 Analyse des points particuliers	24
3-3 Elaboration de la carte piézométrique.....	25
3-3-1 Approche manuelle	25
3-3-2 Commentaires sur la carte piézométrique	26
4 - Présentation des outils exploités	27

5 - Le modèle vecteur	28
5-1 Données VECTEUR élémentaires	28
5-1-1 Les entités géologiques (polygones).....	28
5-1-2 Les entités hydrogéologiques	29
6 -Modèle raster	30
6-1 Données RASTER élémentaires	30
6-1-1 Le modèle numérique de terrain (grille de 1375 * 3420 cellules de 30m de coté).....	30
6-1-2 IDPR.....	32
6-2 Données RASTER élaborées	33
6-2-1 Discrétisation de la carte piézométrique.....	33
6-2-2 Zone non saturée en période de hautes eaux.....	34
6-2-3 Aires de captivité de la nappe craie	34
6-2-4 Battement des nappes	36
6-2-5 Conditions aggravantes liées à des phénomènes exceptionnels	37
6-2-6 Détermination du critère de sensibilité des terrains naturel à la remontées des eaux de la nappe de la craie	38
6-2-7 Nappe des alluvions de la Scarpe.....	40
7 - Outils de restitution.....	41
7-1 Les fonctions liées à l'écran de la liste des couches (D).....	42
7-2 Les fonctions liées à LA REPRESENTATION DE LA CARTE.....	43
7-3 Listes des couvertures géographiques disponibles	44
7-3-1 Habillage.....	44
7-3-2 Hydrogéologie	45
7-3-3 Hydrologie.....	46
7-3-3 Résultats	46
7-3-3 Images	46
Conclusion.....	47

Liste des figures

Figure 1: Cadre géologique du département du NORD	13
Figure 2 : Cadre géologique du départements du PAS-de-CALAIS.....	13
Figure 3 : Carte de sensibilité aux remontées de nappes	15
Figure 4: Localisation du Bassin Minier.....	19
Figure 5: Les aquifères dans le Bassin Minier.	20
Figure 6: Localisation des points à mesurer	28
Figure 7: Localisation et répartition des points mesurés	25
Figure 8: Tracage des isopièzes.....	26
Figure 9: carte piézométrique.....	27
Figure 10: Les grandes unités stratigraphiques.....	29
Figure 11: Les unités hydrogéologiques.....	30
Figure 12 : Le Modèle numérique de terrain	30
Figure 13: Zones anomaliques du MNT	31
Figure 14: réseau de talwegs (classification Shreeve)	31
Figure 15: Indice de développement et persistance des réseaux (IDPR niveau 0)	32
Figure 16: Surface piézométrique période de « Hautes Eaux 2002 ».....	33
Figure 17: Epaisseur de la zone non saturée lors de la période de « Hautes Eaux 2002 ».	34
Figure 18: Formations potentiellement imperméables	35
Figure 19: Extension des formations potentiellement imperméables.....	35
Figure 20: Sensibilité des terrains naturels sur formations crayeuses aux remontées de nappe	36
Figure 21: Battement constaté entre HE 2001 et niveaux piézométriques 2002.....	37
Figure 22: Impact sur la ZNS des variations entre 2001 et 2002.....	38
Figure 23: Localisation du Bassin Minier.....	39
Figure 24: Sensibilité face à une crue exceptionnelle de type 2001.	40

Introduction

Dans le cadre de la convention passée avec la Mission Bassin Minier, le BRGM s'est vu confier la réalisation d'une carte de sensibilité des terrains naturels à la remontée de la nappe de la craie sur le territoire du Bassin Minier

Cette étude, initiée et financée à la hauteur de 67 % par la Mission Bassin Minier, fait suite à une démarche de réflexion concernant la compréhension et la gestion des inondations par remontée de nappe à long terme sur ce territoire.

La méthodologie de cette étude est basée sur celle employée à l'échelle nationale par l'étude de sensibilité aux remontées de nappes de l'Atlas de la France métropolitaine. L'utilisation de fonds documentaires, à l'échelle du bassin minier et donc de résolution supérieure, a permis une cartographie détaillée de la sensibilité aux remontées de nappe.

Alors que l'étude nationale a exploité essentiellement des données statistiques élaborées à partir de la Banque du Sous Sol (BSS), l'étude de la sensibilité des terrains aux remontées de la nappe de la craie dans le secteur du Bassin Minier exploite les cartes piézométriques des états de hautes eaux de 2001 (e:1/100000) et 2002 (e:1/50000). Cette carte de l'année 2002 ayant fait l'objet d'une campagne d'acquisition de données spécifiques.

D'autre part, le modèle numérique de terrain utilisé dans le cadre de cette étude est constitué de cellules carrées de 30 mètres de côté, de précision altimétrique infra-métrique à métrique. Cette précision du modèle, associé à la précision des cartes piézométriques citées ci-dessus, a permis d'atteindre une précision de l'ordre du mètre dans la définition de la sensibilité aux remontées de la nappe de la craie (contre une précision de +/- 5m dans le cadre de l'étude nationale).

DEFINITION DES REMONTEES DE NAPPE

On désigne sous ce terme toute élévation exceptionnelle du niveau d'une nappe libre par rapport à son niveau moyen habituel, en particulier lorsque ce mouvement peut remonter jusqu'à la surface du sol, ou envahir des sous-sols. A partir du moment où le niveau de la nappe surgit ainsi hors du sol, il donne naissance à du ruissellement qui contribue à son tour à alimenter les crues des cours d'eau. Par définition les nappes captives ne peuvent donc donner naissance à de tels phénomènes à l'exception de phénomènes ponctuels, liés à des discontinuités de la couverture imperméables.

Ces remontées se manifestent sous l'effet d'une conjugaison de circonstances favorables exceptionnelles, et leurs effets ne doivent pas être confondus avec ceux d'autres types de crues, notamment :

- les crues ordinaires dites «de surface », qui sont uniquement dues à la partie des précipitations atmosphériques qui ne peut s'infiltrer dans le sol puis vers la nappe, et qui donnent lieu à du ruissellement sur la surface du sol. Ce ruissellement aboutissant aux rivières donne naissance à des phénomènes de crues.
- Et parmi elles, les crues que l'on peut nommer « de redoux », où les pluies tombent sur un sol gelé, parfois enneigé. La pluie contribuera à faire fondre la neige. Le sol sous la neige étant en général gelé, se trouve être ainsi imperméabilisé. La crue sera exceptionnelle car aucune partie de la pluie ne s'infiltrera, tandis qu'une partie de la couverture nivale fondra sous l'effet de la pluie.

CONDITIONS FAVORABLES A LEUR APPARITION

Ces conditions sont de plusieurs types :

- Soit **intrinsèque aux aquifères** eux-mêmes, c'est à dire aux matériaux géologiques dans sein desquels l'eau est contenue et se meut. C'est en particulier le cas des caractéristiques hydrodynamiques de ces aquifères, qui ne sont connues que d'après des tests de pompage. Ces caractéristiques sont parfaitement liées à la lithologie des roches formant ces aquifères.
- soit **d'ordre structural**, et on pense en particulier aux grandes directions de fractures ou aux systèmes karstiques, qui permettent de drainer rapidement les ressources contenues dans l'aquifère vers son exutoire.
- soient **externes** à l'aquifère comme en particulier :
 - des conditions météorologiques, ou plus précisément des successions d'événements (suite d'années pluvieuses, vidange estivale peu marquée) favorables au déclenchement de ces phénomènes.
 - des conditions naturelles particulières et locales comme la formation de barrières hydrauliques en limite aval de la nappe, causées par l'élévation en période de crue de la ligne de base de la rivière vers laquelle la nappe est ordinairement drainée. Ce phénomène concerne quasiment toutes les plaines alluviales.
 - des conditions morphologiques particulières du terrain, permettant plus facilement qu'ailleurs un recouplement de la surface du sol par celui de la nappe libre.

LES MILIEUX GEOLOGIQUES LES PLUS FAVORABLES

D'un point de vue hydrogéologique, les milieux les plus favorables à l'apparition de remontées de nappes sont les milieux sédimentaires, et dans ces milieux surtout les calcaires. Sont plus sensibles les secteurs où ces aquifères possèdent une grande extension, ce qui augmente le volume d'eau mobilisable, et prolonge la durée d'inondation.

On s'est aperçu qu'en particulier les systèmes de craie sont – parmi les faciès calcaires – souvent le siège de ces désordres. Ce fait est à rapprocher des propriétés hydrauliques de la craie, matériau caractérisé par un faible coefficient d'emménagement dans la plus grande masse de l'aquifère, et de la présence de drains préférentiels situés le long de failles souvent en association avec des structures karstiques ou pseudo-karstiques qui permettent des drainages rapides sous des différentiels de pression importants.

Les systèmes sédimentaires de type «sables » ou «graviers » peuvent paraître à priori sensibles en raison de leur forte capacité (milieux de forte perméabilité) à laisser passer l'eau des précipitations jusqu'à la nappe, en une unité de temps limitée. Mais cette forte perméabilité verticale s'accompagne le plus souvent d'une forte perméabilité horizontale, entraînant un drainage rapide de la nappe vers son exutoire. Ces zones sont donc à priori sensibles, mais les fluctuations de la nappe y sont généralement peu importantes, et les secteurs qui représentent un danger sont toujours celles où la nappe est proche du sol.

TYOLOGIE DES REMONTEES DE NAPPES

On distinguera :

- *Les remontées de nappes en vallées, essentiellement par effet de barrière hydraulique.* Dans les milieux sédimentaires de type alluvionnaire, l'exutoire d'une nappe peut être momentanément obstrué par la contre-pression qu'exerce le niveau croissant d'un cours d'eau en crue.
- *Les remontées de nappes en versants de vallées,* donnent naissance à des inondations inattendues dans les vallées sèches, qui sont dépourvues de cours d'eau permanents et où des édifices ont pu être construits si la fréquence de ces inondations est faible. Dans ces secteurs l'élévation de la cote de la nappe en amont des têtes de cours d'eau a pour effet l'inondation de la partie amont des thalwegs. Parfois dans ces secteurs l'effet de l'élévation de la cote de la nappe à l'occasion d'une modification de la pente topographique suffit à déclencher une inondation. Sur ces versants ces remontées peuvent déclencher des glissements de terrains ou des éboulements.
- *Les remontées de nappes sous plateaux,* peuvent donner lieu à des inondations stagnantes dans des dépressions naturelles du plateau (dolines) ou artificielles (carrières). Souvent ces remontées donnent lieu à envahissement de caves et d'édifices souterrains.

TYPOLOGIE DES EFFETS

Outre leurs apports aux écoulements de surface –qui dans certains cas peuvent être très importants, on peut distinguer parmi les effets sur l’environnement de ce type d’inondations :

1. D’une part ceux qui sont généraux à tout type d’inondations :
 - les inondations de locaux techniques souterrains pouvant entraîner des arrêts dommageables aux activités économiques (groupes générateurs d’énergie, de chauffage, ou d’alimentation d’eau potable) et d’importants frais de réhabilitation ;
 - les interruptions de trafic dues aux inondations de tunnels routiers ou ferroviaires ;
 - la coupure de liens de communications de surface, les destructions mécaniques, l’entraînement de matières polluantes, la dispersion de déchets ;
 - les risques de pollution des réseaux d’adduction d’eau, par inversion des pressions différentielles entre l’intérieur et l’extérieur des canalisations, et diffusion des eaux d’inondation polluantes dans les conduites.
2. d’autre part ceux qui leur sont propres :
 - déstabilisation des constructions par apparition de poussées hydrostatiques sous les tunnels routiers et ferroviaires, sous les parkings publics, les constructions souterraines en général. Ces poussées peuvent entraîner des destructions partielles, nécessitant des travaux de réhabilitation. On notera que suite au ralentissement d’activité industrielle d’un secteur géographique donné, le rétablissement du niveau antérieur d’une nappe produira les mêmes effets ;
 - envahissement de cavités naturelles (karsts) ou artificielles (carrières souterraines, marnières, galeries de mines) pouvant mener à des éboulements, et des répercussions en surface (fissuration d’édifices, de voies de communication). Inondations de caves, vides sanitaires, édifices souterrains sans implication d’eaux de surfaces.
 - inondations par apparition d’eaux courantes en amont d’ouvrage de génie civil sous dimensionnés, formant barrage à l’écoulement. Apparition de sources (milieux poreux), de résurgences (milieux karstiques), et d’écoulements dans des vallées sèches (en milieu calcaire).
 - entraînement de substances polluantes ou de déchets déposés dans des cavités (anciennes carrières, vallées sèches) et repris par les inondations, ou existants dans la zone non-saturée du sol
 - glissements de terrains, éboulements et coulées de boues sur des versants, par saturation des sols et d’assises géologiques meubles

DEFINITION DE LA SENSIBILITE A LA REMONTEE DE NAPPE

Il est important de définir clairement les **notions de vulnérabilité, sensibilité, aléa, enjeux et de risque**. En effet, selon l'approche du phénomène que l'on souhaite mettre en évidence, les paramètres à considérer ne seront pas les mêmes.

La définition de **la vulnérabilité** est la suivante : « c'est la susceptibilité de subir une atteinte dans son intégrité ». Dans le cas précis du phénomène d'inondation par remontée de nappe, la notion de vulnérabilité des terrains naturels revient à identifier la susceptibilité des sols à être recouverts par des eaux issues des formations aquifères sous-jacentes.

Cette susceptibilité dépend des variations d'amplitude du niveau statique de l'aquifère et de la nature de la zone non saturée et de son épaisseur qui représente le volume à investir avant que les eaux souterraines ne rejoignent la cote des terrains naturels. Les notions d'aléa et de risque échappent au champ de cette étude. Pour mémoire leur définitions usuelles sont les suivantes :

- L'**aléa** transcrit la notion de probabilité d'occurrence d'un événement, d'un phénomène. Dans le cas des inondations par remontée de nappe, il résulte donc de la variabilité et de l'imprévisibilité des processus naturels tels que les précipitations. Il intègre la notion de vulnérabilité auquel il associe un facteur probabiliste.
- Dans le cadre de cette étude, l'**enjeu** considérée est la surface des terrains naturels, cet enjeux est environnemental et ne tient pas compte des aménagement anthropiques du territoires qui composent l'enjeu socio-économique qui est celui naturellement appréhendé lors que la thématique du risque d'inondation est abordée.
- Le **risque** est défini quant à lui comme étant lié aux deux premiers facteurs par l'expression :

$$\text{RISQUE} = \text{ALEA} * \text{ENJEUX}$$

Afin d'éviter que ne soit confondues les notions de vulnérabilité des terrains naturel et de risque d'inondabilité, nous utiliserons la notion de sensibilité aux remontées de nappe comme critère final de restitution de cette étude.

1- Cadre départemental de la sensibilité aux remontées de nappes (approche nationale)

Cette étude constituait la première phase d'une étude nationale sur l'intégralité du territoire métropolitain. Elle prévoyait à l'origine la production d'une carte nationale de sensibilité aux remontées de nappe à l'échelle du 1 : 1 000 000^{ème}. La méthodologie employée à l'échelle de cette cartographie nationale s'est fondée sur une approche statistique des niveaux piézométriques des eaux souterraines et de leur battement. Le modèle numérique de terrain employé est de résolution pluri-métrique avec des cellules unitaires de 50 m de coté

1-1 Définitions géologiques et extensions géographiques

Le cadre géologique des départements du NORD et du PAS-de-CALAIS permet d'énumérer les **différentes nappes libres suivantes**, des réservoirs les plus récents aux plus anciens :

Nappes des terrains quaternaires

Ces nappes contenues dans les alluvions des principaux cours d'eau permanents, les dépôts marins côtiers (« Sables pissards » des Bas-Champs et de la plaine maritime flamande), les dunes littorales et localement les limons de plateau, elles sont peu profondes et généralement peu épaisses.

Nappes des terrains tertiaires

Elles sont contenues principalement dans les sables du Landénien (« Sables d'Ostricourt ») dont les affleurements s'étendent, en continu, tout au long de la bordure sud de la plaine des Flandres ainsi que dans la cuvette d'Orchies. Ces mêmes sables se rencontrent également sur les plateaux crayeux de l'Artois, de l'Arrageois et du Cambrésis, mais de façon très discontinue, sous forme de petites buttes-témoins. Ils renferment alors des petites nappes perchées libres.

Nappe de la craie

Cette **nappe est la plus volumineuse et la plus étendue** de la Région. Elle est contenue dans les assises crayeuses du Séno-Turonien et du Cénomaniens qui affleurent en - dehors des Flandres, du Boulonnais, de l'Avesnois et des plaines côtières. Relativement épaisse (plusieurs dizaines de mètres), elle peut se trouver à une profondeur moyenne très variable allant de quelques mètres, en vallée humide, à plusieurs dizaines de mètres au cœur des plateaux.

Nappes des terrains jurassiques

Ces nappes n'existent que dans la boutonnière du Boulonnais mais leurs parties libres y sont relativement réduites en raison de la faible épaisseur des couches qui les contiennent et du relief plus marqué du paysage, facteurs qui favorisent sensiblement le ruissellement au détriment de l'infiltration.

Nappes des terrains paléozoïques

Elles sont essentiellement développées dans les formations grésocalcaires du Dévonien et du Carbonifère de l'Avesnois, on les trouve également de façon plus ponctuelle, dans le petit

bassin primaire de Ferques, à l'intérieur de la boutonnière du Boulonnais. Comme pour la craie, leur profondeur moyenne peut également varier assez sensiblement.

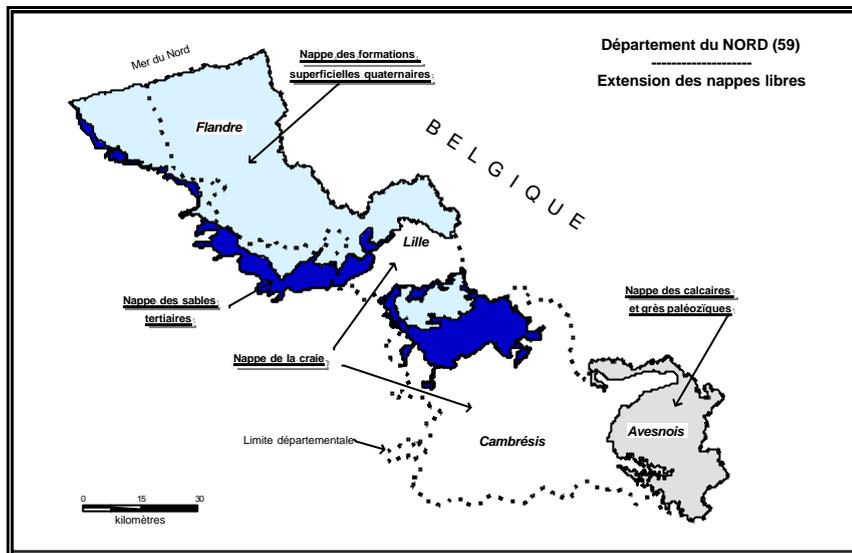


Figure 1: Cadre géologique du département du NORD

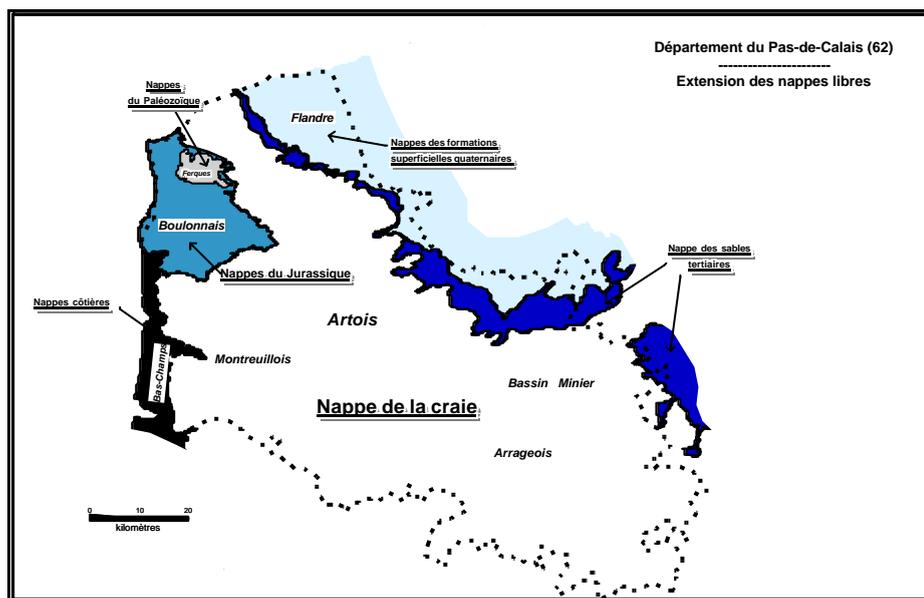


Figure 2 : Cadre géologique du départements du PAS-de-CALAIS

1-2 Contribution des aquifères aux remontées de nappes

Aussi bien dans le Nord que dans le Pas-de-Calais, **c'est l'aquifère crayeux qui a, de loin, le plus contribué à la remontée du niveau des eaux souterraines** entre la fin de l'année 2000 et le printemps 2002, ceci essentiellement en raison de sa grande inertie par rapport aux autres réservoirs, d'extensions et d'épaisseurs plus réduites et généralement mieux drainés, soit naturellement comme les sables tertiaires, soit artificiellement comme les formations quaternaires de la Flandre et des plaines côtières (Bas-Champs).

Les remontées de niveau ont donc, bien entendu, affecté principalement les zones basses des plateaux crayeux, en particulier les vallées habituellement sèches où elles ont pris un caractère catastrophique par leur ampleur et leur durée.

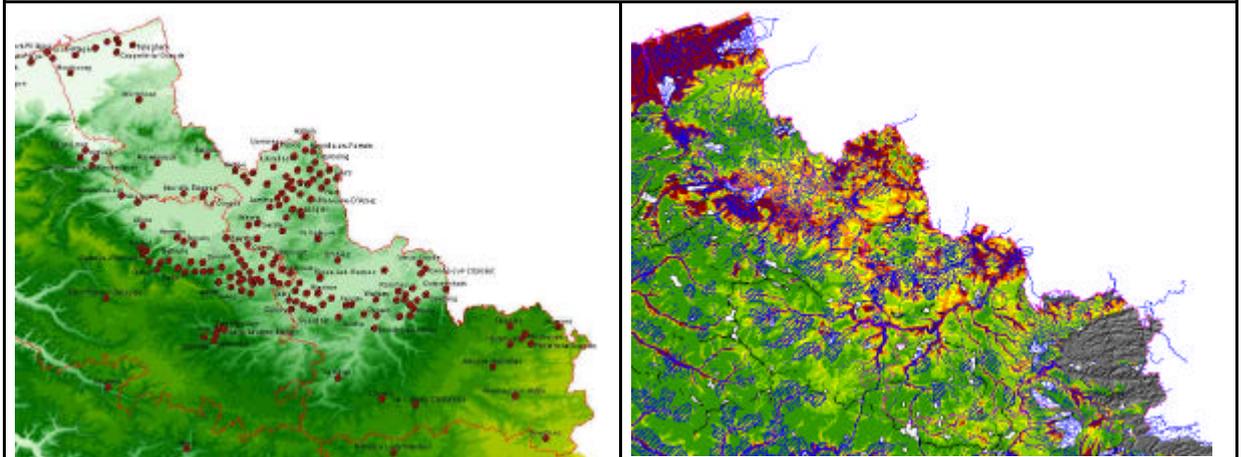
C'est ainsi que plus de 100 communes (28 dans le Nord et 75 dans le Pas-de-Calais) ont fait l'objet en 2001 d'une expertise par le BRGM, au titre de sa mission d'Appui aux Administrations, dans le cadre d'une demande de constat de l'état de catastrophe naturelle.

En ce qui concerne les aquifères ayant contribué aux crues de surface, nous n'avons pas de données précises mais il semble que la plupart d'entre eux aient été plus ou moins concernés. Cependant, là encore, il est très probable que ce soit la nappe de la craie qui ait soutenu le plus les débits des cours d'eau des deux départements.

1-3 Sensibilité du département du Nord (59)

	<p>Le département du Nord comporte les zones suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les alluvions et dépôts marins côtiers au Nord du département • La plaine des Flandres tout le long du Nord-est du département • Les formations crayeuses de l'Artois en bordure sud-ouest du département • A l'extrémité sud-est le socle du Massif des Ardennes (non traité dans l'étude)
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Position géologique : En couleurs nuancées : les formations sédimentaires renseignées
En gris uni : les zones insuffisamment renseignées par faute de données
En gris, figuré MNT : le socle ; En surcharge rouge hachuré : les communes déclarées CATNAT



		<p><i>Profondeur de la surface libre de la nappe : Répartition par tranche.</i></p>
<p><i>Modèle numérique de terrain (topographie) : Les altitudes du Nord entre 0 et 250 m.</i></p>		

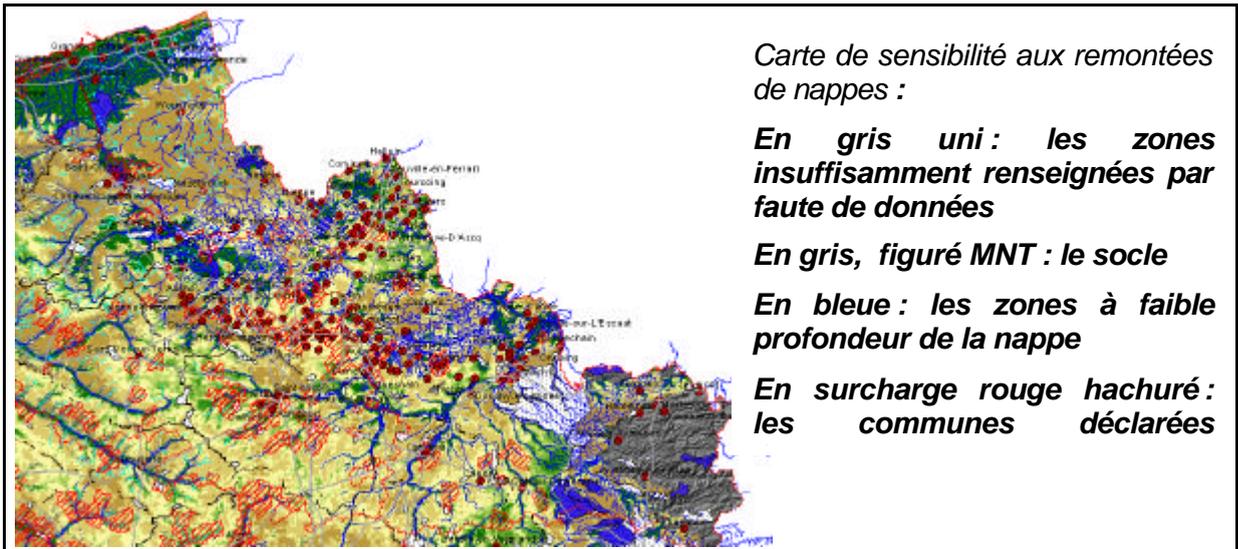


Figure 3 : Carte de sensibilité aux remontées de nappes (e:1/100000)

Les alluvions et dépôts marins côtiers

Cette zone comprend la plaine maritime, au nord du département, et les vallées alluviales, très étendues. Les plus importants dépôts du Quaternaire se trouvent dans les vallées situées en amont de l'Escaut et de la Lys ainsi que dans la vallée de l'Aa, ainsi que dans les marais situés à l'est de Saint-Omer (Forêt Rihoult-Clarmarais). Cet environnement est caractérisé par une forte densité de rivières et de canaux, une très faible profondeur naturelle de la nappe, et de faibles battements. Ces **caractères déterminent des sensibilités très fortes**, sans tenir compte de l'influence des canaux.

La plaine des Flandres

La bordure sud de la plaine des Flandres est généralement caractérisée par des battements moyens et d'importantes profondeurs à la nappe (ZNS importantes). De ce fait, la sensibilité y est très faible. Mais cette surface est parfois interrompue par des zones sensibles, telles que :

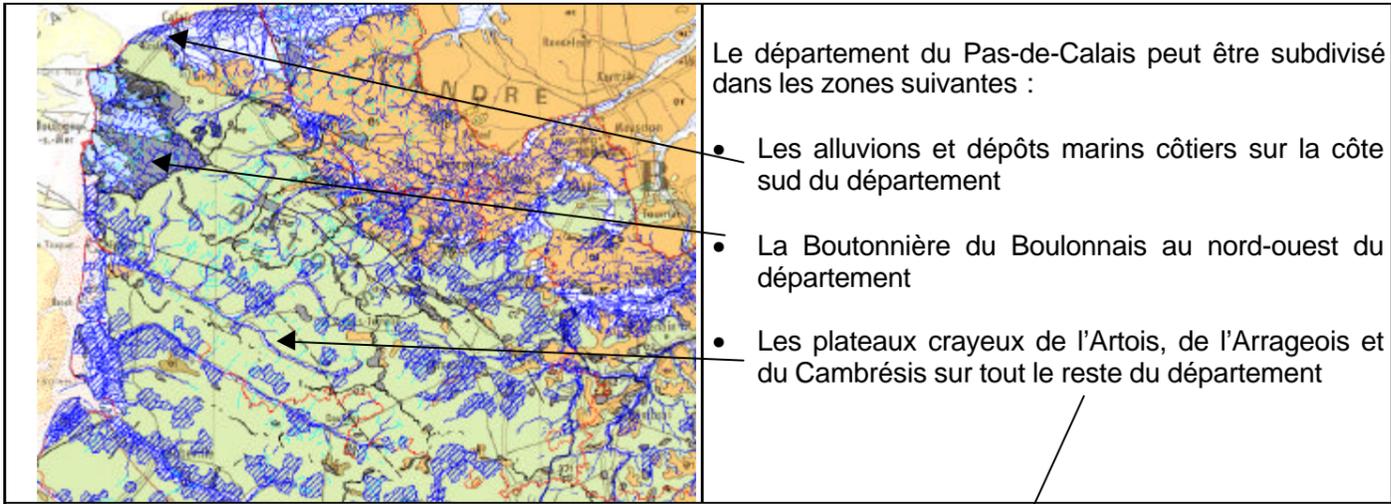
- au nord de Bailleul, où des buttes-témoins du Pliocène forment des zones très humides en raison d'une nappe affleurante ou proche de la surface ;
- au sud de Halluin jusqu'à Nieppe où l'altitude et l'épaisseur de ZNS sont très faibles.

Les formations crayeuses de l'Artois

Au sud de Roubaix, avec des interruption vers le sud-est, apparaît la craie de l'Artois caractérisée en surface par une faible densité du réseau hydrographique. Dans ce secteur la sensibilité y est très hétérogène : elle est moyenne à faible sur les interfluvés et forte dans les vallées, ce secteur est caractérisé par :

- des battements généralement partout moyens à forts
- une grande variabilité de la profondeur à la nappe (très faible dans les zones basses situées à l'ouest et au nord de Lille, et moyenne à importante sur les interfluvés par exemple au sud de Lille.

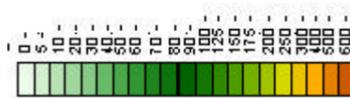
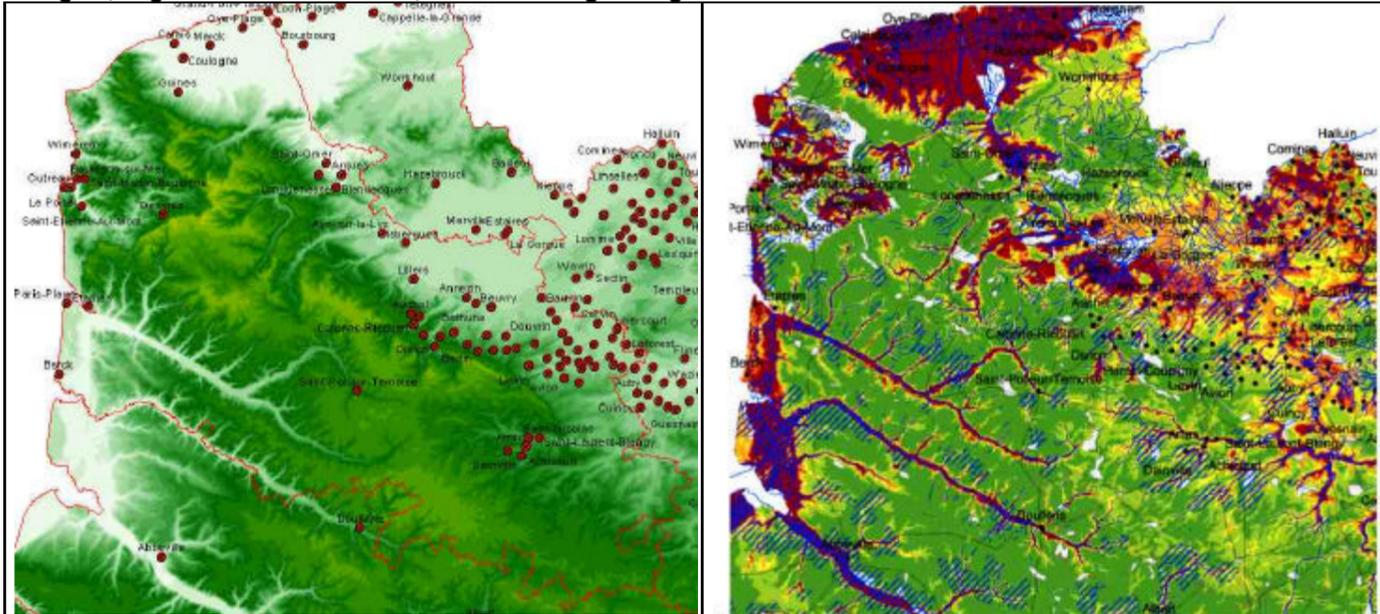
1-4 SENSIBILITE DU DEPARTEMENT DU PAS-DE-CALAIS (62)



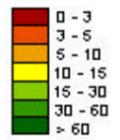
Position géologique : **En couleurs nuancées : les formations sédimentaires renseignées**

En gris uni : les zones insuffisamment renseignées

En gris, figuré MNT : le socle ; En surcharge rouge hachuré : les communes déclarées CATNAT

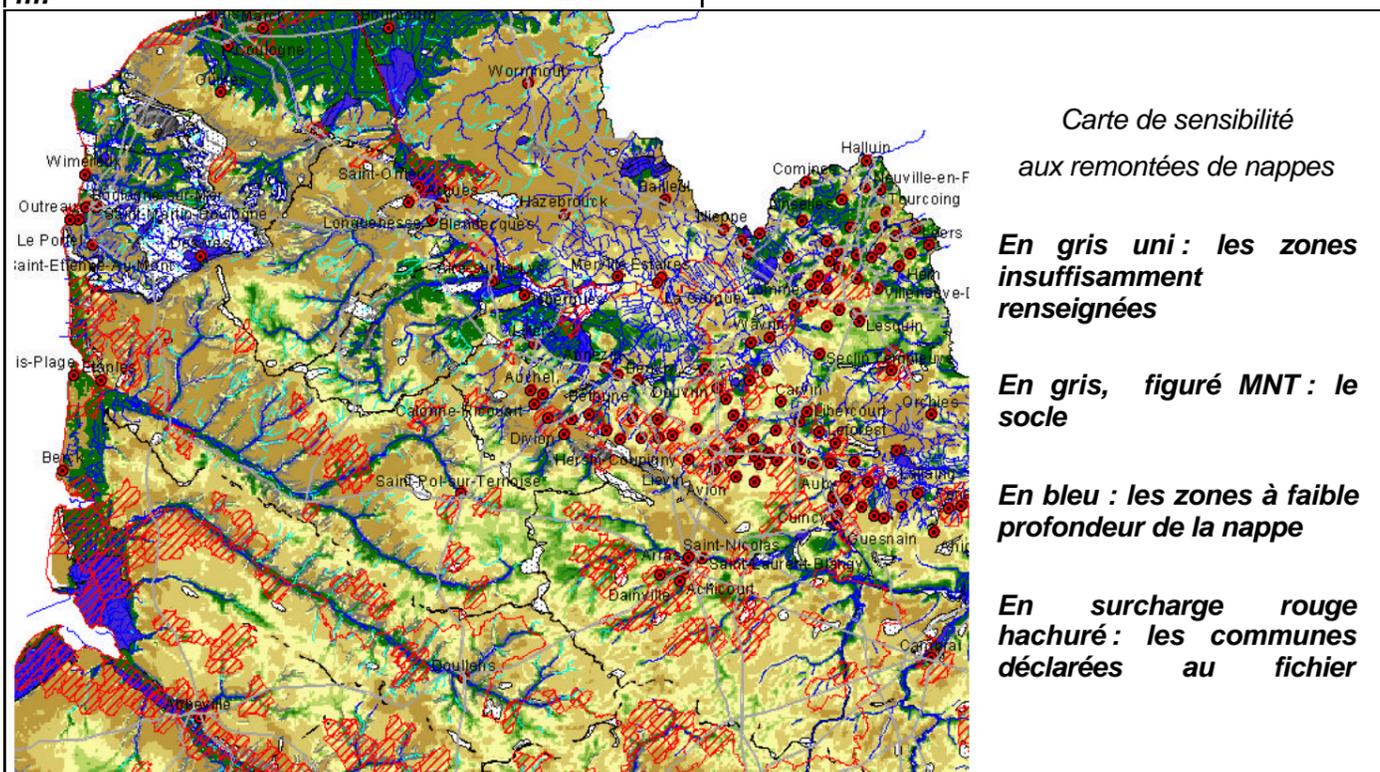


MNT : Les altitudes du Pas-de-Calais entre 0 et 400 m.



Profondeur de la surface libre de la nappe : Répartition par tranche.

En surcharge bleu hachuré : les communes déclarées au fichier CATNAT



Les alluvions et dépôts marins côtiers sur la côte sud du Pas de Calais

Les marais et les zones très plates situées aux embouchures des rivières sont caractérisés par de très fortes sensibilités, dues aux très faibles profondeurs de la nappe, parfois affleurantes comme au Nord de Crotoy. Les larges vallées de l'Authie et de la Canche montrent en particulier de fortes sensibilités aux remontées de nappes.

La Boutonnière du Boulonnais au Nord-ouest du Pas de Calais

Cette zone est constituée de terrains jurassiques peu perméables, ce qui a déterminé un réseau hydrographique très dense, en particulier dans le secteur de l'embouchure de la Liane. La nappe, à la fois très proche de la surface et située dans un secteur de basse altitude, détermine une forte sensibilité

- Cette zone est interrompue par des collines où la profondeur de la nappe, plus importante que l'amplitude du battement, détermine une sensibilité faible. Ces collines sont en partie couvertes par des formations Crétacées très peu perméables, comme en bordure de la boutonnière. Cet environnement est souvent caractérisé par la présence de zones humides comme la Forêt de Boulogne et la Forêt de Desvres, où la nappe est proche de la surface mais où les battements sont faibles.

Les plateaux crayeux de l'Artois, de l'Arrageois et du Cambrésis

Ces plateaux crayeux, qui s'étendent pratiquement sur tout le département, sont caractérisés par une très faible densité du réseau hydrographique, et de larges interfluves. La sensibilité des plateaux varie de moyenne à faible, en raison des grandes profondeurs à la nappe, et ce malgré des battements plutôt forts.

- Pourtant, au voisinage des grands vallées, de nombreuses vallées sèches montrent une grande sensibilité aux remontées de nappes en raison de forts battements conjugués à des épaisseurs de ZNS plutôt faibles ou moyennes.

Sur ces plateaux crayeux de l'Artois, de l'Arrageois et du Cambrésis, les terrains du Tertiaire forment de petites buttes-témoins où des battements plus importants, conjugués aux faibles profondeurs de la nape peuvent également augmenter la sensibilité, comme au voisinage d'Arras.

2 – Cadre du Bassin Minier

2-1 EXTENSION GEOGRAPHIQUE

Comme le montre la figure n°4, le territoire du bassin Minier du Nord et du Pas-de-Calais s'étend d'Ouest en Est jusqu'à la frontière belge sur une longueur totale de 105 km et sur une largeur variant entre 5 et 12 km, soit une superficie estimée à 1400 km².

Le Bassin Minier a aussi la particularité de répartir sa surface à parts égales sur les départements du Nord et du Pas-de-Calais.



Figure 4: Localisation du Bassin Minier

2-2 TOPOGRAPHIE ET HYDROGRAPHIE

Le Bassin Minier est caractérisé par un très faible relief à l'exception de sa partie Ouest (Estrée-Blanche – Bruay) où on peut atteindre des altitudes de +180 NGF. Ces reliefs plus élevés sont directement liés à la présence d'un ensemble de failles qui affecte tout le Sud-Ouest du bassin (failles épicrotacées de Pernes, Ruitz, Marqueffles et Sains).

La surface topographique a tendance à descendre progressivement vers le Nord et l'Est en direction de la région de Lens, du Bassin d'Orchies et du Valenciennois, avec des altitudes minimums de l'ordre de +20 NGF.

Ces zones basses constituent des axes de drainage avec des écoulements des nappes superficielles qui entraînent la formation de zones humides et une alimentation d'une série de rivières de taille moyenne comme La Sensée, l'Escault, la Scarpe et la Deûle.

2-3 LES AQUIFERES REGIONAUX

On distingue dans la Région plusieurs aquifères plus ou moins étendus qui concernent le Bassin Minier. Pour la plupart ils sont constitués par des couches perméables des terrains de couverture, situés au-dessus du gisement houiller.

D'autres niveaux aquifères existent également mais sous le gisement houiller comme le calcaire Dinantien.

Dans ce chapitre, nous aborderons uniquement ceux qui sont liés aux terrains de couverture comme les alluvions, les sables landéniens, les craies séno-turonniennes ainsi que le Cénomaniens.

La réalisation de la carte piézométrique est basée uniquement sur la nappe de la craie.

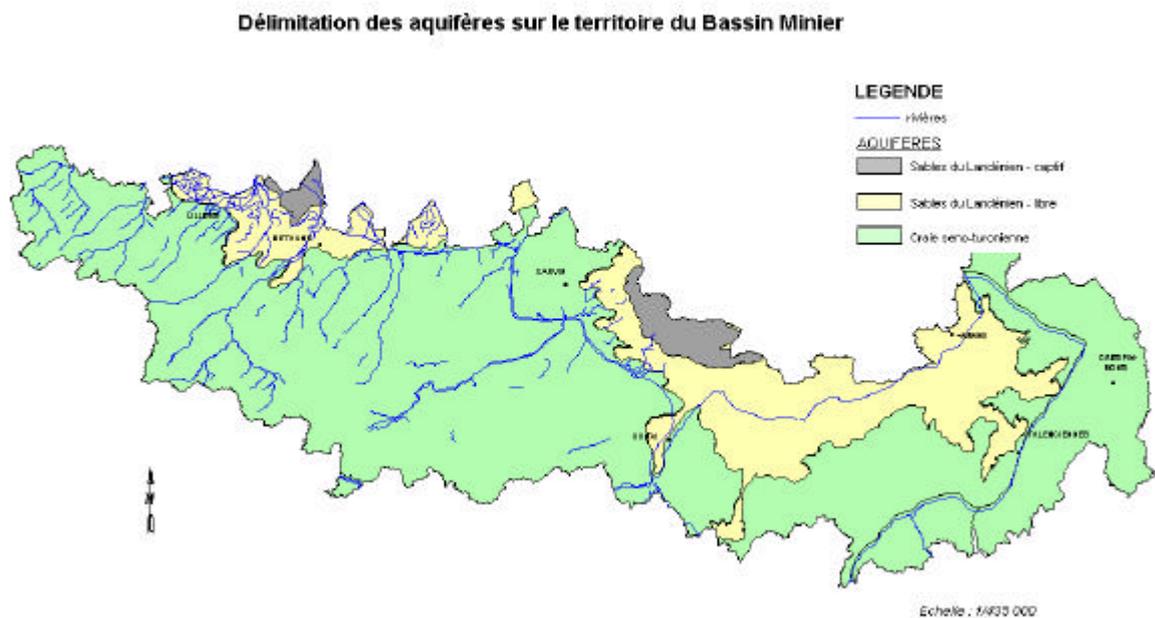


Figure 5 : les aquifères dans le Bassin Minier

Leurs principales caractéristiques sont les suivantes (des aquifères les moins profonds vers les plus profonds) voir figure n°5.

- Les alluvions et zones de marais

Elles contiennent une nappe libre peu profonde, très sensible à la pluviométrie et aux pollutions d'origine anthropique. Elle est normalement en équilibre hydrostatique avec les cours d'eau et les canaux voisins et en liaison hydraulique étroite avec les aquifères sous-jacents (craie ou sables landéniens).

Ces alluvions ont une épaisseur variable et elles sont largement présentes dans les fonds de vallées et les secteurs plats.

- Les sables et tuffeaux du Landénien

Ils renferment une nappe libre, peu profonde, localisée principalement au Nord du Bassin Minier. Elle est également en liaison hydraulique avec les rivières comme la Scarpe et la Deûle ou avec leur nappe alluviale.

Cette nappe devient captive lorsqu'elle est recouverte par les argiles d'Orchies (Argiles des Flandres).

- Les craies seno-turonienes

Cette nappe est la plus importante de la région Nord-Pas-de-Calais par sa puissance et son degré d'exploitation (elle assure près de 80 % des prélèvements pour l'eau potable et l'industrie). Son mur est assuré par les marnes argileuses (« Dièves ») du Turonien inférieur.

Libre à l'Ouest et au Sud du Bassin Minier où elle est drainée par les différents cours d'eau du secteur (Clarence, Lawe, Surgeon, Souchez,...) elle devient captive vers le Nord sous les argiles landéniennes (Argile de Louvil) des cuvettes d'Orchies et des Flandres (zone de Béthune).

Son épaisseur varie de 30 m (St Amand-les-Eaux) à 150 m (fosse de Saint-Aybert) selon le degré de l'érosion qui a joué un rôle important dans la morphologie de ces couches.

Son alimentation est assurée au niveau des zones d'affleurement par les précipitations. L'eau circule grâce à un système de fissures qui est surtout bien développé sous les vallées et les vallons secs.

Le régime libre de cette nappe implique des variations de niveau à la fois saisonnières et interannuelles, liées à la pluviométrie. Faibles en vallées, ces fluctuations atteignent plusieurs mètres sous les plateaux.

- Les craies marneuses cénomaniennes

Il s'agit d'une nappe entièrement captive sur l'ensemble du Bassin. En fait, cet aquifère ne présente d'intérêt qu'à l'ouest du bassin où il se développe nettement et où il est exploité pour l'eau potable (zones d'Houdain et Calonne – Ricouart).

3- Réalisation de la carte piézométrique

3-1 METHODES ET MOYENS

L'objectif de cette campagne piézométrique était l'acquisition de 800 mesures sur l'ensemble des communes du Bassin Minier et sur une surface de 1400 km².

3-1-1 Recensement des points

Pour atteindre cet objectif, un premier travail de recensement de points a été effectué à partir des fournisseurs de données suivants :

- le BRGM avec les données disponibles dans les dossiers la Banque du Sous-Sol (B.S.S). Environ 4000 points ont été répertoriés sur l'ensemble des communes du Bassin Minier.
- Charbonnages de France (C.D.F) disposent de 500 points recensés grâce à l'étude dite « 3H » sur le territoire du Bassin Minier.
- Les exploitants d'eau qui gèrent un nombre important de captages pour l'alimentation en eau potable. Il s'agit sur la zone d'étude de la Société des Eaux du Nord (S.E.N), la Compagnie Générale des eaux (C.G.E), le Syndicat Intercommunal des Eaux du Nord (SIDEN), la Société Eau et Force d'Anzin et quelques syndicats intercommunaux.

3-1-2 Sélection des points

A partir de ce travail de recensement, nous avons sélectionné un certain nombre de forages et de piézomètres à mesurer selon les critères suivants :

- la localisation géographique,
- la présence d'un nivellement,
- l'état du forage ou du piézomètre (abandon, accessibilité, rebouché ou pas, ...) compte
- tenu des informations que l'on pouvait avoir sur ces différents points,
- le type de nappe captée,
- et les points déjà utilisés pour des campagnes piézométriques.

Suite à cette sélection, 1632 points ont été recensés pour réaliser cette campagne piézométrique et ils se localisent de manière assez homogène comme le montre la figure n°8 ci-dessous.

L'origine de ces 1632 points se répartit de la manière suivante :

- 1249 issus de la B.S.S,
- 213 points appartenant à C.D.F,
- 170 forages et piézomètres gérés par les exploitants d'eau.

3-1-3 Moyens

Chaque point a donné lieu à une visite ainsi qu'à une mesure de niveau d'eau lorsque cela était possible (l'équipement utilisé est une sonde électrique).

A fin de réaliser ce travail, dans des délais et des conditions acceptables, 6 agents du BRGM, qualifié pour ce type de mesure ont été mobilisés.

3-2 CAMPAGNE DE MESURES ET RESULTATS OBTENUS

3-2-1 Campagne de mesures

La campagne de terrain s'est déroulée principalement entre le 15 et le 26 avril 2002. Néanmoins quelques mesures ont été réalisées soit dans les premières semaines du mois d'avril ou au mois de mai selon le fournisseur de données.

Les points visités sont ceux issus de la BSS et de CDF. Nous avons aussi sollicité les exploitants AEP pour nous fournir les mesures concernant leurs forages et piézomètres.

Les résultats de la campagne de terrain sont récapitulés sous la forme et la codification suivantes (voir tableau n°1).

INDICE	X1	Y1	COMMUNE	NATURE	ZSOL (m NGF)	Commentaires	Date	
00264X0013	633670	292740	THELUS	PUITS-	96	Inaccessible	07/05/02	
00264X0017	635240	295280	FARBUS	PUITS	76	Mesure	07/05/02	Point BRGM
00264X0018	638000	296170	ARLEUX-EN-GOHELLE	PUITS	55	Rebouché	07/05/02	
00264X0019	637800	295970	ARLEUX-EN-GOHELLE		58,44	Mesure	07/05/02	Point CDF
00264X0024	636160	295400	WILLERVAL	PUITS	66	Inaccessible	07/05/02	
00264X0025	635760	295420	WILLERVAL		69,30	CGE Arras		Point AEP
00264X0031	636355	294190	BAILLEUL-SIRE-BERTHOULT		71,65	Mesure	07/05/02	

Tableau n°1 Extrait de l'annexe 1 du rapport intermédiaire

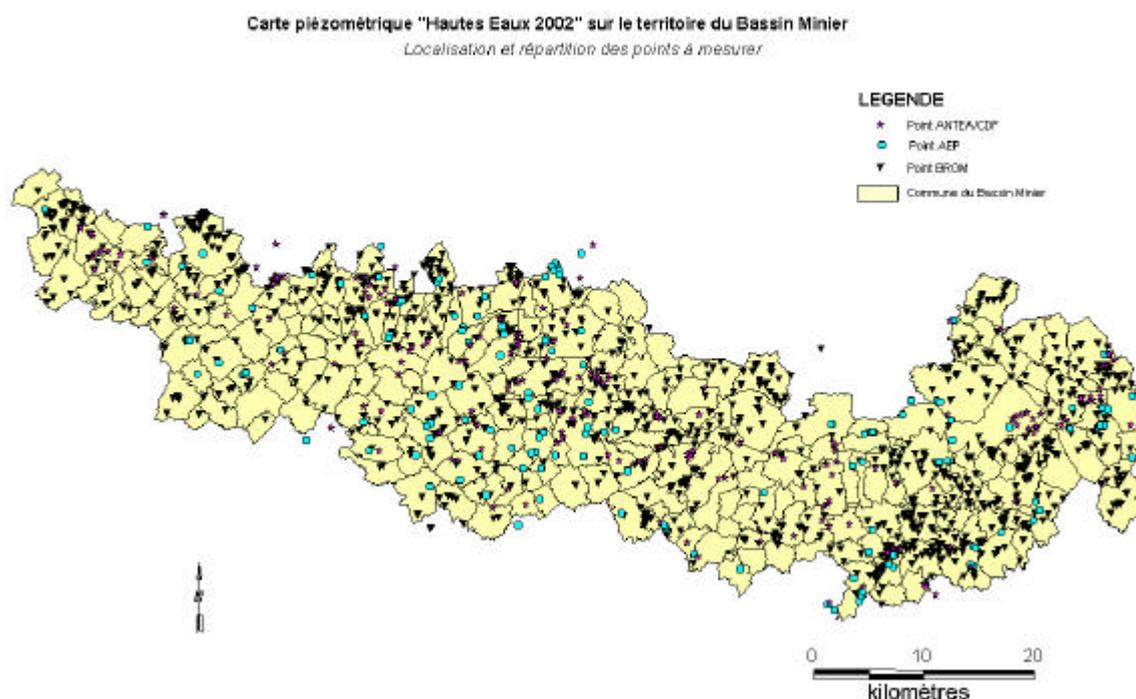


Figure 6 : Localisation des points à mesurer

3-2-2 Résultats obtenus

Sur les 1632 points, 639 mesures ont été obtenues de la manière suivante (voir tableau n°2 ci – dessous).

	Nombre de points à mesurer	Nombre de points mesurés	Commentaires
B.S.S	1249	314 dont	37 nouveaux points mesurés non répertoriés en BSS 277 mesurés par les agents BRGM
C.D.F	213	233 dont	82 mesurés par les agents BRGM 47 mesures fournies par CDF 106 nouveaux points fournis par CDF et non répertoriés en BSS
A.E.P	170	92	92 mesures fournies par les exploitants AEP
TOTAL	1632	639	

Tableau 2 : Récapitulatif sur les données issues de la campagne de terrain

Avant la saisie informatique des mesures, chaque résultat a fait l'objet d'une validation en vérifiant notamment certaines données comme l'altitude de l'ouvrage au sol, la hauteur du repère par rapport au sol et les coordonnées géographiques. Suite à cette vérification, quelques points ont dû être écartés.

L'ensemble des mesures réalisées sur le terrain et récoltées auprès de CDF ainsi que les exploitants d'eau est détaillé dans l'annexe 2 du rapport intermédiaire avec pour chaque point, la mesure de la profondeur de la nappe (Prof.nappe), la hauteur du repère par rapport au sol (Hrep/sol) et le calcul de l'altitude piézométrique de la nappe (Alt.piezo), voir tableau n°3 ci-dessous.

INDICE	X1 (L1)	Y1 (L1)	COMMUNE	NATURE	Zsol (m NGF)	Hrep/Sol (m)	Prof.nappe (m)	Alt piezo (m NGF)	Commentaires	Date
00193X0140	626020	315400	BEUVRY	FORAGE	20	sol	1,1	18,90	Rep : sol	23/04/02
00193X0149	627675	313249	ANNEQUIN		20,44	0,6	0,54	20,50	Rep : sommet tube	25/04/02
00193X0166	627509	316088	FESTUBERT		20,68	-0,2	1,31	19,17	BRGM	23/04/02
00193X0189	631030	316760	VIOLAINES	FORAGE	20	sol	7,4	12,60	Rep : sol	26/04/02
00194B0391	637830	316230	HANTAY	FORAGE	21	0,15	6,57	14,58	Rep : plaque	26/04/02
00194C0048	634980	311760	DOUVRIN	FORAGE	27	sol	6,7	21,30	CGE BRUAY	12/06/02
00194C0050	632860	311690	HAISNES	FORAGE	31,00	sol	8,6	22,40	CGE Douvrin	13/06/02

Tableau n°3 : Extrait de l'annexe 2 du rapport intermédiaire

Enfin, comme le montre la carte de la figure n°9, les mesures se répartissent globalement de manière homogène sur l'ensemble du territoire du Bassin Minier à l'exception de quelques secteurs comme Marly-Sebourg, Rebreuve-Fresnicourt le Dolmen et quelques communes limitant la zone d'étude.

3-2-3 Analyse des points particuliers

Suite à cette campagne, 143 nouveaux points, non connus des services du BRGM, ont été identifiés.

Les autres points particuliers concernent les forages, les piézomètres et les puits qui sont :

- soit « inaccessible » (232 ouvrages répertoriés),
- soit « rebouché, comblé ou détruit » (97 ouvrages),
- soit « non retrouvé » (244 ouvrages).

Ces caractéristiques sont détaillées pour chaque point dans l'annexe n°1 du rapport intermédiaire.

Enfin, toutes ces informations permettront l'ajout de données ainsi que la mise à jour de la Banque du Sous-Sol (BSS).

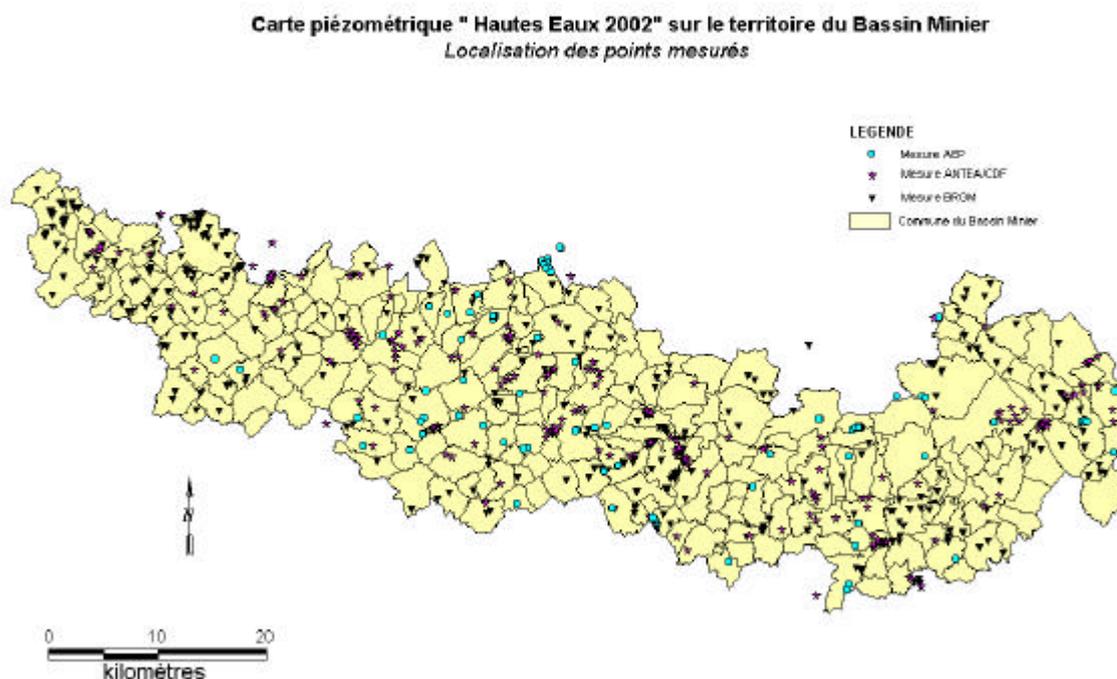


Figure 7 : Localisation et répartition des points mesurés

Enfin cette carte a été digitalisée et numérisée afin d'être utilisée avec un Système d'Information Géographique (S.I.G).

3-3-2 Commentaires sur la carte piézométrique

Cette carte piézométrique sur l'ensemble du Bassin Minier montre deux secteurs où les courbes n'ont pu être tracées :

- le secteur du Sud-Ouest du Bassin,
- et la zone localisée à l'extrême Nord-Est.

Pour le premier secteur, cela est dû à un manque de données et pour le second à la présence de piézomètres qui captaient plutôt la nappe des sables Landéniens.

On constate aussi l'impact du jeu des différentes failles sur les écoulements de la nappe (extrême ouest du Bassin Minier) ainsi que les zones influencées par les pompages représentées sous forme de cercles concentriques sur la carte (« dépression piézométrique ») comme à Annoeullin, Wandignies-Hamage, St-Amand-les-Eaux,...

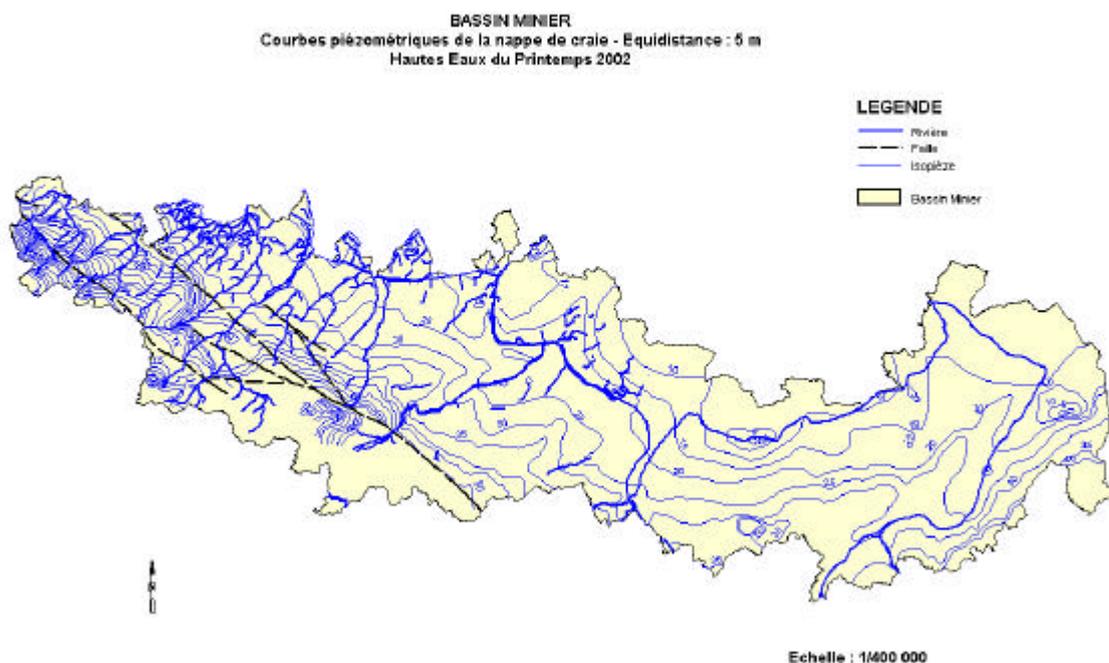
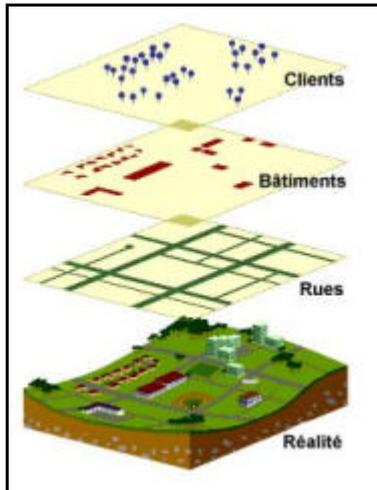


Figure 9: carte piézométrique « Hautes Eaux » 2002 de la nappe de la craie

4- Présentation des outils exploités

L'exploitation des outils de type Système d'Information Géographique constitue le pré-requis nécessaire à une démarche de cet ordre. Le logiciel exploité est l'applicatif ArcView © ESRI, les données bancarisables ont été conservées au format MS ACCESS © Microsoft

Le Système d'information Géographique (SIG)



Un système d'Information Géographique est un outil informatique permettant de représenter et d'analyser toutes les choses qui existent sur terre ainsi que tous les événements qui s'y produisent

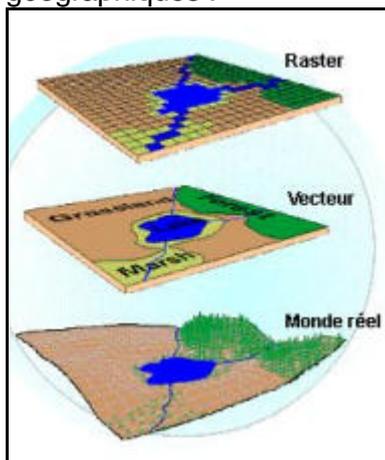
Les SIG offrent également toutes les possibilités des bases de données (telles que requêtes et analyses statistiques) et ce, au travers d'une visualisation à échelle variable et d'une analyse géographique propre aux cartes.

Un SIG stocke les informations concernant le monde sous la forme de couches thématiques reliées les unes aux autres par la géographie.

Principe du SIG

L'information géographique contient soit une référence géographique explicite (latitude & longitude ou une grille de coordonnées nationales) ou une référence géographique implicite (adresse, code postal, nom de route...). Le géocodage, processus automatique, est utilisé pour transformer les références implicites en références explicites et permettre ainsi de localiser les objets et les événements afin de les analyser.

Les Systèmes d'Information Géographique exploitent deux différents types de modèles géographiques :



Modèles de données

Le modèle vecteur

Dans le modèle vecteur, les informations sont décrites sous la forme de coordonnées x, y . Les objets de type ponctuel sont dans ce cas représentés par un simple point. Les objets linéaires (routes, fleuves...) sont eux représentés par une succession de coordonnées x,y . Les objets polygonaux (territoires géographiques, parcelles...) sont, quant à eux, représentés par une succession de coordonnées délimitant une surface fermée. Le modèle vectoriel est particulièrement utilisé pour représenter des données discrètes.

Le modèle raster

Le modèle raster, quant à lui, est constitué d'une matrice de points pouvant tous être différents les uns des autres. Il s'adapte parfaitement à la représentation de données variables continues telles que la nature d'un sol.

5- Le modèle vecteur

5-1- DONNEES VECTEUR ELEMENTAIRES

5-1-1 Les entités géologiques (polygones)

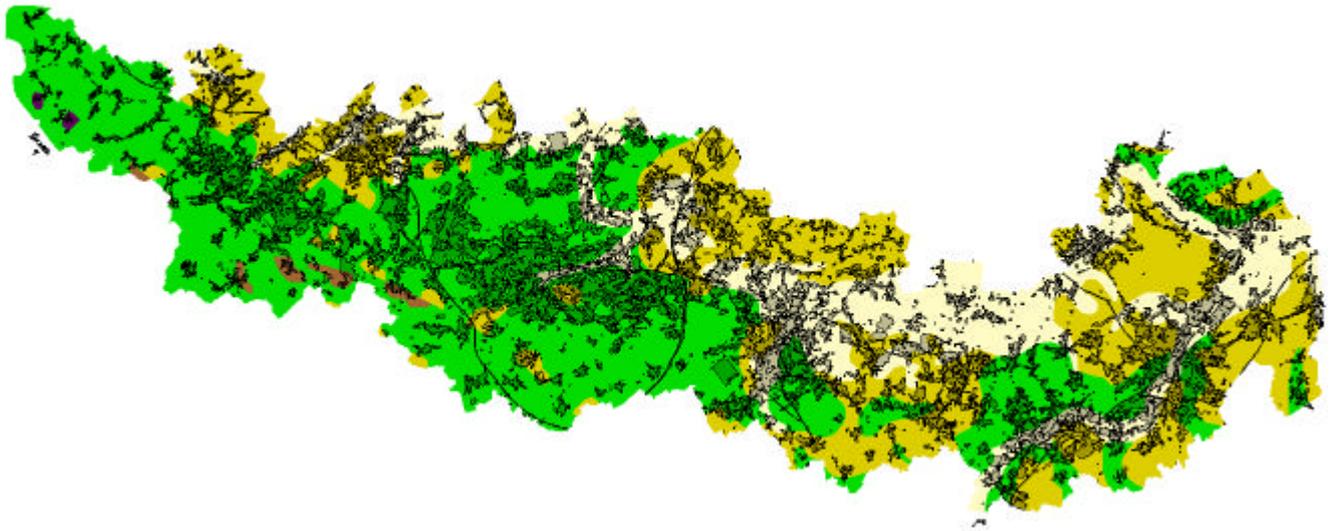
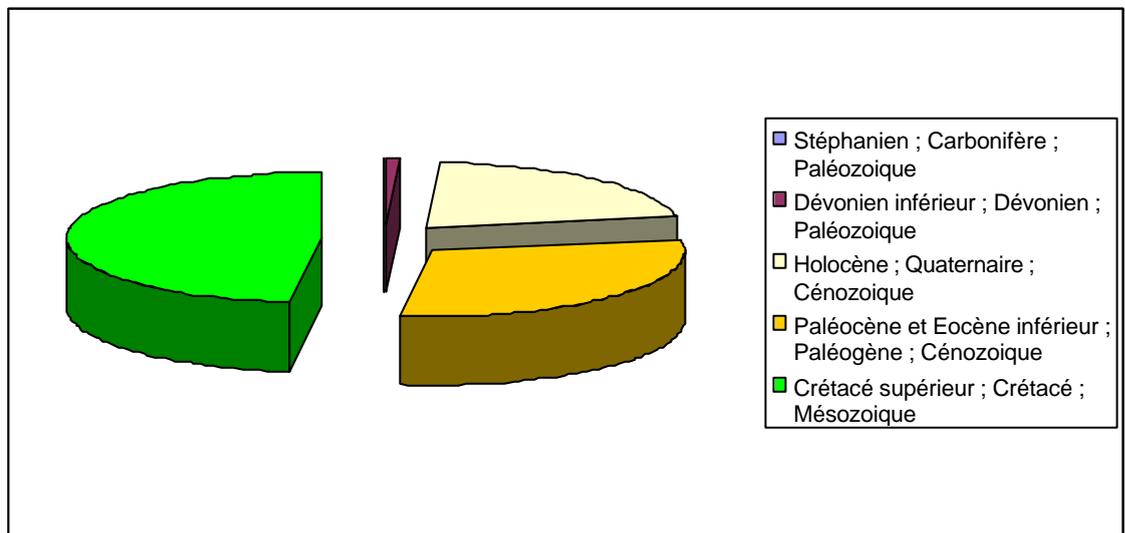


Figure 10: Les grandes unités stratigraphiques



La superficie totale du secteur d'étude est de l'ordre de 1800 km². La majeure partie des formations à l'affleurement est représentée par les formations crayeuses du crétacé. Les formations tertiaires (sables aquifères du landéniens sur des formations argileuses majoritairement) et les formations quaternaires (formations alluvionnaires essentiellement) représentent plus, à part égales, de 50% du territoire d'étude. Rapporté au cadre départemental, la zone étudiée présente la même distribution spatiale des formations potentiellement aquifères et susceptibles de provoquer, par remonté des eaux, des désordres par submersion des terrains naturels.

5-1-2 Les entités hydrogéologiques

La zone d'étude est couverte par 6 grandes entités hydrogéologiques divisées en 15 sous unités.

CODE BDRHFV1	Nom de l'entité hydrogéologique
001d	<i>ARTOIS / HAUT PAYS D'ARTOIS</i>
001e	<i>ARTOIS / BASSIN DE LA TERNOISE</i>
001f	<i>ARTOIS / GOHELLE OUEST</i>
001g	<i>ARTOIS / GOHELLE SUD</i>
001h	<i>ARTOIS / GOHELLE EST</i>
001i	<i>ARTOIS / OSTREVENT</i>
001j	<i>ARTOIS / MELANTOIS SUD</i>
002a1	<i>BASSIN DE MONS / NORD EST VALENCIENNOIS</i>
002b	<i>BASSIN DE MONS / VALENCIENNOIS</i>
005b	<i>CAMBRESIS / OUEST DE CAMBRAI</i>
006b	<i>HAINAUT-VERMANDOIS / HAINAUT EST</i>
201a	<i>LANDENIEN DES FLANDRES / LIBRE</i>
201c	<i>LANDENIEN DES FLANDRES / LANDENIEN D'ORCHIES LIBRE</i>
501	<i>FLANDRES</i>
504	<i>BORDURE DU HAINAUT</i>

A l'exception des entités 201,501 et 504, ces entités possèdent toutes une partie libre et une partie captive. Les fiches résumés de ces entités sont données en annexe

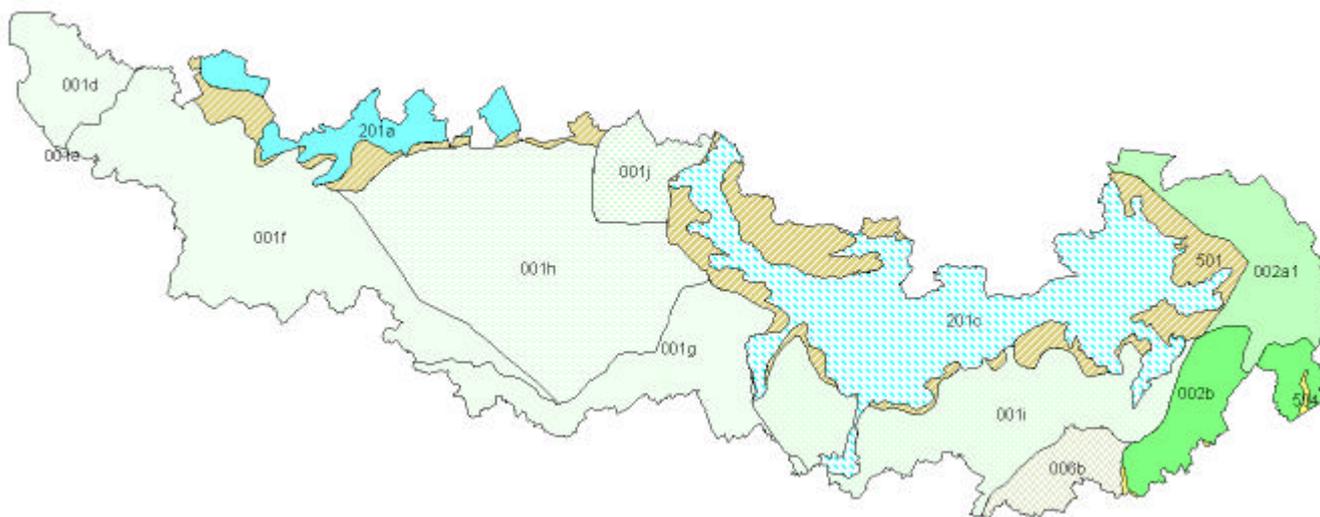


Figure 11: Les unités hydrogéologiques

6 - Le Modèle raster

6-1 DONNEES RASTER ELEMENTAIRES

6-1-1 Le modèle numérique de terrain

(grille de 1375 * 3420 cellules de 30m de coté)

Source : Mission du bassin minier

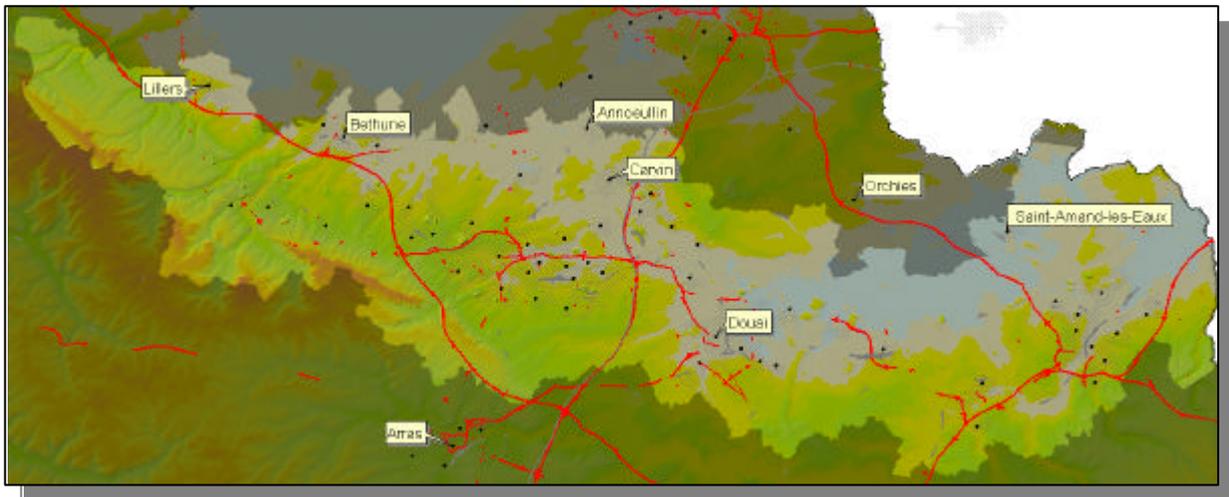


Figure 12 : Le Modèle numérique de terrain

Il constitue le référentiel altimétrique exploité dans le cadre de cette étude.

C'est une expression numérique de la topographie. Elle existe sous forme matricielle (MNT) ou vectorielle. La forme vectorielle peut être constituée des courbes de niveau numérisées ou d'un réseau de triangles irréguliers qui relient les points cotés (TIN file). Dans le cadre de cette étude, le MNT a été exploité sous forme matricielle :

- projection Lambert 2 étendue
- cellules de 30 par 30 mètres,

Analyse du MNT

Il peut exister dans les modèles, des surfaces causant des dépressions pour lesquelles aucun exutoire n'est possible. Il est nécessaire de "comblé" artificiellement ces dépressions afin de rétablir un écoulement potentiel des eaux pour permettre la détection des talwegs. La démarche usuellement employée consiste à niveler les terrains incriminés à l'altitude des terrains voisins. Cette action peut être paramétrée en fonction d'une surface minimale ou maximale des zones anomaliques.

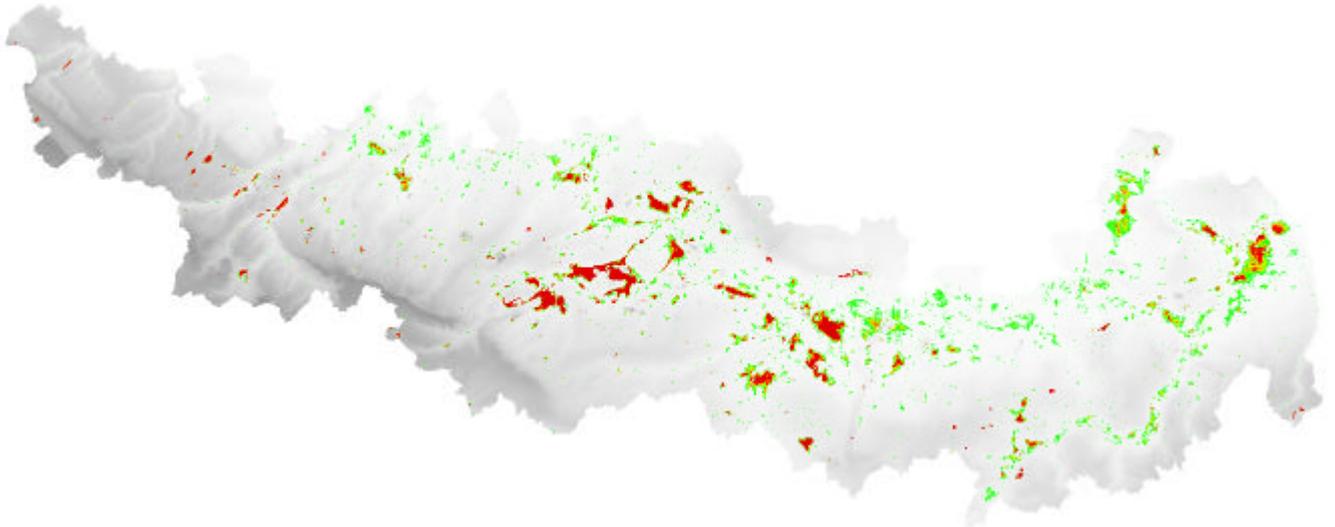


Figure 13: Zones anomaliques du MNT

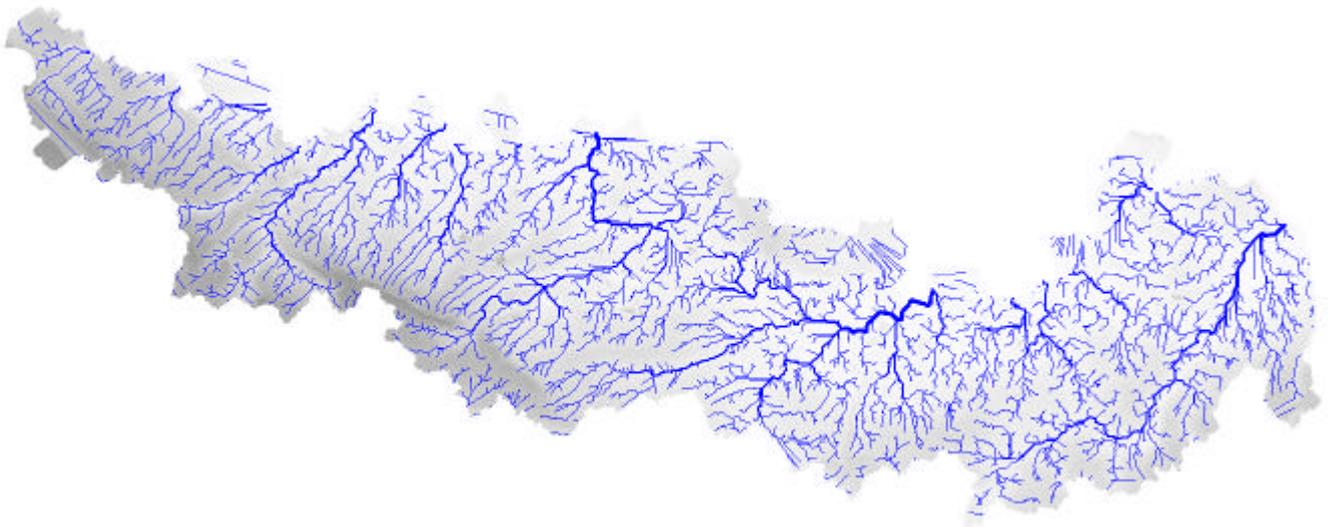


Figure 14: réseau de talwegs (classification Shreeve)

6-1-2 Approche indirecte de la perméabilité des terrains naturels par l'indice de développement et persistance et des réseaux (IDPR)

L'aptitude des formations du sous-sol à laisser s'infiltrer les eaux de surface vers le milieu souterrain et réciproquement peut être déduite de la comparaison entre les réseaux hydrographiques réels et calculés. L'IDPR permet de rendre compte de la capacité intrinsèque du sol à infiltrer ou ruisseler et s'appuie sur une qualification indirecte des sols à grande échelle.

<1		Il y a non conformité entre la disponibilité des axes de drainage liés aux talwegs et les axes hydrologiques observés. L'eau ruisselant sur les terrains naturels rejoint un axe de drainage défini par l'analyse des talwegs sans que celui-ci ne se concrétise par l'apparition d'un axe hydrologique naturel
=1		Il y a conformité entre la disponibilité des axes de drainage liés au talweg et les axes hydrologiques en place
>1		L'eau ruisselant sur les terrains naturels rejoint très rapidement un axe hydrologique naturel sans que la présence de celui-ci soit directement justifiée par un talweg. Développement d'un réseau de drainage naturel de densité supérieure à l'expression du réseau des talwegs

Lorsque la valeur de l'IDPR est faible ($\ll 1$), cela signifie que le terrain est majoritairement infiltrant. En effet, le point considéré est plus proche d'un cours d'eau théorique que d'un réel. Donc c'est une zone d'infiltration. A contrario, une valeur forte ($\gg 1$) correspond a priori à une zone à ruissellement majoritaire.

Dans le cas d'écoulements pérennes, un IDPR supérieure à 2 traduit une stagnation permanente ou courante des eaux, menant à deux interprétations différentes. On pose l'hypothèse que des valeurs d'IDPR supérieures à 2 sont majoritairement assimilables à des milieux humides¹ induisant la possibilité d'inondation par effet de barrière hydraulique.

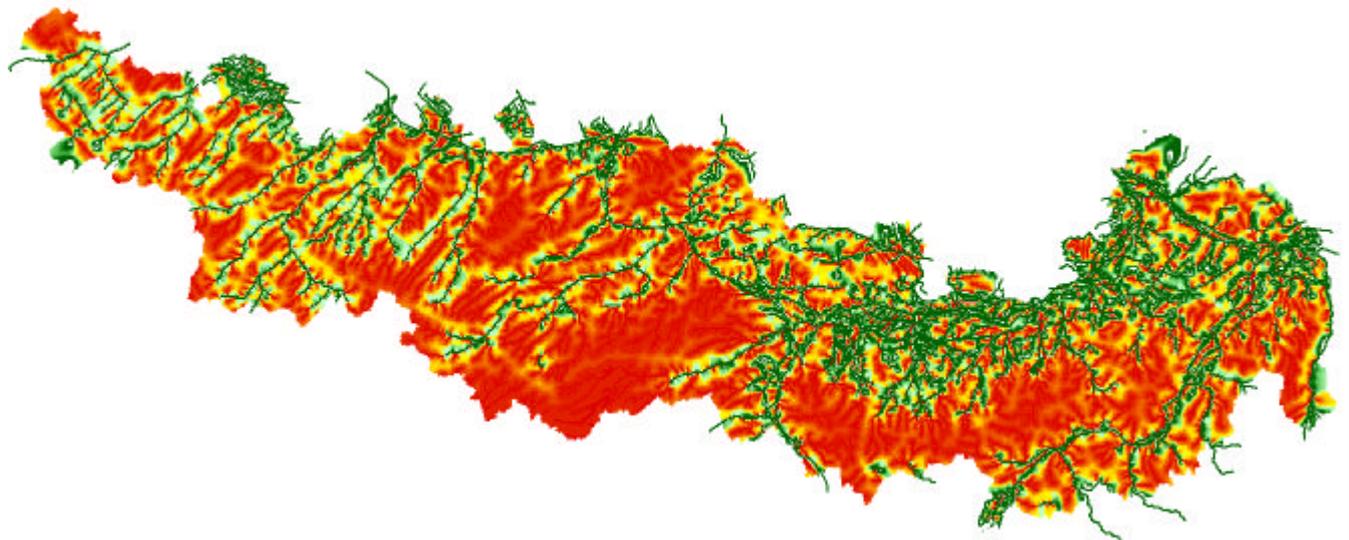


Figure 15: Indice de développement et persistance des réseaux (IDPR niveau 0)

¹ Les milieux humides en tant qu'hydrosystèmes font partie intégrante des systèmes aquatiques auxquels ils sont reliés: soit une nappe phréatique, soit un cours d'eau dont ils sont les prolongements latéraux, soit une zone lacustre dont ils constituent les bordures. A ce titre ces milieux humides ne peuvent être, d'un point de vue hydrologique, isolés des autres hydrosystèmes avec lesquels ils sont connectés et aux variations de stocks desquels ils réagissent.

6-2 DONNEES RASTER ELABOREES

6-2-1 Discrétisation de la carte piézométrique

La carte piézométrique décrite au chapitre 3 a conduit à la réalisation d'une grille de valeur continue permettant la comparaison des niveaux d'eau observés avec la cote altimétrique des terrains naturels.

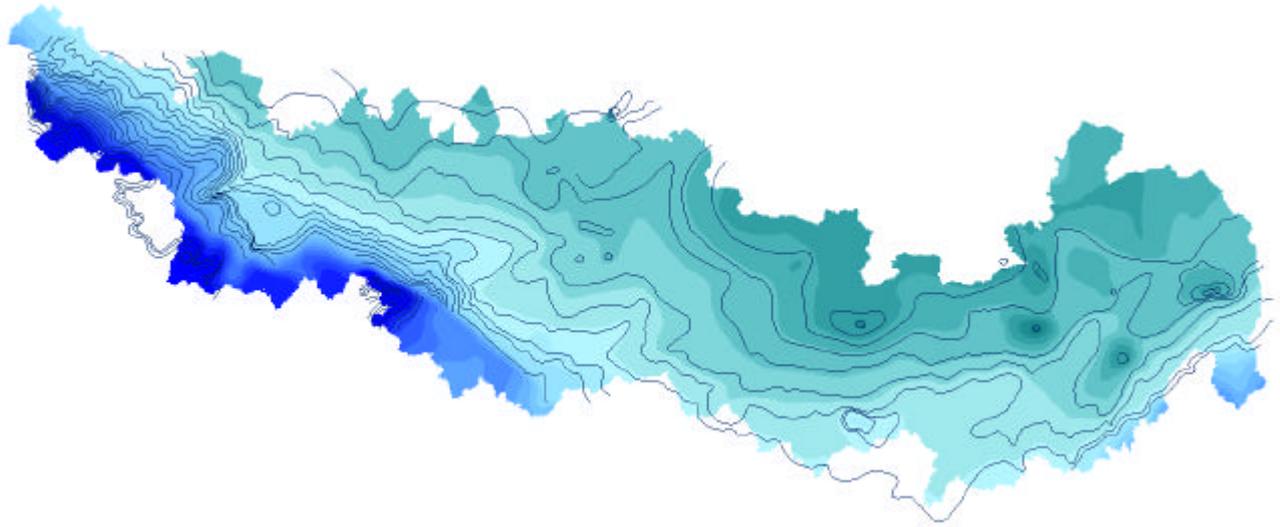


Figure 16: Surface piézométrique période de « Hautes Eaux 2002 ».

6-2-2 Zone non saturée en période de hautes eaux

La comparaison entre le modèle numérique de terrain et la piézométrie observée permet de définir l'épaisseur des terrains non saturés qui séparent la nappe d'eau souterraine de la surface naturelle des sols.

Cette analyse, pour un niveau de hautes eaux de référence acquis pour l'année 2002, permet de dresser le constat d'une sensibilité des terrains naturels à la remontée des eaux souterraines basée sur l'épaisseur des terrains séparant les niveaux saturés en eau de l'altitude des terrains naturels.

Dans la suite de cette étude, cette épaisseur sera assimilée à l'épaisseur de la zone non saturée (ZNS).

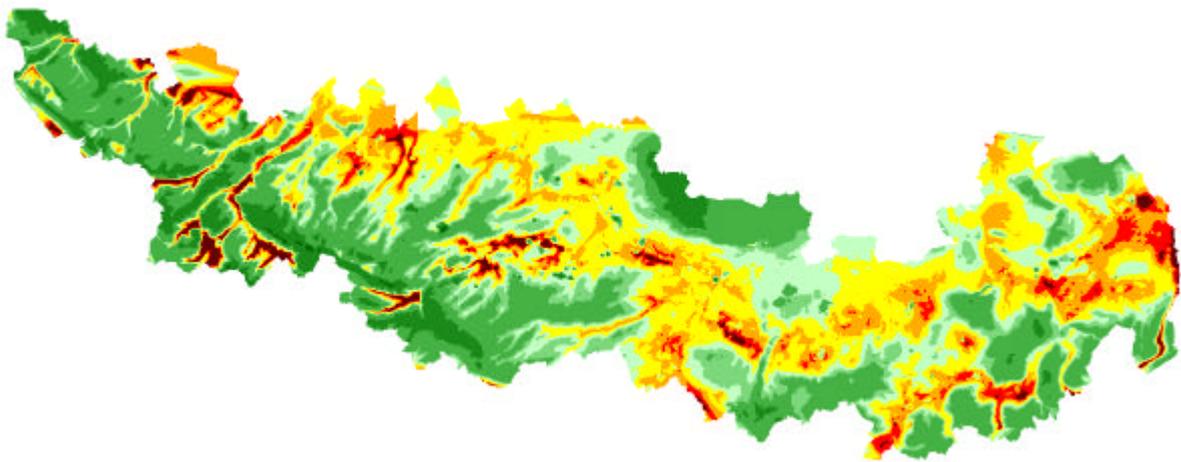


Figure 17: Epaisseur de la zone non saturée lors de la période de « Hautes Eaux 2002 ».

La sensibilité déduite de l'épaisseur des terrains non saturés en eau, suppose la libre circulation des eaux souterraines au travers de la ZNS. Ce qui constitue le cas général pour les zones où affleurent les formations crayeuses mais, sous couverture imperméable, l'aquifère rendu captif ne peut pas atteindre la surface des terrains naturels.

6-2-3 Aires de captivité de la nappe craie

La carte géologique régionale distingue essentiellement dans la zone d'étude les formations du crétacé supérieur (formations crayeuses) et les formations du Paléocène et Eocène inférieur aux quelles on attribue à l'échelle régionale un caractère généralement peu perméable. Ces formations rendent captif l'aquifère de la craie.

Les formations plus récentes encore, attribuées à l'Holocène et au Quaternaire sont perméables et peuvent être au contact directe de la craie (par exemple les alluvions de la Deûle, ou bien reposent sur des formations imperméables, les alluvions de la Scarpe reposant sur les argiles tertiaires dites de "Louvil"). Dans ces formations il existe des nappes alluviales dont les fluctuations sont essentiellement contrôlées par le réseau hydrologique.

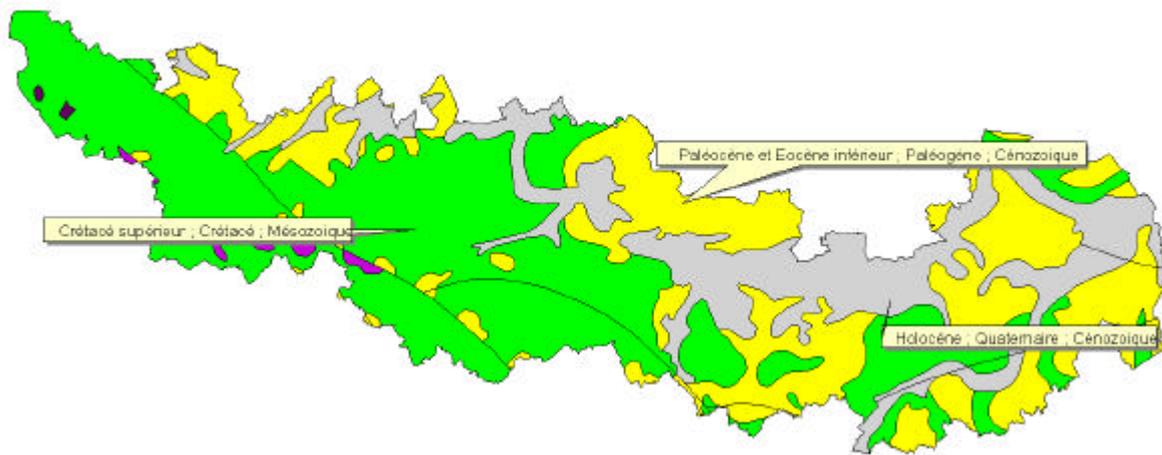


Figure 18: Formations potentiellement imperméables (en jaune, en gris les alluvions)

Ce caractère plus ou moins perméable des formations ainsi que la présence des nappes alluviales est bien rendu par l'indice de persistance des réseaux décrit précédemment.

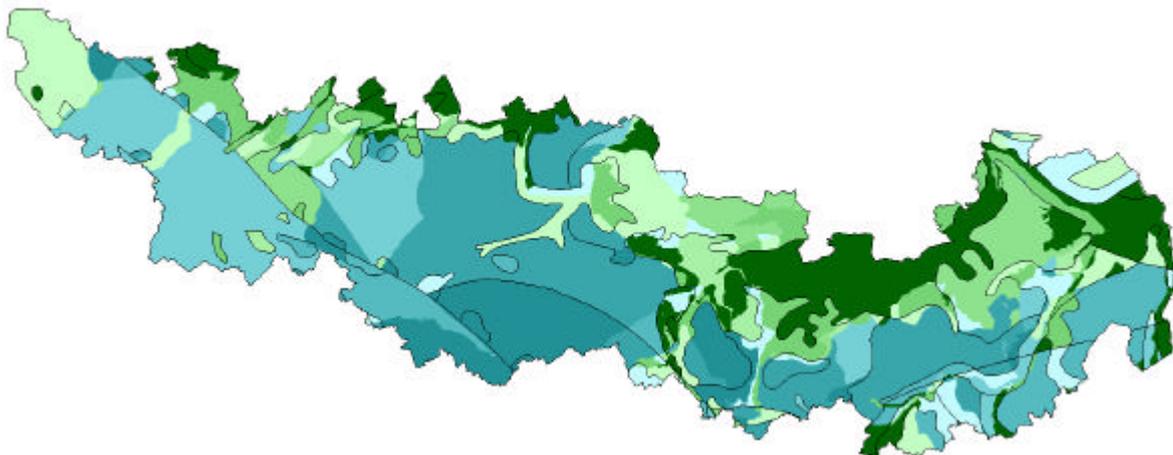


Figure 19: Extension des formations potentiellement imperméables

La vulnérabilité des terrains naturels aux remontées des eaux issues de la nappe de la craie peut donc être contrôlée par la présence des formations formant un toit non perméable confinant la nappe souterraine. La vulnérabilité observée en 2002 et initialement calculée à partir des seuls niveaux de hautes eaux de la craie doit donc être exploitée au sein des aires où la nappe est libre.

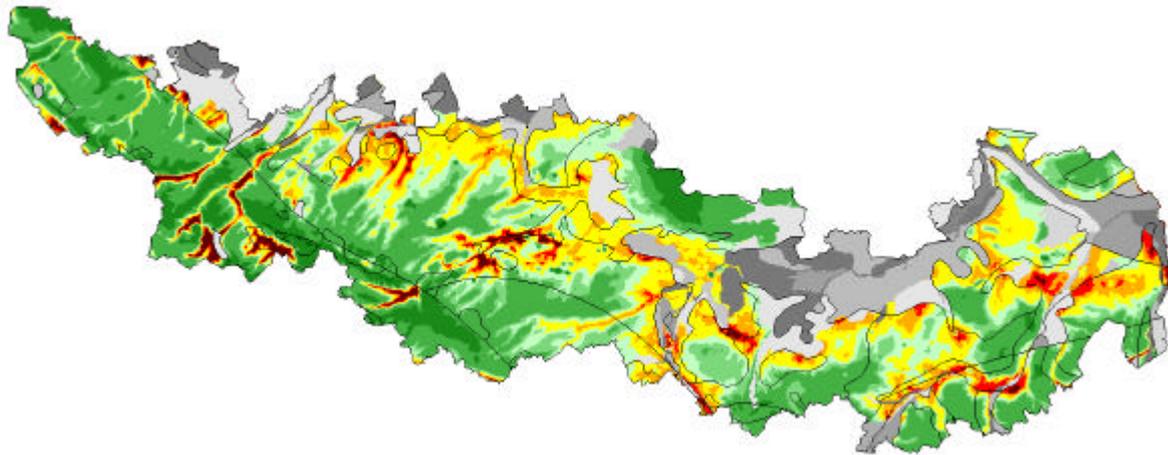


Figure 20: Epaisseur de la zone non saturée des terrains naturels sur formations crayeuses aux remontées de nappe

6-2-4 Battement des nappes

La nappe de la craie a, en règle générale, atteint en 2002 des niveaux piézométriques inférieurs à ceux de 2001. En comparant les isopièzes calculés en 2001 à ceux de 2002 la variation d'amplitude est en moyenne de 3 mètres. Ces variations apparaissent, compte-tenu des données disponibles, plus importantes à l'ouest du bassin minier, au sein du bassin versant de la Lys. Les bassins versants de la Deûle et de la Scape présentant un écart moyen de piézométrie, entre 2001 et 2002 de 1 à 3 mètres.

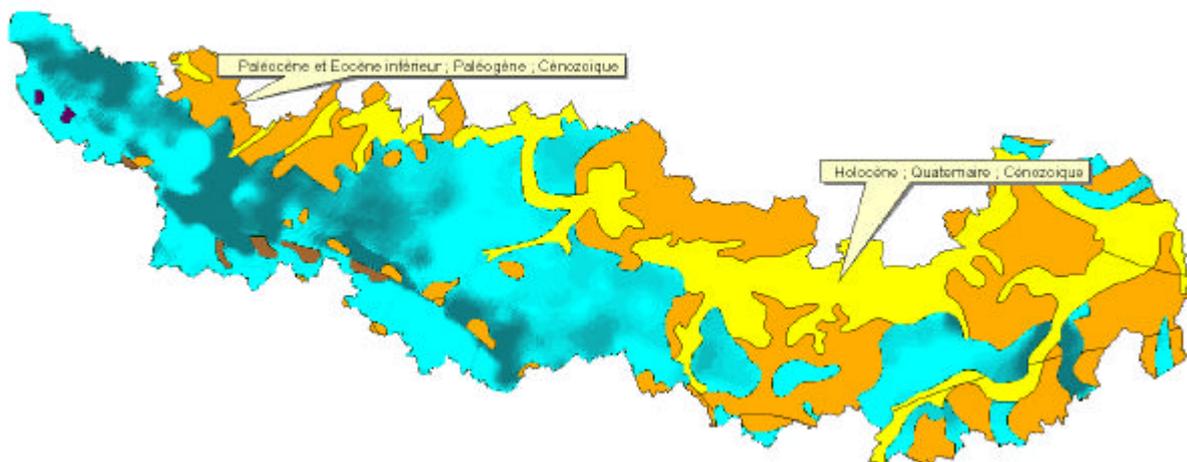


Figure 21: Battement constaté entre les hautes eaux de 2001 et les niveaux piézométriques de 2002

6-2-5 Conditions aggravantes liées à des phénomènes exceptionnels

Au regard des variations piézométriques observées, entre 2001 et 2002, l'épaisseur des terrains recouvrant la nappe de la craie observée en 2002 serait saturée dans les aires présentées en rouge sur la carte suivante. La moitié de la ZNS serait envahie dans les aires représentées en jaune vif, un tiers dans les zones représentée en jaune pale

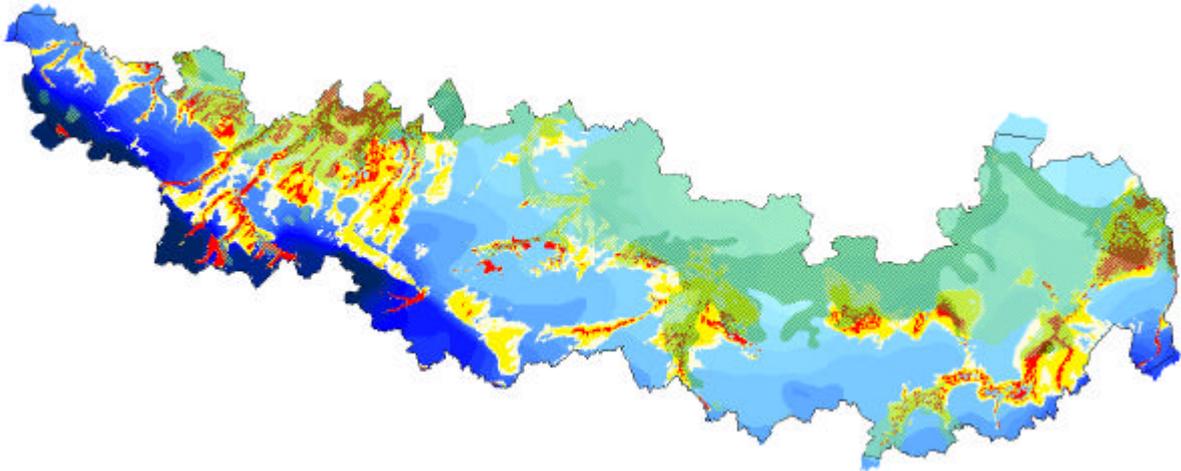


Figure 22: Impact sur la ZNS des variations entre 2001 et 2002

6-2-6 Détermination du critère de sensibilité des terrains naturel à la remontées des eaux de la nappe de la craie

Le critère de sensibilité aux remontée de nappe, pour l'aquifère crayeux résulte de deux observations. La première lie ce critère à l'épaisseur des terrains non saturés, au toit de la nappe, qui séparent la surface du sol des niveaux de hautes eaux atteints en 2002.

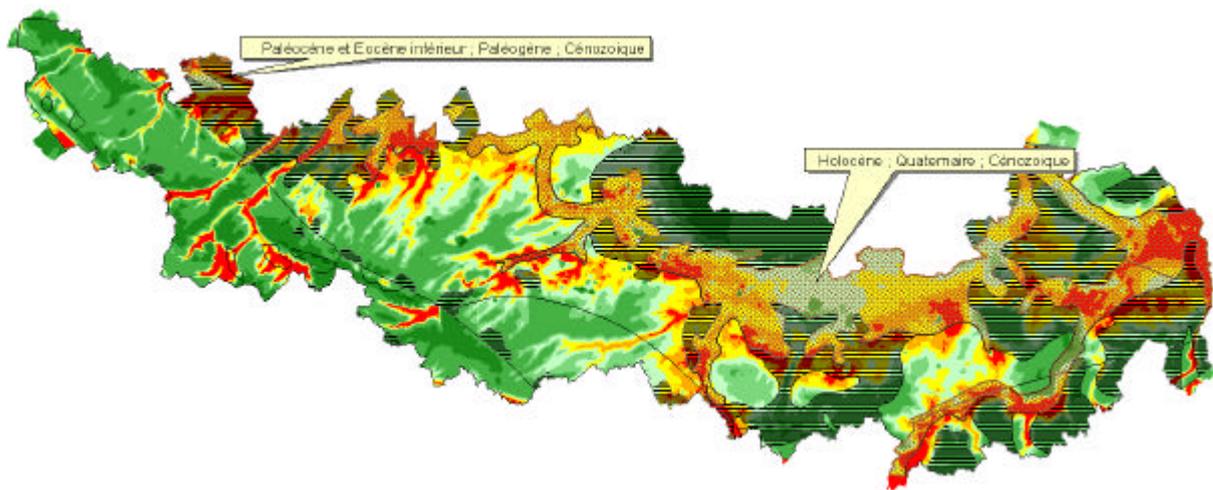
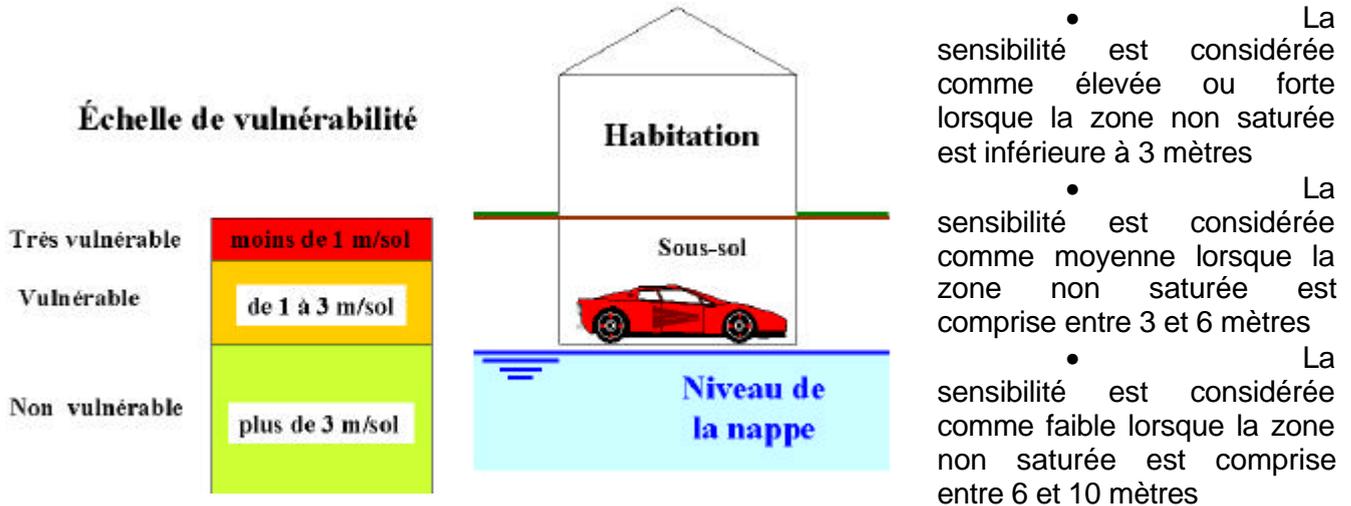


Figure 23: Sensibilité en période de hautes eaux 2002

La seconde tient compte du phénomène de hautes eaux de 2001, considéré comme exceptionnel pour évaluer la "marge" restante en cas de très forte crue de la nappe.

- La sensibilité est considérée forte lorsque la zone non saturée est susceptible d'être totalement envahie en période de très hautes eaux ou bien réduite à moins de 3 mètres
- La sensibilité est considérée comme moyenne lorsque la zone non saturée en période de très hautes eaux est réduite à 3 ou 6 mètres d'épaisseur

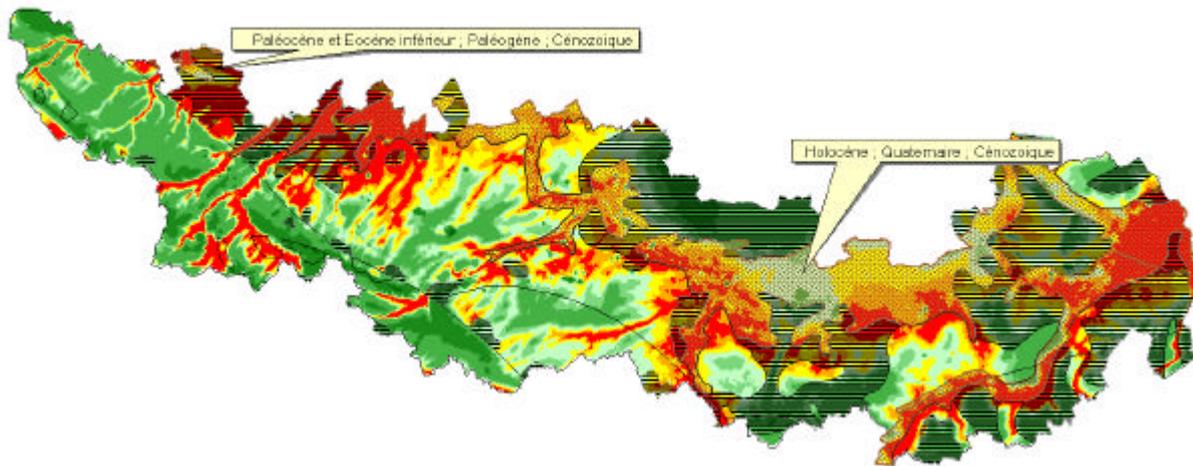


Figure 24: Sensibilité face à une crue exceptionnelle de type 2001

Les aires de sensibilité résultantes de cette double approche (classées de 1 à 3, de sensibilité faible à forte) ont fait l'objet d'une digitalisation sous forme de polygones de sensibilité homogène.

Cette couche d'information a été ensuite croisée avec les informations relatives au découpage administratif, hydrologique, hydrogéologique et enfin géologique du territoire afin d'identifier des unités de sensibilité aux remontées de la nappe de la craie adaptée à une usage de gestion du territoire.

6-2-7 Sensibilité aux remontées de nappes autres que la nappe de la craie

Nappe des alluvions de la Scarpe

Au sein des formations aquifères perchées sur ces formations peu perméables recouvrant la nappe d'eau de la craie, se développent des nappes à surface piézométrique libre dont les niveaux sont essentiellement contrôlés par le drainage du réseau hydrographique. C'est le cas du secteur de la vallée de la Scarpe

Au droit des zones urbanisées des communes de MARCHIENNES et SAINT-AMAND-LES-EAUX, la surface piézométrique de la nappe est déprimée. Cela résulte d'aménagements spécifiques à ces communes. Hors ces secteurs, la profondeur de la nappe n'excède pas 3 mètres et reste contrôlée par le drainage des cours d'eau et les fossés qui organisent les écoulements de surface.

La sensibilité de ces terrains aux remontées de nappe est donc particulièrement élevée si l'on se réfère à la proximité de la nappe. Cependant, la submersion effective des terrains est peu probable tant que ces réseaux d'écoulements en surface limitent le battement potentiel de l'aquifère et suffisent à écrêter la crue de la nappe souterraine.

Pour une problématique de risque vis à vis de la submersion par des venues d'eau d'origine souterraine, en dehors des enjeux ayant une partie enterrée (caves et parking), la nappe alluviale ne représente pas un risque élevé.

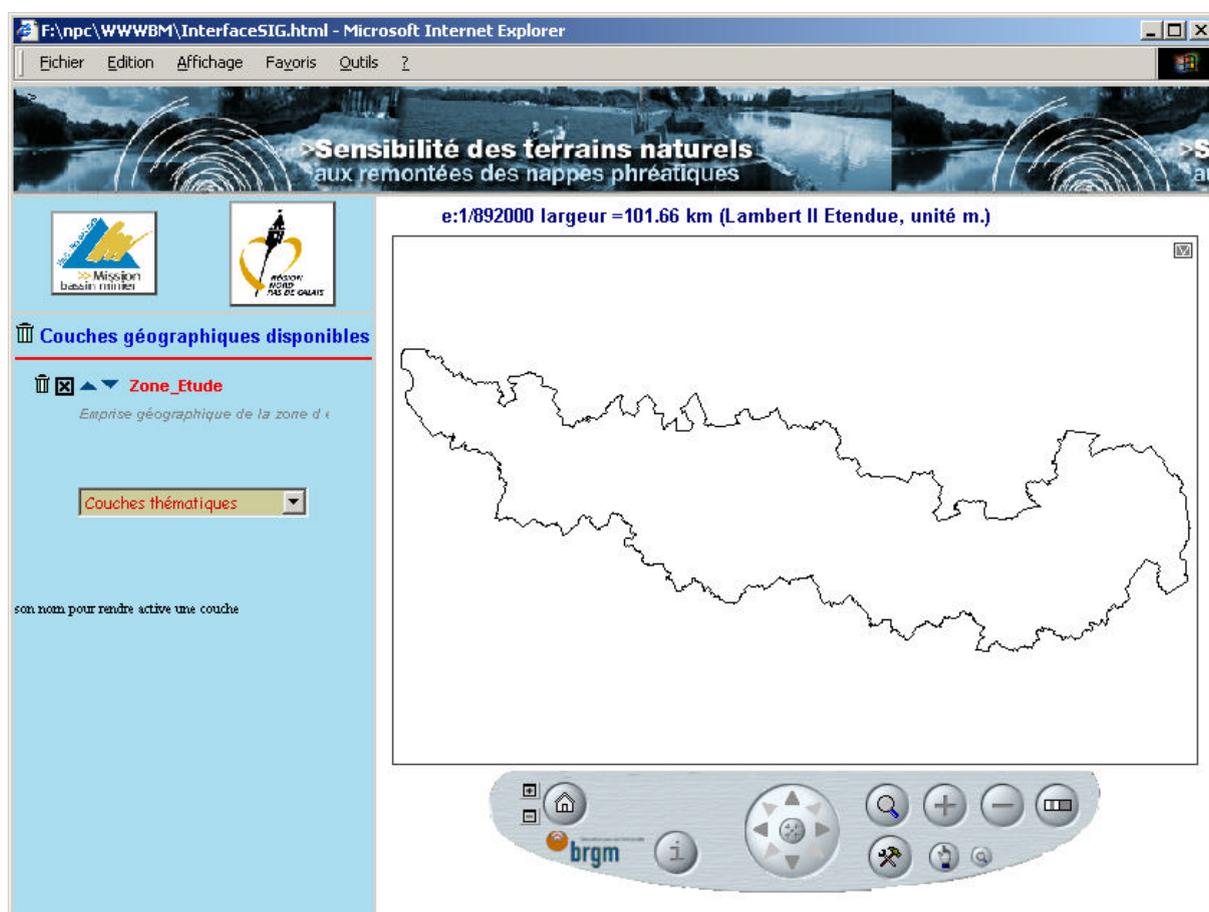
7- Outils de restitution

Les différentes couches d'informations ayant conduit à l'élaboration de la carte des aires homogènes de sensibilité des terrains naturels sont présentées sous forme de fonds numériques. Ces fonds sont, sur proposition du BRGM, consultables au travers d'une application fournie sur le Cédérom. Celle-ci est dédiée à l'usage de la mission du Bassin Minier et ne peut pas, en l'état des droits externes de diffusion des données présentées (BS Carthage, Géologie au million) être portée à un accès public.

L'application nécessite l'utilisation de Microsoft explorer (version 6.0 ou post.)

Les principales fonctionnalités sont :

- La représentation des couches d'informations
- Les fonctions de zoom
- L'identification des attributs de chaque objet cartographié



L'écran est divisé en quatre parties

- A - Bandeau d'accueil**
- B - Logos des principaux partenaires**
- C - Représentation de la carte**
- D - Liste des couches représentées sur la carte**



Une fenêtre indépendante est ouverte afin de localiser en permanence la zone d'étude et le facteur d'agrandissement utilisé

A	
B	C
D	

7-1 LES FONCTIONS LIEES A L'ECRAN DE LA LISTE DES COUCHES (D)



Supprime toutes les couches géographiques représentées à l'exception du contour de la zone d'étude



Supprime la couche géographique associée



Eteint ou active l'affichage de la couche associée



Place immédiatement au-dessus de la couche précédente



Place immédiatement au-dessous de la couche suivante

Classes_sensibil

Nom de la couche associée



Présence d'une légende



Présence d'informations associées aux objets de la couche géographique



Présence d'une contrainte de représentation en fonction de l'échelle d'affichage



Outils de sélection complexes



Affichage d'une fenêtre d'identification des

attributs associés aux objets graphiques

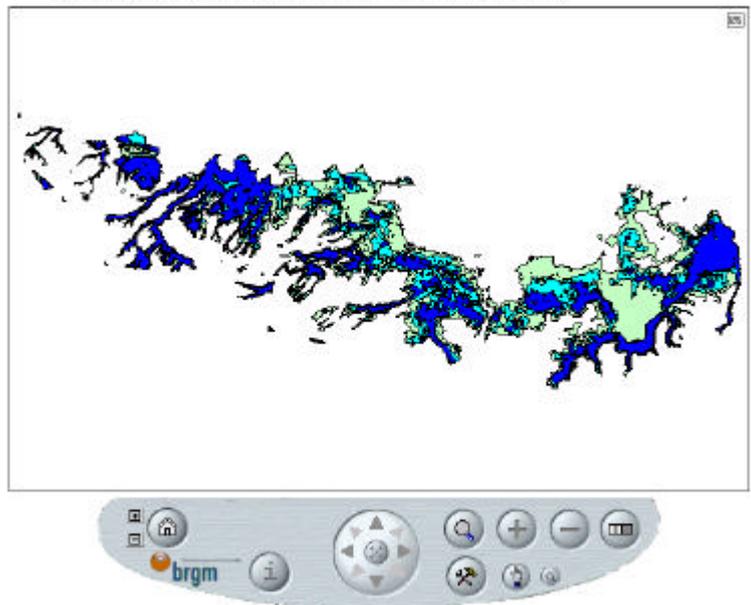


Affichage d'une couche géographique parmi la liste des informations disponibles



7-2 LES FONCTIONS LIEES A LA REPRESENTATION DE LA CARTE

e:1.892000 largeur -101.66 km (Lambert II Etendue, unité m.)



Diminue ou augmente les dimensions de la fenêtre carte



Annule tout effet de zoom et affiche la carte à l'échelle du territoire d'étude



Identifie un objet de la carte



Permet, à l'aide de la souris, de dessiner un rectangle utilisé ensuite pour agrandir la carte au dimension de celui-ci



Zoom d'un facteur 2 la carte (agrandissement)



Zoom d'un facteur -2 la carte (réduction)



Sélectionne un objet de la carte en cliquant dessus



Affiche l'écran des fonctions spécialisées (sélection, export,...)



Déplacement au travers de la fenêtre de la carte

7-3 LISTES DES COUVERTURES GEOGRAPHIQUES DISPONIBLES

7-3-1 Habillage

- **Zone_étude : Emprise géographique de la zone d'étude**

Fournisseur des données : Mission Bassin Minier

Contenu : Rappel des limites d'extension de la zone étudiée.

Attributs : *aucun*

Echelle de restitution 1/25000

- **Occupation_sol : Occupation des sols (extrait Corinne Land Cover)**

Fournisseur des données : Mission Bassin Minier

Contenu : description de l'occupation des sols

Attributs : Classe

Libelle

Codification nationale

Echelle de restitution 1/25000

- **Communes : Limites communale (extrait SIG BRGM)**

Fournisseur des données : BRGM

Contenu : Limites des communes du secteur d'étude

Attributs : Région

Departement

Numéro de département

Numéro d'arrondissement

Numéro de canton (1990)

Nom de la commune

Code INSEE de la commune

Longueur total du réseau hydrographique

Echelle de restitution 1/25000

- **Topos : Relevé topographique**

Fournisseur des données : Mission Bassin minier

Contenu : Lignes de ruptures d'altitude

Attributs : *aucun*

Echelle de restitution 1/5000

- **Villes : Centroïde des villes principales (extrait SIG BRGM)**

Fournisseur des données : BRGM

Contenu : Coordonnées du point central des agglomération principales

Attributs : Code INSEE de la ville

Nom de la ville

Echelle de restitution 1/50000

- **Routes: Réseau routier principal**

Fournisseur des données : BD CARTHAGE (Extrait)

Contenu : Linéaire principal du réseau routier

Attributs : Type de route

Nombre de chaussées

Position verticale par rapport au terrain naturel

Echelle de restitution 1/50000

7-3-2 Hydrogéologie

- Isopièzes_2002 : Lignes Isopièzes de 2002

Fournisseur des données : BRGM

Contenu : Lignes d'équipression des eaux souterraines, résultats du premier volet de l'étude

Attributs : Cote altimétrique

Echelle de restitution 1/50000

- BDRHFV1 : Référentiel des entites hydrogéologiques de france

Fournisseur des données : BDRHF V1

Contenu : Contour des entités hydrogéologiques présentes sur le secteur d'étude. La BD RHF® (Base de Données sur le Référentiel hydrogéologique Français) est la cartographie nationale des entités hydrogéologiques françaises à la quelle est associé un ensemble d'informations thématiques.

Attributs : Code
Nom
Type réservoir
Type aquifère
Date de création
Date de mise à jour
Surface
Périmètre
Nombre de polygones
Fiche simplifiée
Carte simplifiée

Echelle de restitution 1/50000

7-3-3 Hydrologie

Hydrologie: Réseau Hydrographique principal

Fournisseur des données : BD CARTHAGE (Extrait)

Contenu : Linéaire principal du réseau hydrographique

Attributs : Toponyme
Nature du tronçon

Echelle de restitution 1/50000

7-3-4 Résultats

- Classes de sensibilité

Fournisseur des données : BRGM

Contenu : Aire de sensibilité homogène

Attributs : Numéro
Classe de sensibilité

- 3 - La sensibilité est considérée comme élevée ou forte lorsque la zone non saturée est inférieure à 3 mètres
- 2 - La sensibilité est considérée comme moyenne lorsque la zone non saturée est comprise entre 3 et 6 mètres
- 1- La sensibilité est considérée comme faible lorsque la zone non saturée est comprise entre 6 et 10 mètres

Echelle de restitution 1/50000

- Unité de sensibilité à la remontée de nappe

- Unités fonctionnelles

Formations potentiellement imperméables. Le caractère plus ou moins perméable des formations est rendu par l'indice de persistance et développement des réseaux décrit précédemment.

Fournisseur des données : BRGM

Contenu : Aire d'indice homogène

Attributs : Numéro
 Valeur de l'indice IDPR

Echelle de restitution 1/50000

7-3-5 Images

Ces informations sont fournies sous forme d'images raster. Elles ne disposent pas d'information attributaire associée.

- Epaisseur de la zone non saturée
Echelle de restitution 1/50000

- Modèle numérique de terrain
Echelle de restitution 1/50000

- Piézométrie 2002
Echelle de restitution 1/50000

- Géologie au million
Echelle de restitution 1/250000

Conclusion

Après un recensement, une sélection et la mesure d'environ 630 points sur l'ensemble du Bassin Minier, cette carte piézométrique « hautes eaux 2002 » de la nappe de la craie est aussi le résultat d'une double approche manuelle (traçage des izopièzes) et automatique (traitements).

Entièrement numérisée (traitement SIG MapInfo et ARCVIEW), elle constitue une couche d'informations intégrable dans toute application de type « Système d'information Géographique ».

Le croisement des données piézométriques obtenues lors du premier volet de cette étude avec le Modèle Numérique de Terrain et la réalisation de la carte de sensibilité des terrains vis-à-vis de la remontée des nappes déduite de l'épaisseur des terrains non saturés a permis la réalisation d'une première carte de sensibilité.

L'objectif de ce rapport est de présenter la méthodologie mise en œuvre pour l'obtention et la réunion au sein d'un réservoir de données homogène, des informations nécessaires à la l'établissement de la carte de sensibilité des terrains naturels aux remontées des nappes d'eau souterraines dans le secteur du bassin minier :

A plus long terme, cette carte de sensibilité des terrains naturels aux inondations par remontée de nappes doit constituer une première base de réflexion à différentes échelles (territoire du Bassin Minier, communes, ...) sur les actions de suivi et de prévention à mettre en place comme :

- un réseau de suivi des niveaux piézométriques,
- système d'alerte,
- une meilleure information du public et des partenaires du domaine de l'aménagement
- une prise en compte dans les différents documents de planification,...