



# Cartographie de la perméabilité des formations superficielles du territoire de la Communauté Urbaine de Strasbourg

Rapport final

BRGM/RP-60275-FR

Août 2011





# Cartographie de la perméabilité des formations superficielles du territoire de la Communauté Urbaine de Strasbourg

Rapport final

BRGM/RP-60275-FR  
Août 2011

Étude réalisée dans le cadre des projets  
de Service public du BRGM 2011 GEOD06

**S. Urban**  
Avec la collaboration de  
**A-S Bischoff**

**Vérificateur :**

Nom : E. VANOUDEUSDEN

Date : 22/09/2011

**Approbateur :**

Nom : A.-V. BARRAS

Date : 22/09/2011

Signature :

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,  
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

**Mots clés** : formations superficielles, perméabilité, puits filtrant, nappe phréatique, zone urbaine, cartographie, Strasbourg

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

Urban S. (2011) - Cartographie de la perméabilité des formations superficielles du territoire de la Communauté Urbaine de Strasbourg, 77 p. hors annexes, 43 illustrations, Rapport BRGM/RP-60275-FR.

© BRGM, 2011, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Synthèse

Les réseaux d'assainissement de la Communauté Urbaine de Strasbourg (CUS) sont pour la plupart unitaires. Ils sont souvent saturés suite à des épisodes pluvieux. Les déversoirs d'orages se déversent ainsi dans les différents cours d'eau à proximité comme l'Ill ou la Bruche et par conséquent les impactent.

Afin de limiter ce phénomène, la CUS encourage l'infiltration des eaux pluviales directement dans le sol dès que possible sans porter atteinte aux ressources d'eau souterraine. L'infiltration dépend dans un premier temps de la composition des sols et donc de leur perméabilité, mais elle est également influencée par d'autres critères comme le niveau de la nappe, l'occupation du sol, etc. L'étude engagée a pour objectif de déterminer les zones favorables à l'infiltration sur le territoire de la CUS. Cette étude est réalisée dans le cadre d'une convention de recherche et développement partagés, signée le 5 juillet 2011, cofinancée par la CUS et le BRGM à hauteur de 25 % sur sa dotation de Service Public.

Au cours d'une première étape, les données existantes nécessaires à la réalisation de l'étude ont été collectées et mises en forme sous SIG. Il s'agit notamment de la cartographie géologique des formations superficielles réalisée dans le cadre des programmes de la Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan, de la cartographie piézométrique de la nappe réalisé en 2009 par l'APRONA, des forages répertoriés sur le territoire de la CUS, du levé LIDAR du territoire de la CUS.

Dans une seconde étape, ces données ont été traitées afin d'obtenir des critères distincts qualifiant les capacités des sols à l'installation d'un système d'infiltration. Chaque critère a fait l'objet d'une couche d'information géoréférencée dans le système d'information géographique retenu (Map-Info). Les couches d'information ainsi produites qui constituent autant de critères distincts sont les suivantes :

- Perméabilité des formations géologiques
- Zone de sol non-saturée d'épaisseur inférieure à 1,5 m
- Zone de sol non-saturée d'épaisseur supérieure à 3 m
- Zone de remblais
- Zone de points bas topographique

Chacune de ces couches d'information a fait l'objet de traitements et d'analyses particulières impliquant notamment des comparaisons entre données ponctuelles et surfaciques (épaisseur des formations, perméabilité) ou encore des opérations numériques à partir de l'application Map-Info (création d'une couche piézométrique, calcul des épaisseurs de sols non saturés, zone de remblais).

L'objectif premier de ce travail de synthèse était de fournir une carte simplifiée des potentiels d'infiltration découpant le territoire de la CUS en zones favorables, défavorables ou nécessitant des études complémentaires.

Le traitement des différentes couches d'information et leur superposition a cependant mis en lumière la difficulté d'aboutir à la représentation univoque prévue.

Au cours des réunions du comité de pilotage, il est apparu plus adapté de maintenir une cartographie gardant la possibilité d'identifier chaque contrainte. Cette lecture offre ainsi une information détaillée sur les difficultés locales qui devront éventuellement être résolues pour l'installation de systèmes d'infiltration. Les illustrations suivantes décrivent la superposition de chaque paramètre pour aboutir à une carte synthétique finale.

La superposition de ces couches d'information à l'échelle d'une carte de la CUS a permis de produire une première analyse multicritère des capacités d'infiltration des sols.

Concrètement, les données collectées et traitées ont permis de délimiter de grands ensembles cohérents à partir de critères simples. Dans ce contexte on a pu constater une bonne corrélation entre les données surfaciques et ponctuelles (perméabilités estimées et observées, présence de remblais).

Il ressort de la compilation des différents critères d'estimations concernant les capacités d'infiltration sur le territoire de la CUS que seule une partie relativement réduite semble d'emblée favorable. Il s'agit notamment de la partie Sud-Est occupée par les alluvions rhénanes entre le canal du Rhône au Rhin et la bordure Est limitée par le plan d'eau de Plobsheim et le Rhin. Hormis ce cas, on peut globalement considérer que chaque autre secteur nécessite la vérification locale d'une incertitude (perméabilité variable des formations, nature des remblais) ou encore la résolution des contraintes liées à la faible épaisseur de la zone non-saturée.

Cette approche, basée sur l'estimation de la perméabilité et l'épaisseur des formations au-dessus de la nappe, constitue une première orientation sur la faisabilité de l'installation de systèmes d'infiltration. Les résultats obtenus devront être complétés par l'analyse d'autres critères (secteurs de sols et nappes pollués, profondeur de la nappe en périodes pluvieuses, état d'engorgement du réseau d'assainissement et zone d'urbanisation futures, etc.).

## Sommaire

<b>1. Introduction .....</b>	<b>9</b>
1.1. ETENDUE DE LA ZONE D'ETUDE.....	9
1.2. CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ETUDE.....	10
1.3. METHODOLOGIE .....	11
<b>2. Collecte des données .....</b>	<b>13</b>
2.1. LIMITES DE LA CUS.....	13
2.2. CARTOGRAPHIE GEOLOGIQUE VECTORISEE .....	14
2.3. LOGS VALIDES .....	17
2.4. PIEZOMETRIE DE LA NAPPE .....	18
2.5. LEVE LIDAR .....	19
2.6. DONNEES DE PERMEABILITE DU LABORATOIRE DES PONTS ET CHAUSSEES DE STRASBOURG.....	24
2.7. ARCHIVES DE LA CUS .....	26
<b>3. Traitement et interprétation des données .....</b>	<b>29</b>
3.1. EPAISSEUR DE LA ZONE NON SATUREE .....	29
3.2. PERMEABILITE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES.....	33
3.3. IDENTIFICATION DES ZONES DE REMBLAI .....	36
3.4. POINTS BAS.....	40
3.5. CARTE DE PERMEABILITE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES.....	44
3.5.1. Epaisseur non saturée inférieure à 1,5 m .....	44
3.6. EPAISSEUR NON SATUREE SUPERIEURE A 3 M .....	49
3.6.1. Les formations superficielles imperméables .....	54
3.6.2. Les formations superficielles perméables.....	57
3.6.3. Choix de la légende.....	57
3.6.4. Représentation et mise en forme.....	58

3.7. RESULTATS .....	68
3.8. PRECISION.....	68
<b>4. Conclusion.....</b>	<b>69</b>
<b>5. Bibliographie .....</b>	<b>71</b>

## Liste des illustrations

Illustration 1 : Localisation de la zone d'étude	9
Illustration 2: Territoire de la CUS	10
Illustration 3 : Zonage de la CUS	13
Illustration 4 : Carte des formations géologiques de l'aquifère sur la CUS - BRAR	14
Illustration 5: Carte des formations superficielles de la couverture géologique	15
Illustration 6 : Extrait de la base de données BRAR	16
Illustration 7 : Répartition des logs validés	17
Illustration 8 : Carte isopièze de la CUS	18
Illustration 9 : Carte du toit de la nappe extrapolé	18
Illustration 10 : Levé LIDAR de la zone Nord – mise en évidence des jonctions entre les secteurs	20
Illustration 11 : Levé LIDAR de la zone Nord	21
Illustration 12 : Levé LIDAR de la zone Centre	22
Illustration 13 : Levé LIDAR de la zone Sud	23
Illustration 14 : Extrait du levé LIDAR - ville de La Wantzenau	24
Illustration 15 : Localisation des essais d'infiltration du Laboratoire des	25
Illustration 16 : Représentation cartographique des forages réalisés par l'entreprise Fondasol.	27
Illustration 17 : Représentation de l'épaisseur non saturée, Partie Nord	30
Illustration 18 : Représentation de l'épaisseur non saturée, Partie Centre	31
Illustration 19 : Représentation de l'épaisseur non saturée, Partie Sud	32
Illustration 20 : Tableau synthétique des formations géologiques et caractéristiques de la zone Nord	34
Illustration 21 : Tableau synthétique des formations géologiques et caractéristiques de la zone Centre	35
Illustration 22 : Tableau synthétique des formations géologiques et caractéristiques de la zone Sud	36

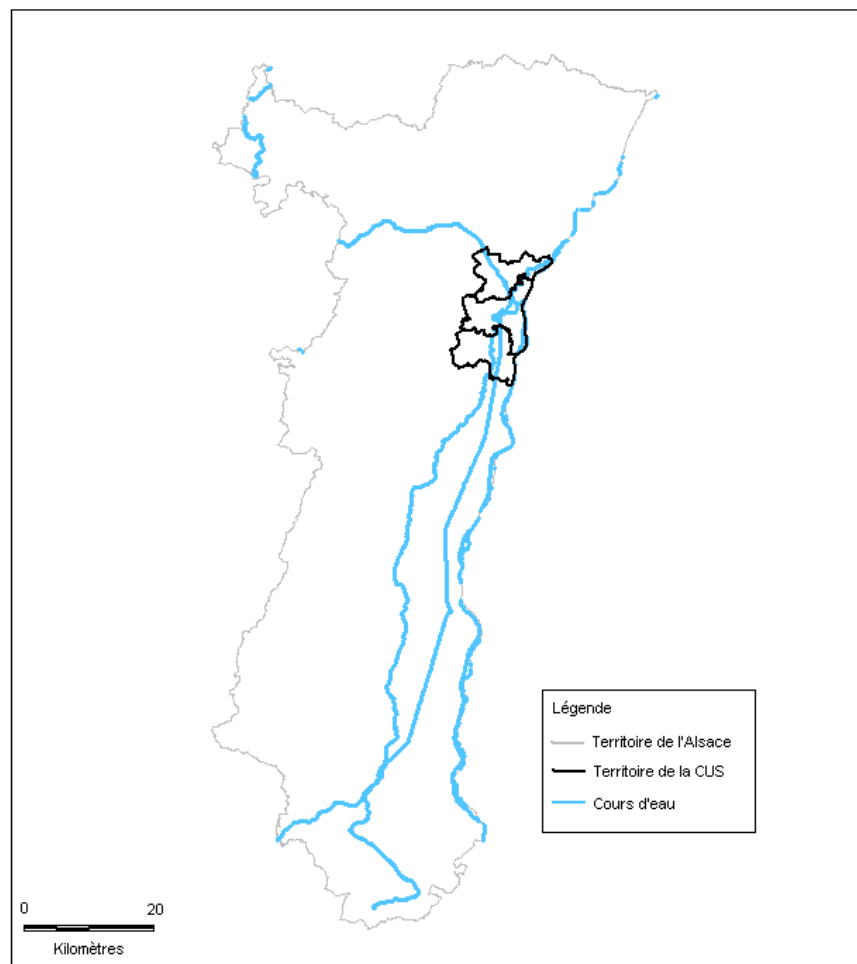
Illustration 23 : Extrait du levé LIDAR du village de La Wantzenau, identification des zones de remblai	37
Illustration 24 : Extrait de la carte Strasbourg – Kehl pour l'identification des remblais	38
Illustration 25 : Représentation cartographique des zones de remblai	39
Illustration 26 : Représentation cartographique des points bas de la zone Nord	41
Illustration 27 : Représentation cartographique des points bas de la zone Centre	42
Illustration 28 : Représentation cartographique des points bas de la zone Sud	43
Illustration 29 : Représentation cartographique des zones non saturées d'épaisseur inférieure à 1,5 m, Partie Nord	45
Illustration 30 : Représentation cartographique des zones non saturées d'épaisseur inférieure à 1,5 m, Partie Centre	46
<i>Illustration 31 : Représentation cartographique des zones non saturées d'épaisseur inférieure à 1,5 m, Partie Sud</i>	47
Illustration 32 : Représentation cartographique des zones non saturées d'épaisseur inférieures à 1,5 m	48
Illustration 33 : Représentation cartographique des zones non saturées d'épaisseur supérieure à 3 m, Partie Nord	50
Illustration 34 : Représentation cartographique des zones non saturées d'épaisseur supérieure à 3 m, Partie Centre	51
Illustration 35 : Représentation cartographique des zones non saturées d'épaisseur supérieure à 3 m, Partie Sud	52
Illustration 36 : Représentation des polygones des zones non saturées d'épaisseur supérieure à 3 m	53
Illustration 37 : Sondages utilisés pour déterminer l'épaisseur de Loess	55
Illustration 38 : Analyse thématique réalisée à partir des points de référence	56
Illustration 39 : Carte de perméabilité de la CUS	59
Illustration 40 : Carte de perméabilité et remblais de la CUS	61
Illustration 41 : Carte de perméabilité des formations superficielles et des zones non saturées	63
Illustration 42 : Carte de perméabilité des formations superficielles et des zones d'épaisseur non saturée >3 m de la CUS	65
Illustration 43 : Carte de perméabilité des formations superficielles sur le territoire de la CUS contenant l'ensemble des paramètres	67



# 1. Introduction

## 1.1. ETENDUE DE LA ZONE D'ETUDE

Le territoire de la Communauté Urbaine de Strasbourg (CUS) est situé en plaine d'Alsace (voir illustration 1) et est né de la coopération de 28 communes : Bischheim, Blaesheim, Eckbolsheim, Eckwersheim, Entzheim, Eschau, Fegersheim, Geispolsheim, Hœnheim, Holtzheim, Illkirch-Graffenstaden, Lampertheim, Lingolsheim, Lipsheim, Mittelhausbergen, Mundolsheim, Niederhausbergen, Oberhausbergen, Oberschaeffolsheim, Ostwald, Plobsheim, Reichstett, Schiltigheim, Souffelweyersheim, Strasbourg, Vendenheim, La Wantzenau et Wolfisheim (voir illustration 2). Ce territoire couvre une surface de 306 km<sup>2</sup> pour 465 000 habitants.



*Illustration 1 : Localisation de la zone d'étude*



Illustration 2: Territoire de la CUS

## 1.2. CONTEXTE ET OBJECTIF DE L'ETUDE

La Communauté Urbaine de Strasbourg (CUS), présente une surface urbanisée importante, dont une grande partie a été imperméabilisée. Ce phénomène est responsable d'une surcharge des réseaux d'assainissement pour la plupart unitaires, qui, lors d'épisodes pluvieux sont souvent saturés. Les « trop pleins » se déversent

ainsi dans les différents cours d'eau présents comme l'Ille, la Bruche et par conséquent les impactent.

Afin de limiter ce phénomène, la CUS encourage l'infiltration des eaux pluviales directement dans le sol dès que possible sans porter atteinte aux ressources d'eau souterraine. La capacité d'infiltration d'un sol dépend dans un premier temps de sa composition et de sa perméabilité, mais également d'autres critères comme le niveau de la nappe phréatique qui constitue l'exutoire des eaux infiltrées. L'étude a pour objet de cartographier la perméabilité des sols sur tout le territoire de la CUS. Les aspects qualitatifs liés entre autres à la présence d'éléments polluants dans les sols qui pourraient être entraînés par l'eau infiltrée, ne sont pas pris en compte dans cette première approche.

Dans cette étude, la définition des zones de perméabilité est basée sur les données de sol existantes et disponibles à savoir : la carte géologique des formations superficielles vectorisée au 1/25 000<sup>ème</sup>, les forages et les logs validés renseignés dans la Banque Nationale du Sous-Sols (BSS) et le levé LIDAR réalisé avec une densité d'un point de mesure au m<sup>2</sup>.

Les zones de perméabilité de la CUS ont été représentées sous forme d'une carte élaborée à partir du Système d'Information Géographique (SIG) MAP\_INFO.

### **1.3. METHODOLOGIE**

Les différentes étapes de la méthodologie adoptée dans cette étude sont les suivantes :

- Collecte des données et informations
- Travail par zone géographique
- Traitement des données
- Regroupement des données
- Réalisation d'une carte thématique de perméabilité du sol jusqu'à la nappe

Deux types d'information ont été utilisés :

- Des données surfaciques, telles que la carte des formations superficielles réalisée dans le cadre du Programme de la Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan (BRAR), le levé LIDAR effectué pour la CUS sur son territoire, la carte piézométrique Moyenne Eaux réalisée par l'APRONA en 2009.
- Des données ponctuelles liées à des forages (coupes géologiques, essais d'infiltration).

Parallèlement à cette collecte, deux hypothèses de travail ont été établies et validées au préalable pour le traitement ultérieur des informations :

- Les formations superficielles affleurantes de moins de 2 m d'épaisseur ne seront pas prises en compte. Cette tranche de terrain est a priori traversée par l'installation d'un système d'infiltration.
- Lorsque le niveau de la nappe selon la piézométrie moyenne eaux 2009, se situe à moins 1,5 m du sol, un système d'infiltration est difficile à mettre en œuvre.

## 2. Collecte des données

La collecte des données s'organise en « couches » d'informations thématiques, qui sont ensuite organisées, compilées et utilisées dans le système d'information géographique.

### 2.1. LIMITES DE LA CUS

La « couche des limites de la CUS » représente les limites administratives du territoire, et est issue d'un découpage par commune et par zone (Nord, Centre et Sud, voir illustration 3). La zone nord est composée des communes suivantes : Bischheim, Eckwersheim, Hœnheim, Lampertheim, La Wantzenau, Mittelhausbergen, Mundolsheim, Oberhausbergen, Reichstett, Schiltigheim, Souffelweyersheim, Vendenheim. La zone Centre est constituée d'Eckbolsheim, Holtzheim, Lingolsheim, Oberschaeffolsheim, Ostwald, Strasbourg et Wolfisheim. Enfin, la zone Sud se compose de Blaesheim, Entzheim, Eschau, Fegersheim, Geispolsheim, Illkirch Graffenstaden, Lipsheim, Plobsheim.

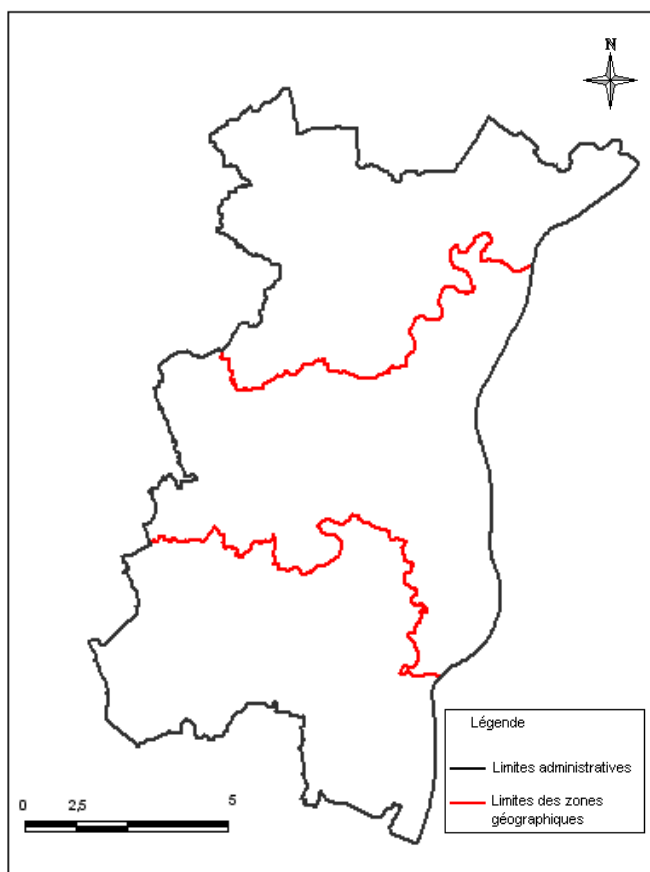


Illustration 3 : Zonage de la CUS

## 2.2. CARTOGRAPHIE GEOLOGIQUE VECTORISEE

La carte géologique vectorisée des formations superficielles présentes sur l'ensemble du territoire de la CUS, est constituée d'un empilement de fichiers géographiques représentant des « couches de terrain » d'épaisseur variable, définies selon leurs origines et leurs granulométries.

Il s'agit d'une représentation cartographique au 1/25 000<sup>e</sup> de la couverture de l'aquifère dont les informations sont tirées du rapport du BRGM Birtler C., Elsass P. (2006). Ces travaux du BRGM avaient été réalisés dans le cadre de la Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan s'étaient appuyés sur les levés de terrain spécifiques et les cartes géologiques (BRGM), agricoles (DDAF), topographiques (IGN), pédologiques (Guides des sols publiés par la Région Alsace) et les diverses publications, notamment de l'Institut de Géographie de Strasbourg.

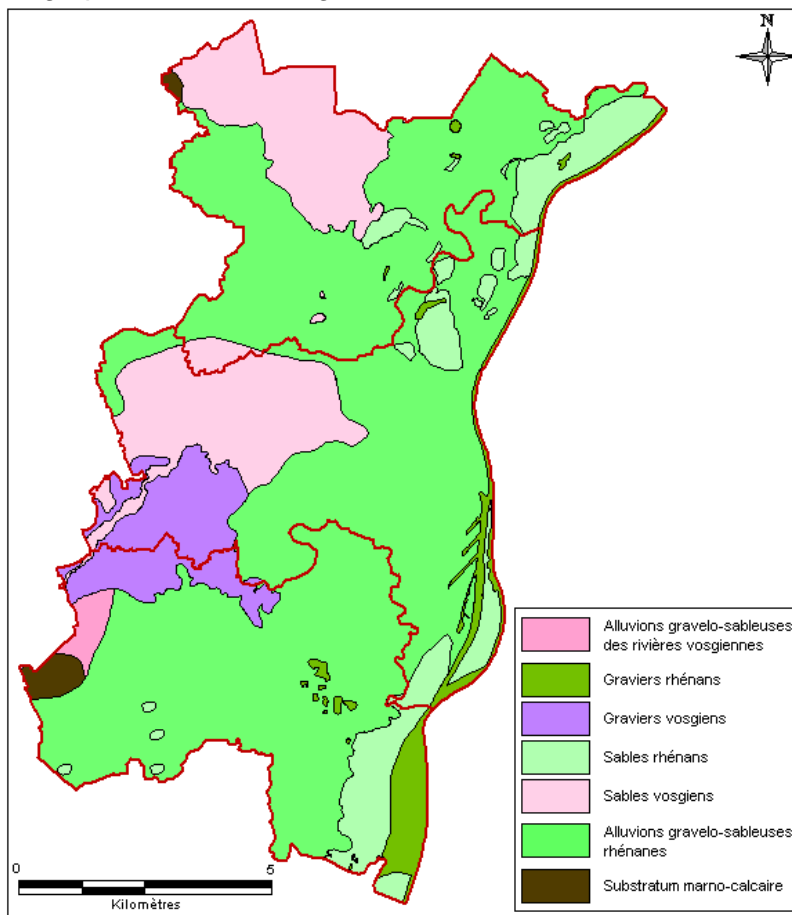
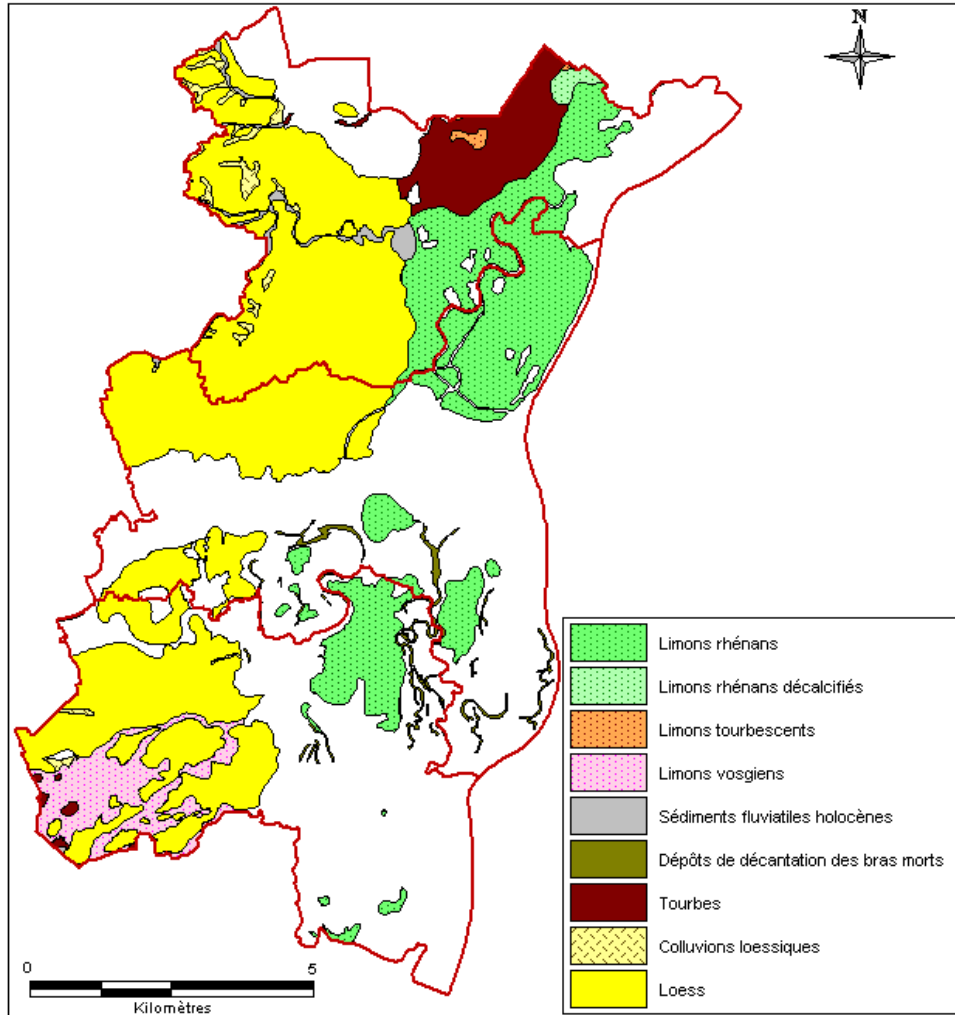


Illustration 4 : Carte des formations géologiques de l'aquifère sur la CUS - BRAR

L'illustration 4 présente la cartographie des formations géologiques qui constituent l'aquifère. Pour la majeure partie, il s'agit des alluvions rhénanes dont la granulométrie évolue dans l'espace. À l'ouest et associés aux cours d'eau de la Bruche et de la Souffel, on retrouve des alluvions vosgiennes. Localement, dans le sud-ouest,

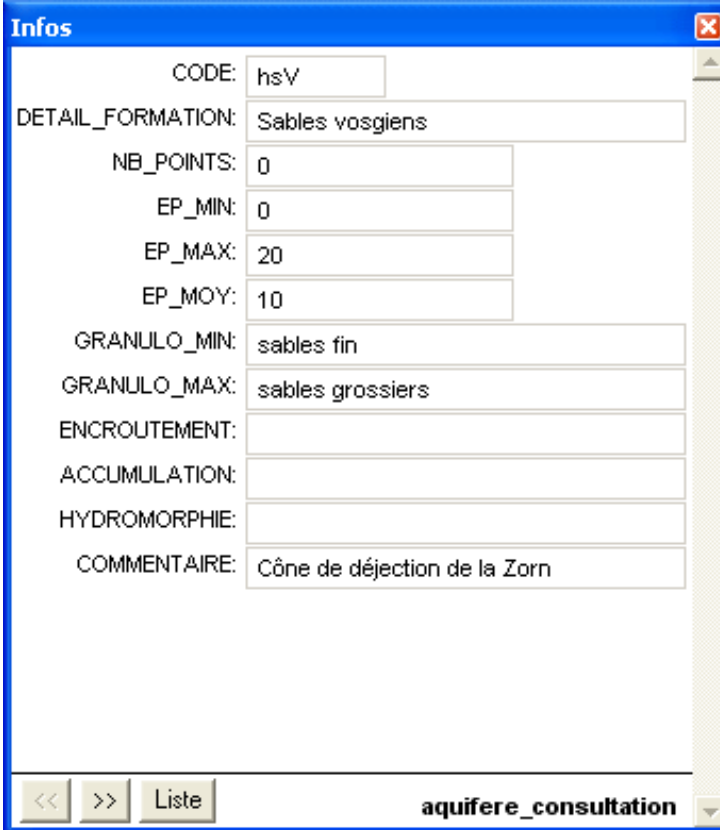
apparaissent des remontées de formations marno-calcaire qui constituent le substratum de l'aquifère.



*Illustration 5: Carte des formations superficielles de la couverture géologique sur la CUS - BRAR*

L'illustration 5 présente la cartographie des formations naturelles de couverture qui surmontent les formations aquifères. Les dépôts de loess, formant une terrasse, constituent la formation majoritaire à l'Ouest. À l'Est, ce sont les limons rhénans qui prédominent. Au Nord, la plaine est recouverte de dépôts tourbeux. Les parties restées blanches sont celles où les formations aquifères, présentées dans l'illustration 4, affleurent.

Les informations relatives aux différentes formations géologiques se présentent, sous SIG, de la façon suivante :



The screenshot shows a window titled "Infos" with a close button in the top right corner. The window contains a form with the following fields and values:

CODE:	hsV
DETAIL_FORMATION:	Sables vosgiens
NB_POINTS:	0
EP_MIN:	0
EP_MAX:	20
EP_MOY:	10
GRANULO_MIN:	sables fin
GRANULO_MAX:	sables grossiers
ENCROUTEMENT:	
ACCUMULATION:	
HYDROMORPHIE:	
COMMENTAIRE:	Cône de déjection de la Zorn

At the bottom of the window, there are navigation buttons: "<<", ">>", and "Liste". The text "aquifere\_consultation" is visible in the bottom right corner of the window.

Illustration 6 : Extrait de la base de données BRAR

La carte géologique vectorisée a été utilisée afin de disposer d'une représentation des formations superficielles que l'on retrouve sur le territoire de la CUS. Elle renseigne sur :

- La diversité de terrain
- La superficie
- La répartition spatiale des formations.

### 2.3. LOGS VALIDES

La « couche des logs validés » contient les forages de la Banque nationale du Sous-Sol ayant fait l'objet d'une validation géologique par des géologues-experts du BRGM. D'une manière générale, ces informations ont déjà été utilisées pour réaliser les cartes des formations superficielles décrites par les illustrations 4 et 5. Cependant ces données numérisées apportent ponctuellement des informations précises permettant d'apprécier localement la granulométrie et l'épaisseur des couches traversées.

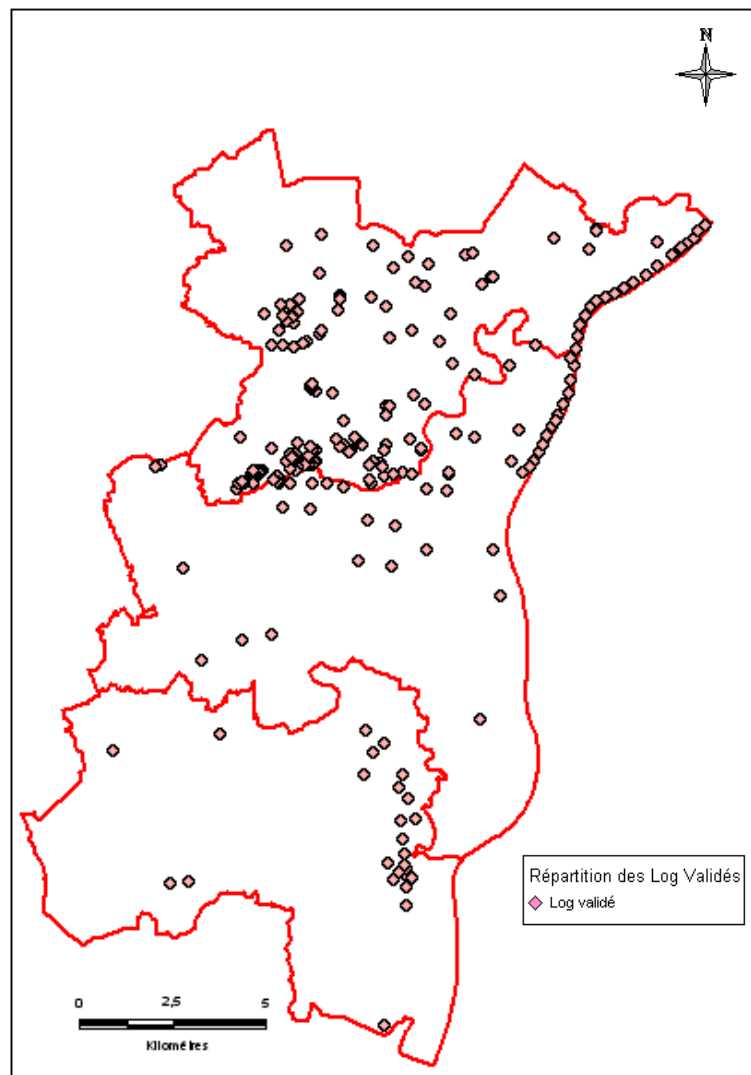


Illustration 7 : Répartition des logs validés

Comme on le voit sur l'illustration 7, leur répartition est très inégale. La majorité des logs validés se situe dans la zone Nord de la CUS, ainsi que le long du Rhin.

## 2.4. PIEZOMETRIE DE LA NAPPE

La nappe d'Alsace est représentée par ses lignes isopièzes (courbes joignant les points de même altitude de du toit de l'aquifère; illustration 8).

l'APRONA<sup>1</sup> a réalisé, en 2009, une campagne de relevés piézométriques, en période de moyennes eaux, sur plus de 194 points (Toulet F., Lirhmann D., 2009). Sur cette base, une surface de nappe a été extrapolée.

Au droit du territoire de la CUS, cette carte des moyennes eaux (voir l'illustration 9) montre un écoulement Nord/Sud dont la côte piézométrique descend de 152 à 128 m.

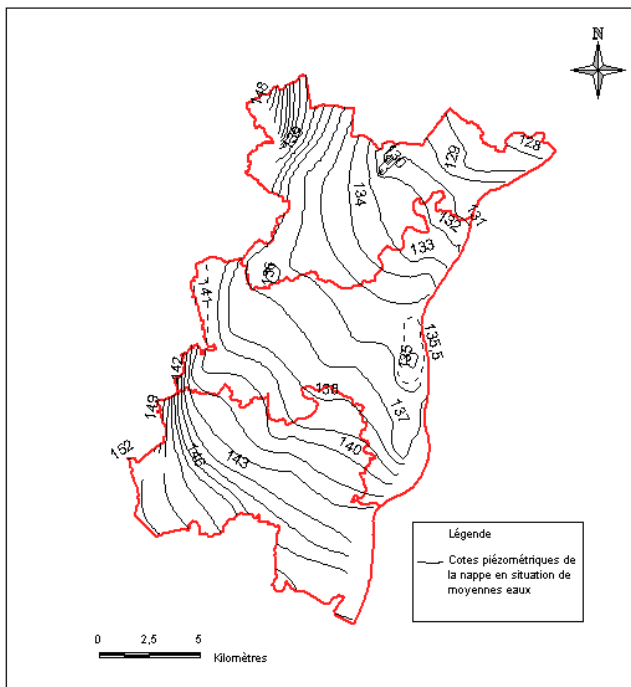


Illustration 8 : Carte isopièze de la CUS

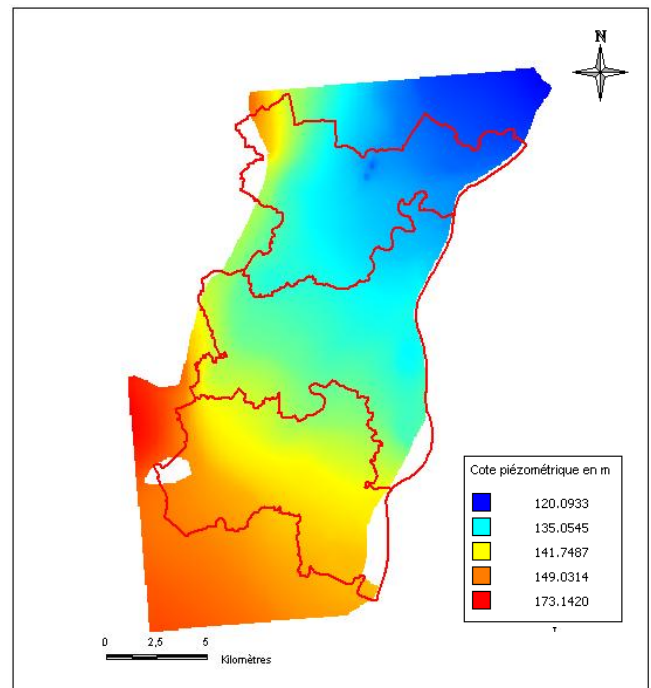


Illustration 9 : Carte du toit de la nappe extrapolé

<sup>1</sup> L'Association pour la Protection de la Nappe Phréatique de la Plaine d'Alsace

## 2.5. LEVE LIDAR

La télédétection par laser aéroporté ou LIDAR produit une mesure fine de la surface topographique. En phase de production, il enregistre la position de millions de points au sol par balayage du faisceau laser.

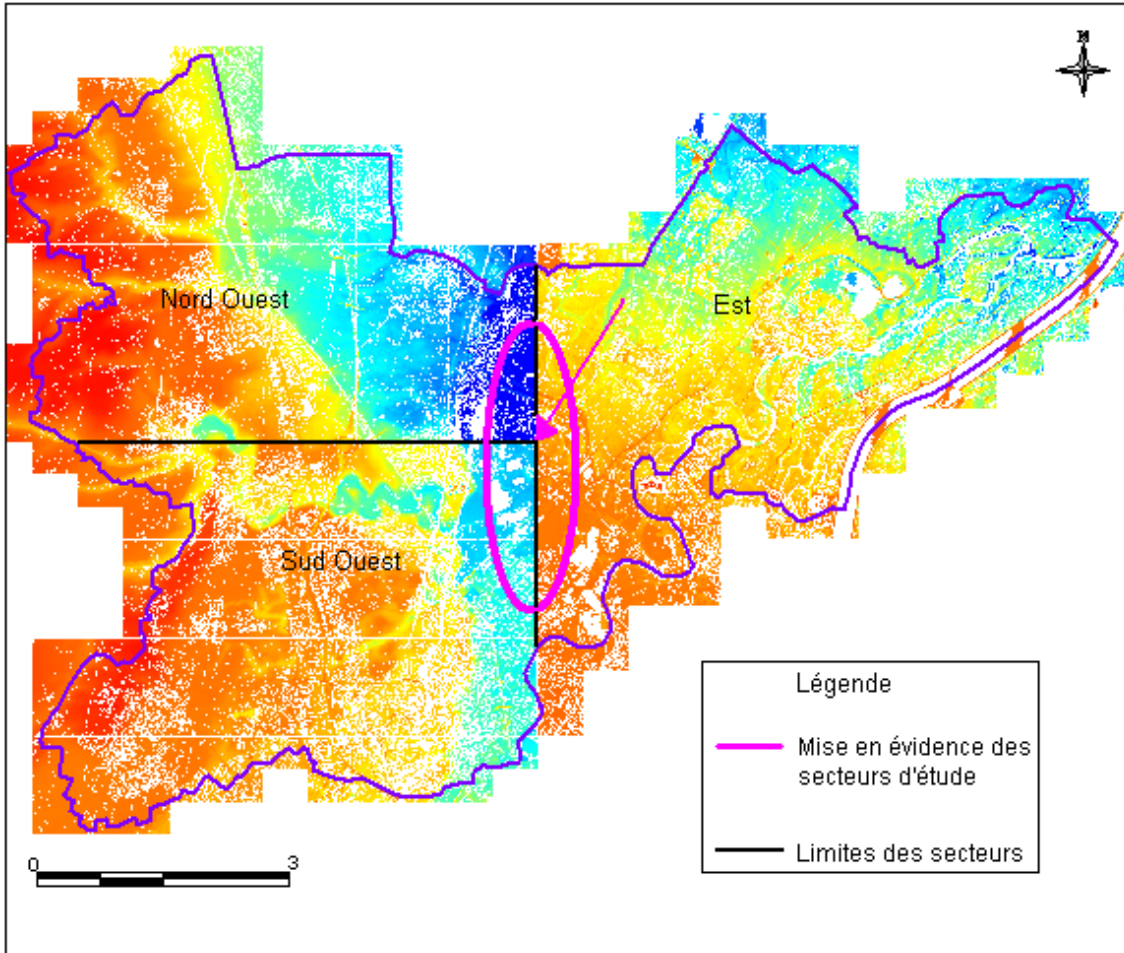
Dans le cas présent, il s'agit d'une demande de la CUS pour son territoire. Le levé effectué en 2008 a une densité d'1 point au m<sup>2</sup>. Sa représentation graphique varie de plages de couleur rouge représentant les altitudes les plus élevées à celles de couleur bleu pour les valeurs les plus basses en passant par un dégradé de couleurs intermédiaires.

La densité de points est telle que le traitement informatique de ces données LIDAR volumineuses nécessite au préalable un découpage du secteur d'étude en trois zones (Nord, Centre, Sud) suivant des limites de commune. Ces trois zones ont elles-mêmes été découpées en sous-secteurs.

La variation de couleur obtenu assure ainsi visuellement une plus grande finesse de détail que si une zone entière avait été traitée globalement. De plus, la somme des données numériques collectées est considérable. De ce fait, il s'avère plus maniable à traiter à l'échelle plus petites de secteurs. Les illustrations 10, 11, 12 et 13 présentent les assemblages réalisés pour les zones nord, centre et sud. Les limites du découpage sectoriel dans chaque zone se distinguent par des changements linéaires brusques de couleur. Le découpage des secteurs a été réalisé de façon à ce que leurs surfaces soient plus ou moins égales.

Un carroyage traverse également la cartographie sous forme de lignes blanches. Il s'agit, dans ce cas, des limites des fichiers de données transmis par la CUS.

La jonction entre les dalles est mise en évidence sur la carte de l'illustration 10.



*Illustration 10 : Levé LIDAR de la zone Nord – mise en évidence des jonctions entre les secteurs*

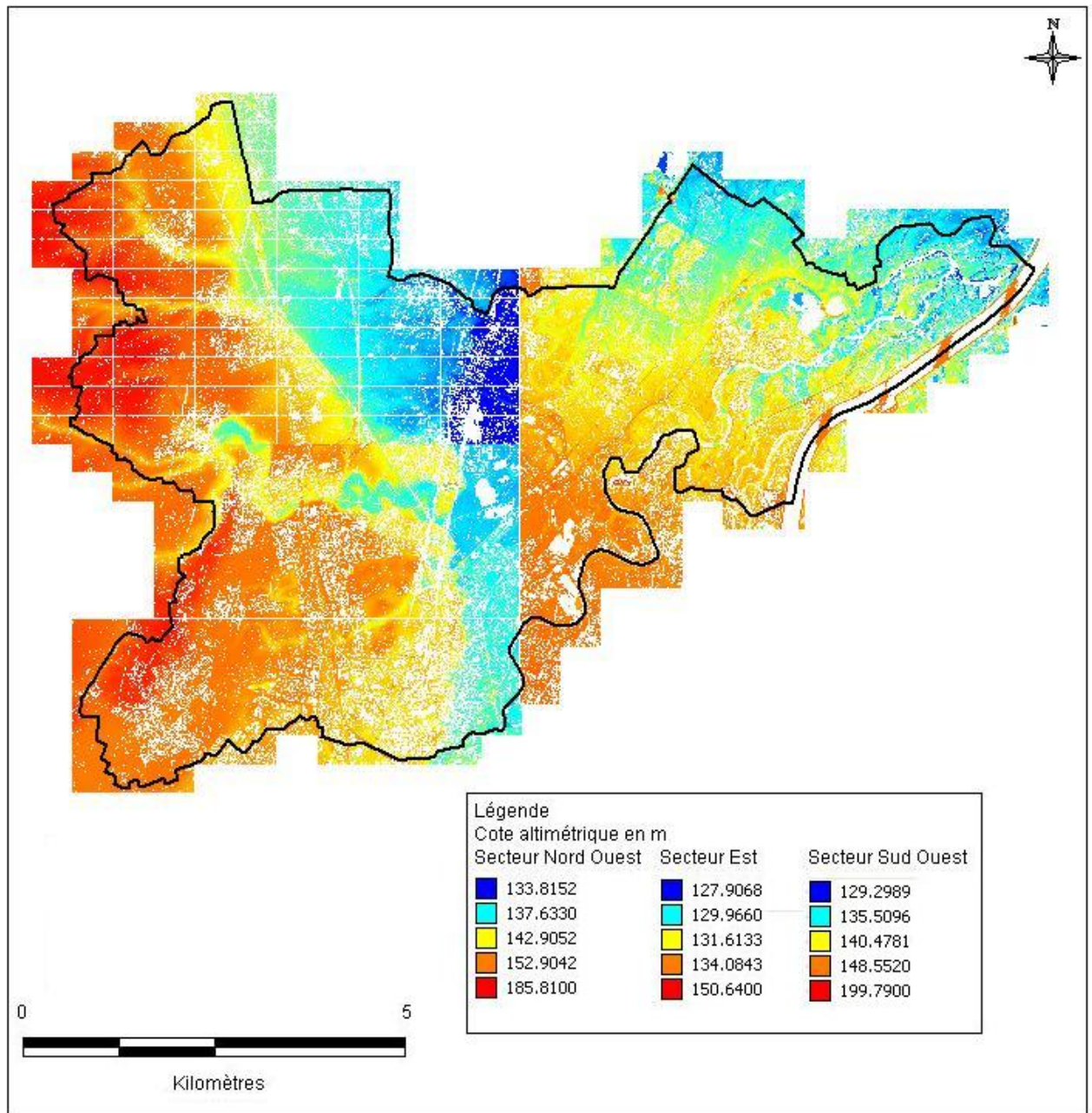


Illustration 11 : Levé LIDAR de la zone Nord

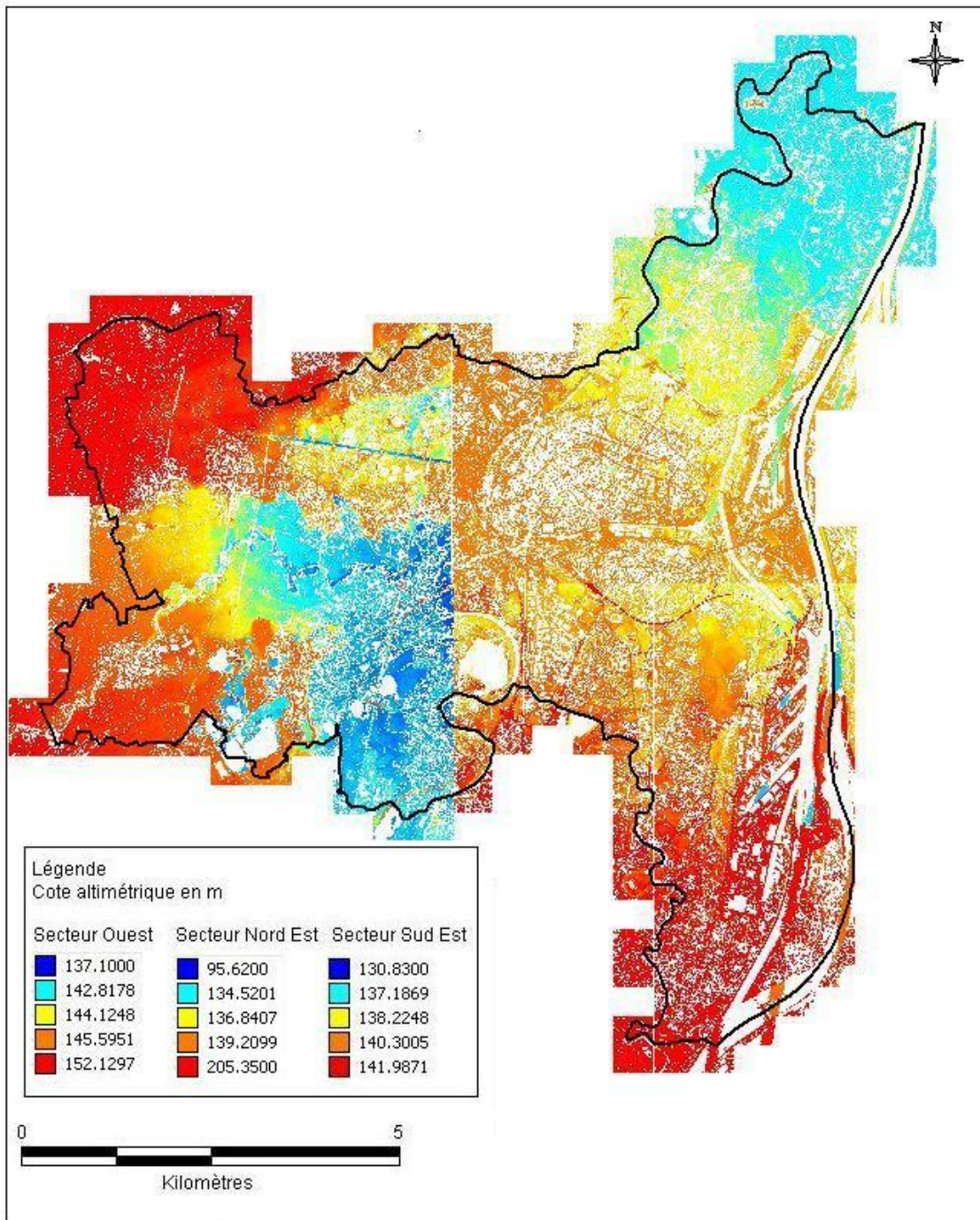
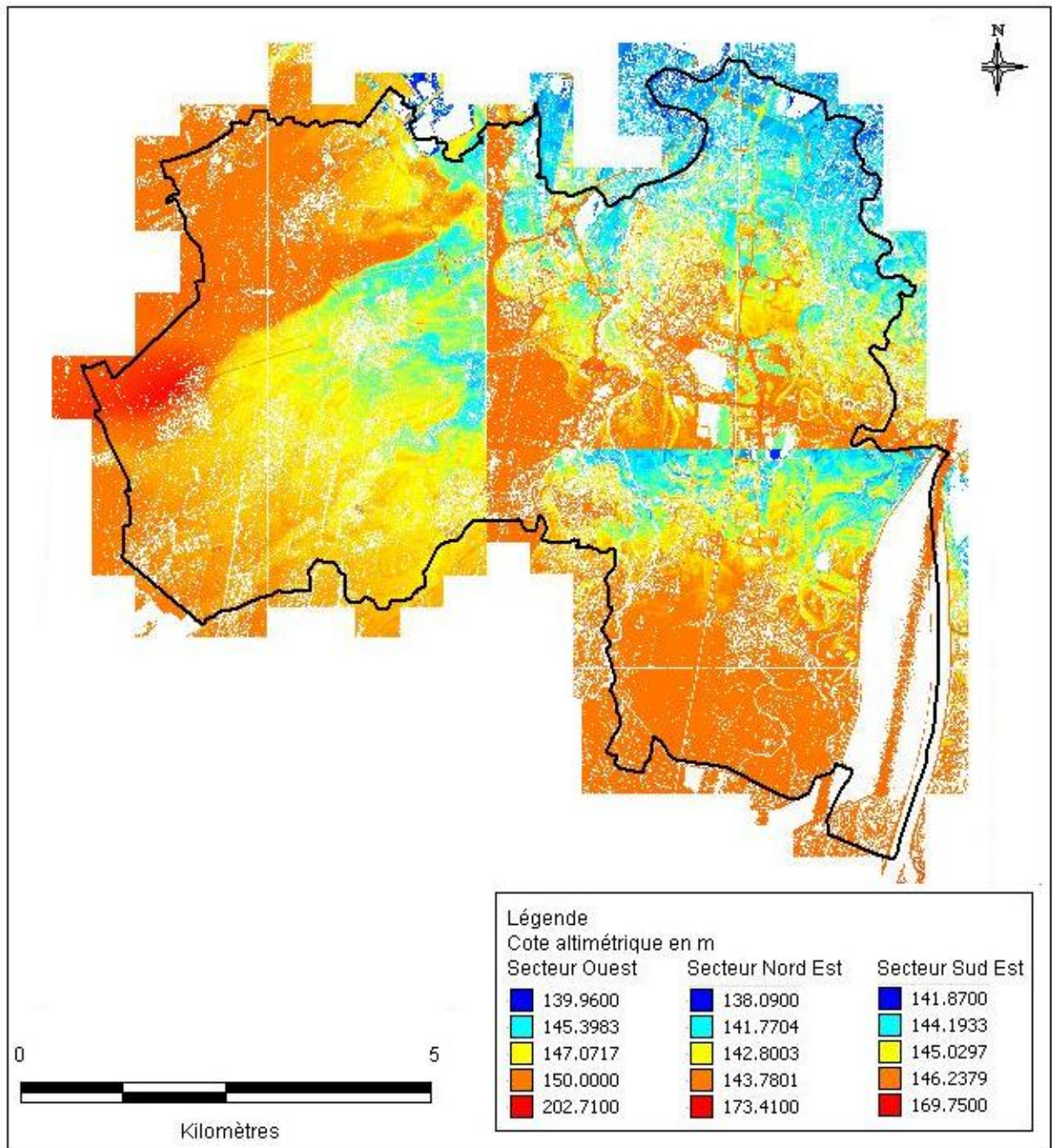


Illustration 12 : Levé LIDAR de la zone Centre



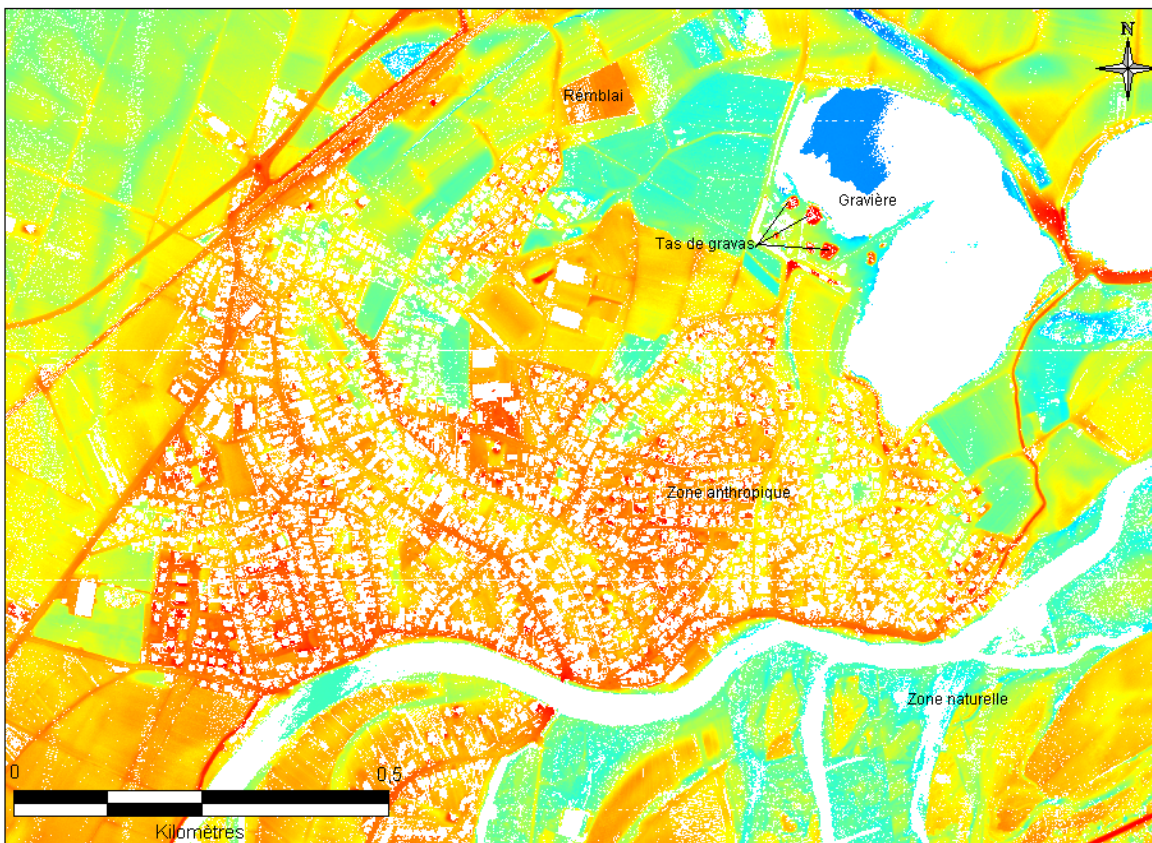
*Illustration 13 : Levé LIDAR de la zone Sud*

On observe un certain nombre de zones blanches sur le levé LIDAR. La présence de ces zones indique une absence d'information ; cela concerne généralement les zones de bâti ainsi que les cours et les plans d'eau.

On devine à l'ouest de chaque zone des surfaces marquées par des plages de couleur rouge plus ou moins homogènes. Elles correspondent en fait à la terrasse de loess

indiqué par la cartographie géologique. A l'Est, les valeurs basses de couleur bleu soulignent de nombreux méandres de cours d'eau.

Le levé LIDAR permet également de mettre en évidence les zones urbaines en modifiant les intervalles des plages de couleurs. En effectuant cette manipulation, le contraste de couleur isole les zones remblayées hautes par rapport au terrain naturel environnant de la Plaine d'Alsace relativement plat. Ce procédé visuel souligne également les dépressions naturelles telles que les méandres. L'illustration 14 expose les effets obtenus.



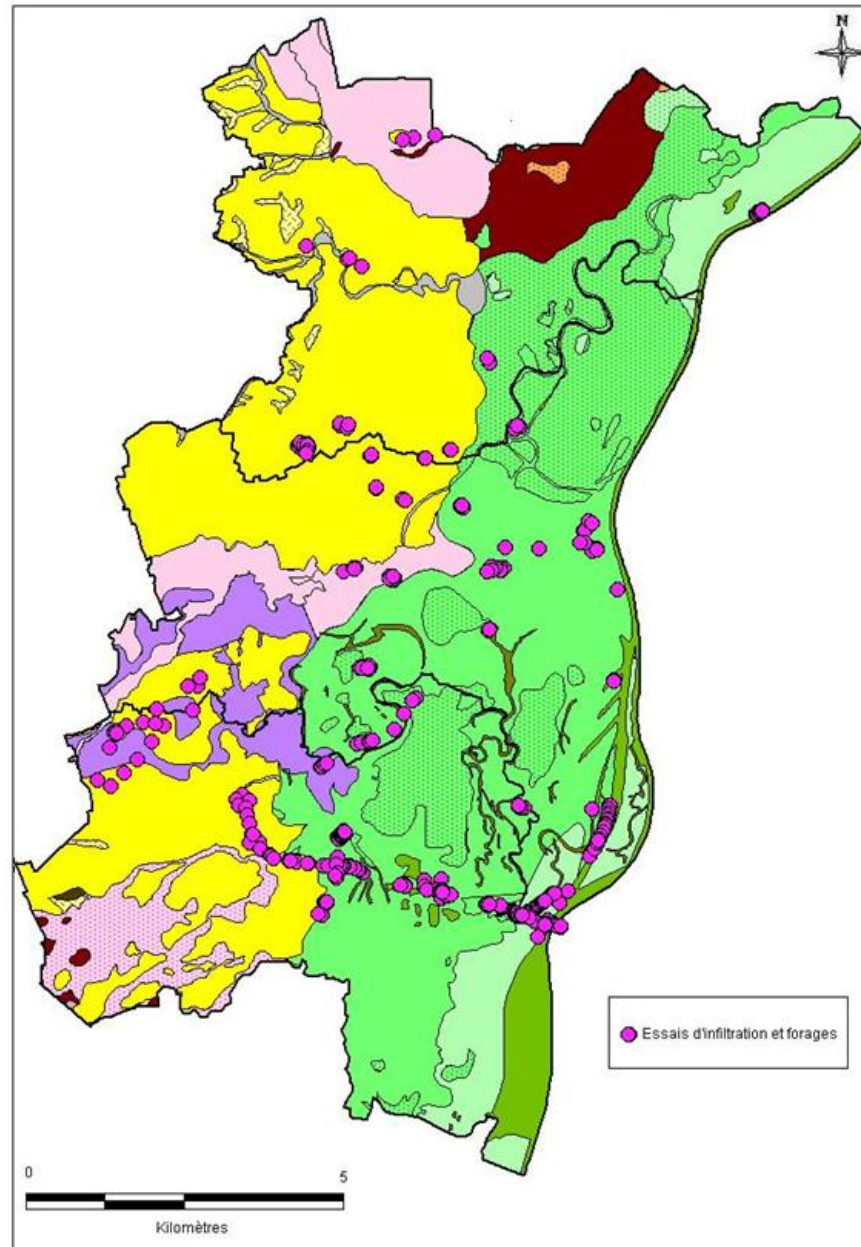
*Illustration 14 : Extrait du levé LIDAR - ville de La Wantzenau*

Par sa grande définition et par l'obtention de données sur l'ensemble du territoire, le LIDAR permet ainsi de mettre en évidence plusieurs formes paysagères.

## **2.6. DONNEES DE PERMEABILITE DU LABORATOIRE DES PONTS ET CHAUSSEES DE STRASBOURG**

Le laboratoire des Ponts et Chaussées de Strasbourg (LPCS) a fourni au BRGM une série d'informations liées à des forages ayant fait l'objet d'essais de perméabilité

(illustration 15). Il s'agit souvent de groupes de forages espacés de quelques mètres. Les tests de perméabilité effectués sont des tests d'infiltration horizontale. D'une manière générale dans le contexte hydrogéologique de la Plaine d'Alsace, on considérera que cette perméabilité sera plus élevée que la perméabilité verticale qui caractérise l'infiltration vers la nappe sous-jacente.



*Illustration 15 : Localisation des essais d'infiltration du Laboratoire des Ponts et Chaussées de Strasbourg*

## **2.7. ARCHIVES DE LA CUS**

La CUS dispose d'informations, non répertoriées dans la Banque nationale de données du sous-sol, qui concernent des forages de faible profondeur réalisés par l'entreprise « Fondasol » dans le cadre de travaux géotechniques. A la localisation précise des forages est associée une coupe géologique des formations rencontrées. Les forages ont été par la suite géoréférencés dans le cadre cette étude.

Ces données, tout comme les essais d'infiltration du Laboratoire des Ponts et Chaussées de Strasbourg, confirment, complètent ou précisent localement les caractéristiques des formations rencontrées. Cependant pour ce travail, seuls les forages « Fondasol » situés dans les zones peu renseignées jusqu'à présents ont été retenues. L'illustration 16 représente les forages utilisés pour enrichir les informations.

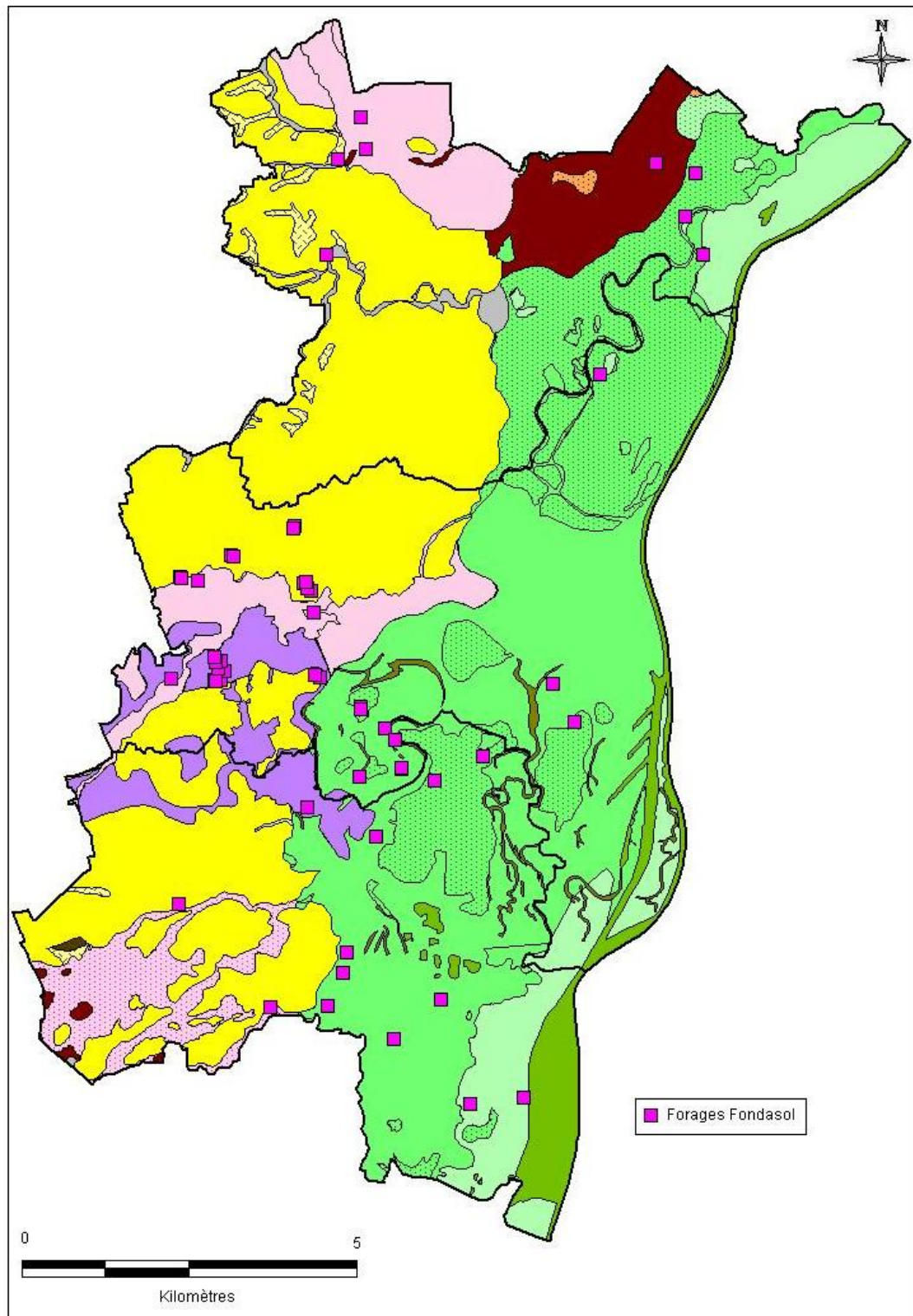


Illustration 16 : Représentation cartographique des forages réalisés par l'entreprise Fondasol.



## 3. Traitement et interprétation des données

### 3.1. EPAISSEUR DE LA ZONE NON SATURÉE

La Mission Interservice de l'Eau (MISE) préconise de pratiquer l'infiltration des eaux de pluie dans les zones où l'épaisseur de la zone non saturée (au-dessus-de la nappe) est supérieure à 50 cm. A titre de prévention supplémentaire la CUS a fixé, pour cette étude, un seuil à 1,5 m. En-dessous de cette limite, des études complémentaires sont estimées nécessaire avant la mise en place d'un dispositif d'infiltration.

Le toit de nappe, extrapolé à partir de la carte piézométrique, ainsi que la topographie fournie par le LIDAR, ont servi de base pour le calcul de l'épaisseur de la zone non saturée. C'est sur cette valeur d'épaisseur obtenue que s'est concentré le diagnostic de l'étude.

Le calcul a été réalisé grâce à l'extension de MapInfo, Vertical Mapper ®. Cette extension possède notamment un outil qui permet de soustraire deux « couches ». Les secteurs qui constituent les plus petites unités homogènes ont donc fait l'objet de cette opération. Le résultat est cependant regroupé par zone (voir les illustrations 17 à 19) où le découpage par secteur reste visible.

L'épaisseur non saturée est représentée (illustrations 17, 18 et 19) selon le même principe que celui du Levé LIDAR. Les différentes couleurs représentent ici l'épaisseur de la zone non saturée. Ainsi, la couleur bleue foncée représente les épaisseurs les plus faibles, alors que la couleur rouge représente les épaisseurs les plus importantes.

#### **Remarques sur les échelles de couleur :**

Chaque échelle de couleurs est calée pour un secteur particulier dans les parties Nord, Centre ou Sud. Ainsi pour la partie nord de la CUS, on retrouve trois légendes qui correspondent chacune au découpage initié par le levé LIDAR pour les raisons évoquées dans le chapitre 2.5.

Dans chaque légende, les couleurs standards de rouge, orange, jaune et bleu clair correspondent à des valeurs précises d'épaisseur.

La valeur d'épaisseur correspondant au bleu foncé qui apparaît en négatif traduit un affleurement de la nappe voire une légère inondation. Les valeurs extrêmes (-17 m pour le secteur Sud-Ouest dans l'illustration 17 ; -40 m pour le secteur Nord-Est de l'illustration 18) sont des artefacts de calcul qui ne correspondent à aucune réalité. Il convient dans ces cas de ne considérer qu'une nappe en position affleurante.

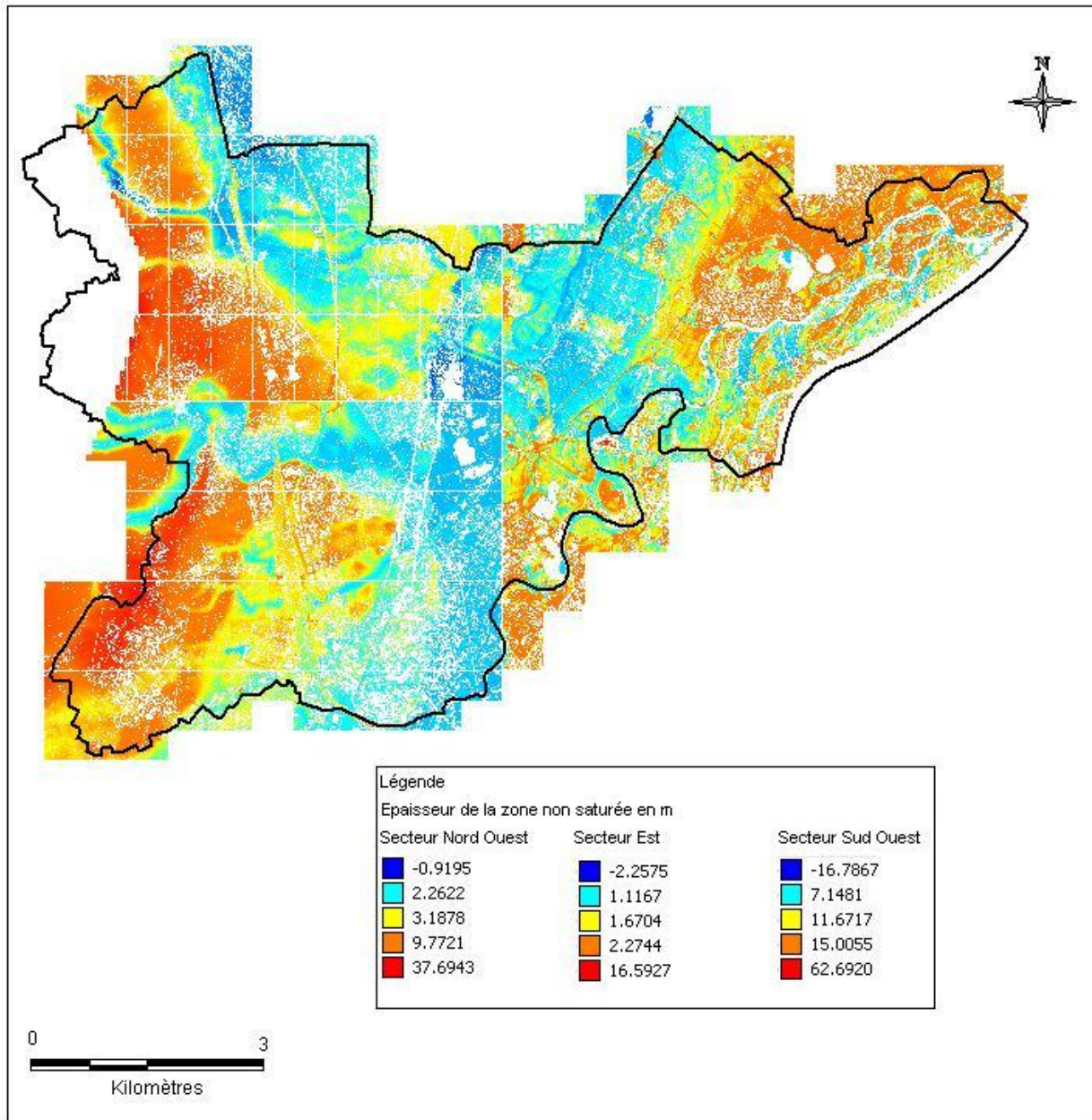


Illustration 17 : Représentation de l'épaisseur non saturée, Partie Nord

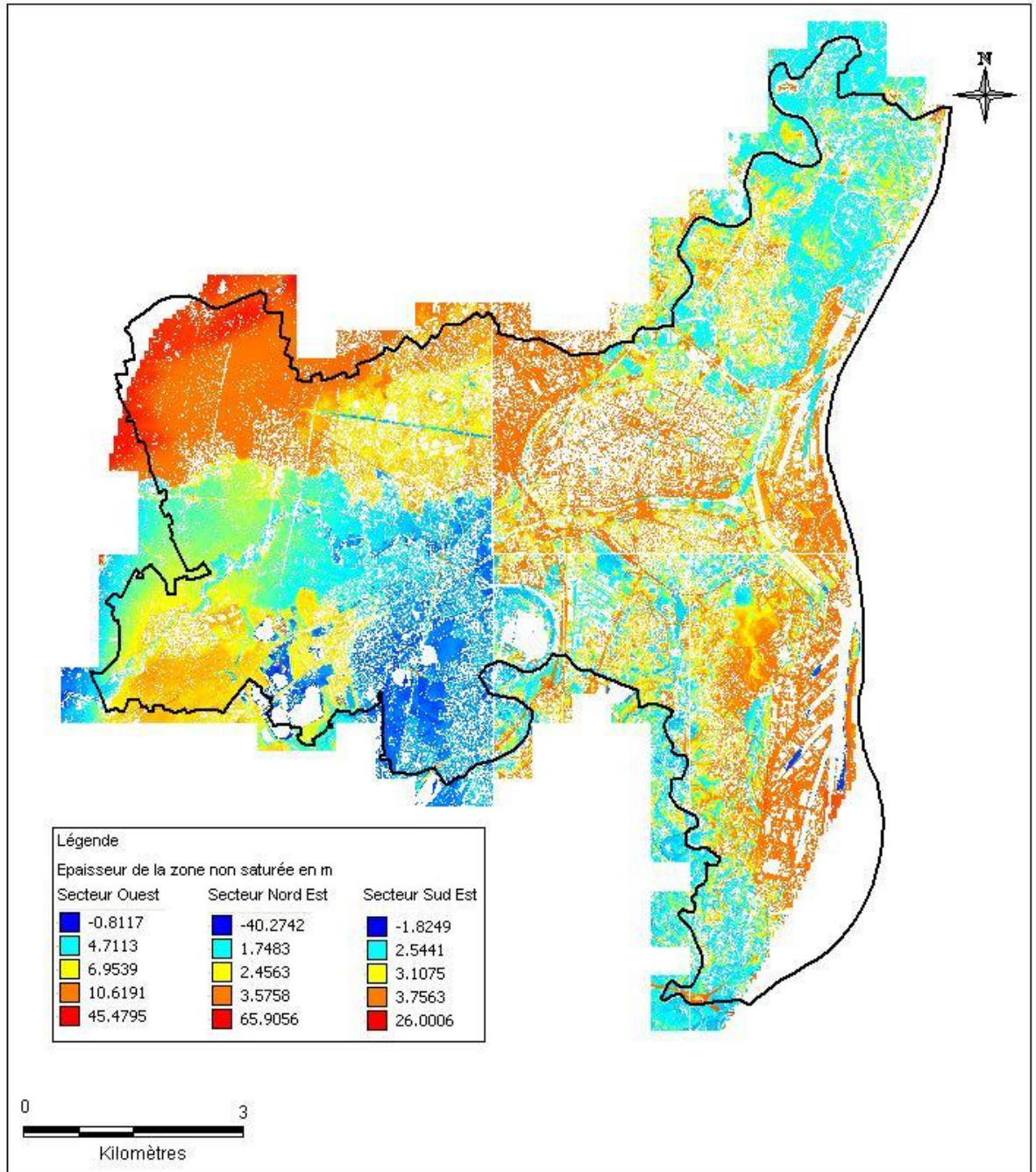
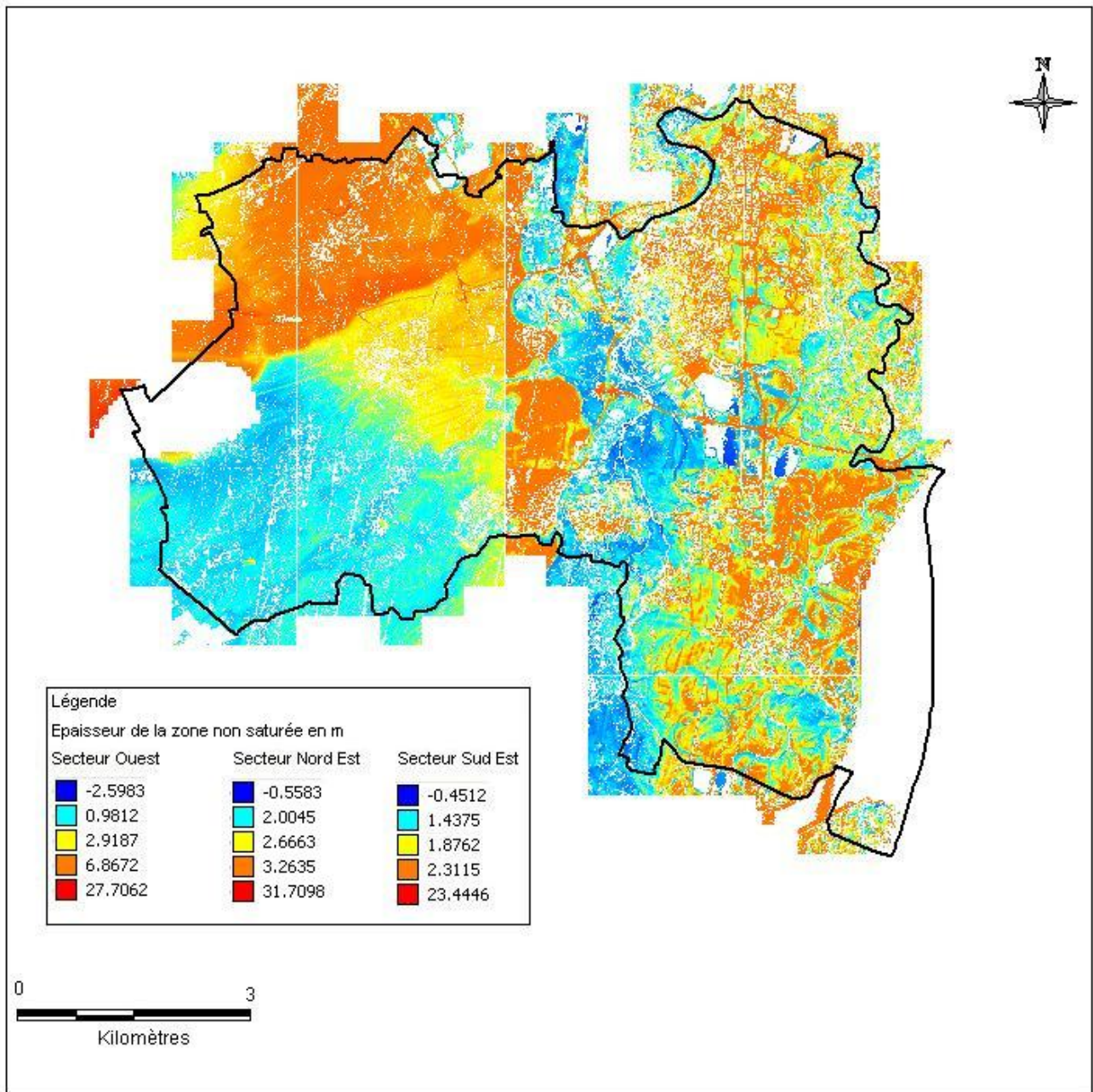


Illustration 18 : Représentation de l'épaisseur non saturée, Partie Centre



*Illustration 19 : Représentation de l'épaisseur non saturée, Partie Sud*

Les fortes épaisseurs sont essentiellement localisées au niveau de la terrasse de Loëss, à l'Ouest.

Le calcul de cette épaisseur s'avérerait utile pour déterminer les zones où celle-ci est inférieure à 1,5 m, épaisseur en-dessous de laquelle la CUS ne souhaite pas infiltrer les eaux pluviales. Cet aspect sera détaillé dans la partie 3.5. Aussi, le calcul de cette

épaisseur a également permis de mettre en évidence les zones où celle-ci est supérieure à 3 m. Une telle épaisseur peut, dans le cas de formations perméables, faciliter la mise en place de systèmes d'infiltration.

### 3.2. PERMEABILITE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES

L'estimation des perméabilités des formations susceptibles d'être traversés par les eaux d'infiltration se base sur les croisements de plusieurs sources d'information. La carte géologiques et les données ponctuelles fournissent des indications sur la nature lithologique et la granulométrie des formations. A ce type de données sont alors associées des gammes de perméabilité. Ces relations ont été estimées à partir des données disponibles dans l'ouvrage hydrologique « Aquifères et eaux souterraines de France » (ROUX J.-L., 2006). Ces gammes de perméabilité ont été ensuite confrontées et affinées en fonction de la connaissance hydrogéologique locale à dire d'expert et les résultats ponctuels de perméabilité issus des essais d'infiltration du laboratoire de Ponts et Chaussées de Strasbourg.

Les informations collectées et interprétées se présentent sous la forme de trois tableaux correspondant à chacune des trois zones Nord, Centre, Sud (voir les illustrations 20 à 22).

Afin de caractériser la perméabilité des formations, des classes simplifiées ont été définies selon les coefficients de perméabilité en m/s :

- De  $> 10^{-3}$  à  $10^{-5}$  le sol est considéré comme perméable
- De  $10^{-5}$  à  $10^{-6}$  le sol est considéré comme moyennement perméable
- De  $10^{-6}$  à  $10^{-8}$  le sol est considéré comme peu perméable
- $< 10^{-8}$  le sol est considéré comme imperméable

Le loess est une formation géologique superficielle significative dont les caractéristiques estimées de perméabilité le situe à cheval sur deux classes. De par son importance surfacique, il a été décidé de maintenir cette formation en une classe particulière homogène lithologiquement. Les sables vosgiens constituent également un cas particulier : bien qu'ils soient globalement perméables, ils peuvent comporter des zones peu perméables.

On définit ainsi les deux classes supplémentaires suivantes:

- Loess : de  $10^{-7}$  à  $10^{-5}$  : Peu perméable à moyennement perméable
- Sables vosgiens :  $10^{-6}$  à  $10^{-2}$ : Peu perméable à Perméable

Dénomination	Description	Granulométrie (mm)	Log validé	Perméabilité LCPC m/s	Coefficient de perméabilité m/s	Perméabilité
Alluvions sablo-graveleuses rhénanes	Sables fins à graviers grossiers	$6.10^{-3}$ à 63	oui	$10^{-2}$	$10^{-4}$ à $10^{-2}$	Perméable
Colluvions lœssiques	Limons lœssiques à argiles	$8.10^{-3}$ à $6.10^{-2}$	oui	Pas de forage	$10^{-9}$ à $10^{-6}$	Moyennement perméable à imperméable
Graviers rhénans	Sables grossiers à graviers	0,6 à 63	oui	Pas de forage	$10^{-2}$	Très perméable
Limons rhénans	Limons	$2.10^{-3}$ à $6.10^{-1}$	oui	$10^{-7}$ à $10^{-4}$	$10^{-6}$ à $10^{-4}$	Moyennement perméable
Limons rhénans décalcifiés	Silts à argiles	$5.10^{-6}$ à $8.10^{-3}$	oui	Pas de forage	$10^{-8}$ à $10^{-5}$	Moyennement perméable à peu perméable
Limons tourbescents	Silts à argiles	$5.10^{-6}$ à $8.10^{-3}$	oui	Pas de forage	$10^{-8}$ à $10^{-5}$	Moyennement perméable à peu perméable
Loess	Silts à argiles	$5.10^{-6}$ à $8.10^{-3}$	oui	Pas de forage	$10^{-7}$ à $10^{-5}$	Moyennement perméable à peu perméable
Sables rhénans	Sables fins à sables grossiers	$6.10^{-2}$ à 2	oui	$5.10^{-5}$ à $5.10^{-4}$	$10^{-5}$ à $10^{-3}$	Perméable
Sables vosgiens	Sables fins à sables grossiers	$6.10^{-2}$ à 2	oui	Pas de forage	$10^{-6}$ à $10^{-2}$	Perméable à peu perméable
Sédiments fluviatiles holocènes récents indifférenciés	Sables fins à sables grossiers	$6.10^{-2}$ à 2	oui	Pas de forage	$10^{-6}$ à $10^{-2}$	Perméable à peu perméable
Substratum marno-calcaire anté-pliocène	Argiles	$8.10^{-3}$	non	Pas de forage	$<10^{-8}$	Imperméable
Tourbes (nord)	Limons à argiles	$10^{-5}$ à $8.10^{-3}$	oui	Pas de forage	$10^{-8}$ à $10^{-4}$	Perméable à peu perméable

Illustration 20 : Tableau synthétique des formations géologiques et caractéristiques de la zone Nord

Dénomination	Description	Granulométrie (mm)	Log validé	Perméabilité LCPC m/s	Coefficient de perméabilité m/s	Perméabilité
Alluvions sablo-graveleuses rhénanes	Limons à graviers	$2.10^{-3}$ à 63	oui	$10^{-7}$ à $5.10^{-2}$	$10^{-6}$ à $10^{-2}$	Perméable à moyennement perméable
Colluvions loessiques	Limons loessiques à argiles	$8.10^{-3}$ à $6.10^{-2}$	non	Pas de forage	$10^{-9}$ à $10^{-6}$	Moyennement perméable à imperméable
Dépôts de décantation des bras morts	Limons tourbes	$2.10^{-3}$ à $6.10^{-2}$	non	Pas de forage	$10^{-6}$ à $5.10^{-5}$	Moyennement perméable
Graviers rhénans	Sables grossiers à graviers	0,6 à 63	oui	Pas de forage	$10^{-2}$	Très perméable
Graviers vosgiens	Limons à graviers	$2.10^{-3}$ à 63	oui	Pas de forage	$10^{-6}$ à $10^{-2}$	Perméable à moyennement perméable
Limons rhénans	Limons	$2.10^{-3}$ à $6.10^{-1}$	oui	Pas de forage	$10^{-6}$ à $10^{-4}$	Perméable à moyennement perméable
Loess	Silts à argiles	$5.10^{-6}$ à $8.10^{-3}$	oui	Pas de forage	$10^{-7}$ à $10^{-5}$	Moyennement perméable à peu perméable
Sables rhénans	Sables fins à sables grossiers	$6.10^{-2}$ à 2	oui	Pas de forage	$10^{-5}$ à $10^{-3}$	Perméable
Sables vosgiens	Sables fins à sables grossiers	$6.10^{-2}$ à 2	oui	Pas de forage	$10^{-6}$ à $10^{-2}$	Perméable à moyennement perméable
Sédiments fluviatiles holocènes récents indifférenciés	Argiles	$8.10^{-3}$	oui	Pas de forage	$<10^{-8}$	Imperméable

Illustration 21 : Tableau synthétique des formations géologiques et caractéristiques de la zone Centre

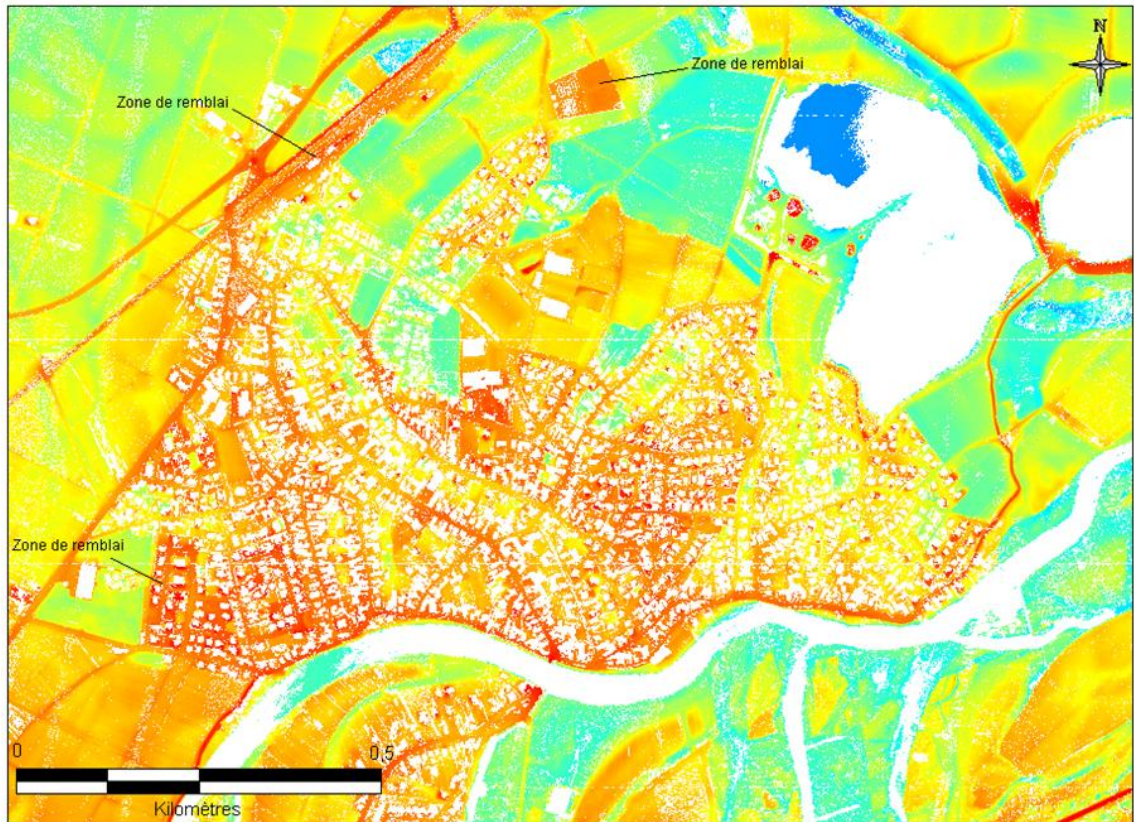
Dénomination	Description	Granulométrie (mm)	Log validé	Perméabilité LCPC m/s	Coefficient de perméabilité m/s	Perméabilité
Alluvions sablo-graveleuses rhénanes	Limons à graviers	$2.10^{-3}$ à 63	oui	Pas de forage	$10^{-6}$ à $10^{-2}$	Perméable à moyennement perméable
Alluvions sablo-graveleuse des rivières vosgiennes	Limons à graviers	$2.10^{-3}$ à 63	oui	Pas de forage	$10^{-6}$ à $10^{-2}$	Perméable à moyennement perméable
Colluvions loessiques	Limons loessiques à argiles	$8.10^{-3}$ à $6.10^{-2}$	non	Pas de forage	$10^{-9}$ à $10^{-6}$	Moyennement perméable à imperméable
Dépôts de décantation des bras morts	Limons tourbes	$2.10^{-3}$ à $6.10^{-2}$	non	Pas de forage	$10^{-6}$ à $5.10^{-5}$	Moyennement perméable
Graviers rhénans	Sables grossiers à graviers	0,6 à 63	oui	Pas de forage	$10^{-2}$	Très perméable
Graviers vosgiens	Limons à graviers	$2.10^{-3}$ à 63	oui	Pas de forage	$10^{-6}$ à $10^{-2}$	Perméable à moyennement perméable
Limons rhénans	Limons	$2.10^{-3}$ à $6.10^{-1}$	oui	Pas de forage	$10^{-6}$ à $10^{-4}$	Perméable à moyennement perméable
Limons vosgiens	Silts à argiles	$2.10^{-6}$ à $5.10^{-6}$	oui	Pas de forage	$10^{-9}$ à $10^{-5}$	Perméable à imperméable
Loess	Silts à argiles	$5.10^{-6}$ à $8.10^{-3}$	oui	Pas de forage	$10^{-7}$ à $10^{-5}$	Moyennement perméable à peu perméable
Sables rhénans	Sables fins à sables grossiers	$6.10^{-2}$ à 2	oui	$5.10^{-3}$ à $10^{-2}$	$10^{-5}$ à $10^{-3}$	Perméable
Sédiments fluviatiles holocènes récents indifférenciés	Silts à sables fins	$5.10^{-6}$ à $6.10^{-2}$	non	Pas de forage	$10^{-6}$ à $10^{-2}$	Perméable à moyennement perméable
Substratum marno-calcaire anté-pliocène	Argiles	$8.10^{-3}$	non	Pas de forage	$<10^{-8}$	Imperméable
Tourbes	Limons à sables	$2.10^{-3}$ à 2	non	Pas de forage	$10^{-6}$ à $10^{-3}$	Perméable à moyennement perméable

Illustration 22 : Tableau synthétique des formations géologiques et caractéristiques de la zone Sud

Les alluvions rhénanes sont marquées par une variation de composition granulométrique entre le Nord et le Centre et Sud et de ce fait, par une variation de perméabilité. Ces alluvions présentent la plus importante perméabilité au Nord.

### 3.3. IDENTIFICATION DES ZONES DE REMBLAI

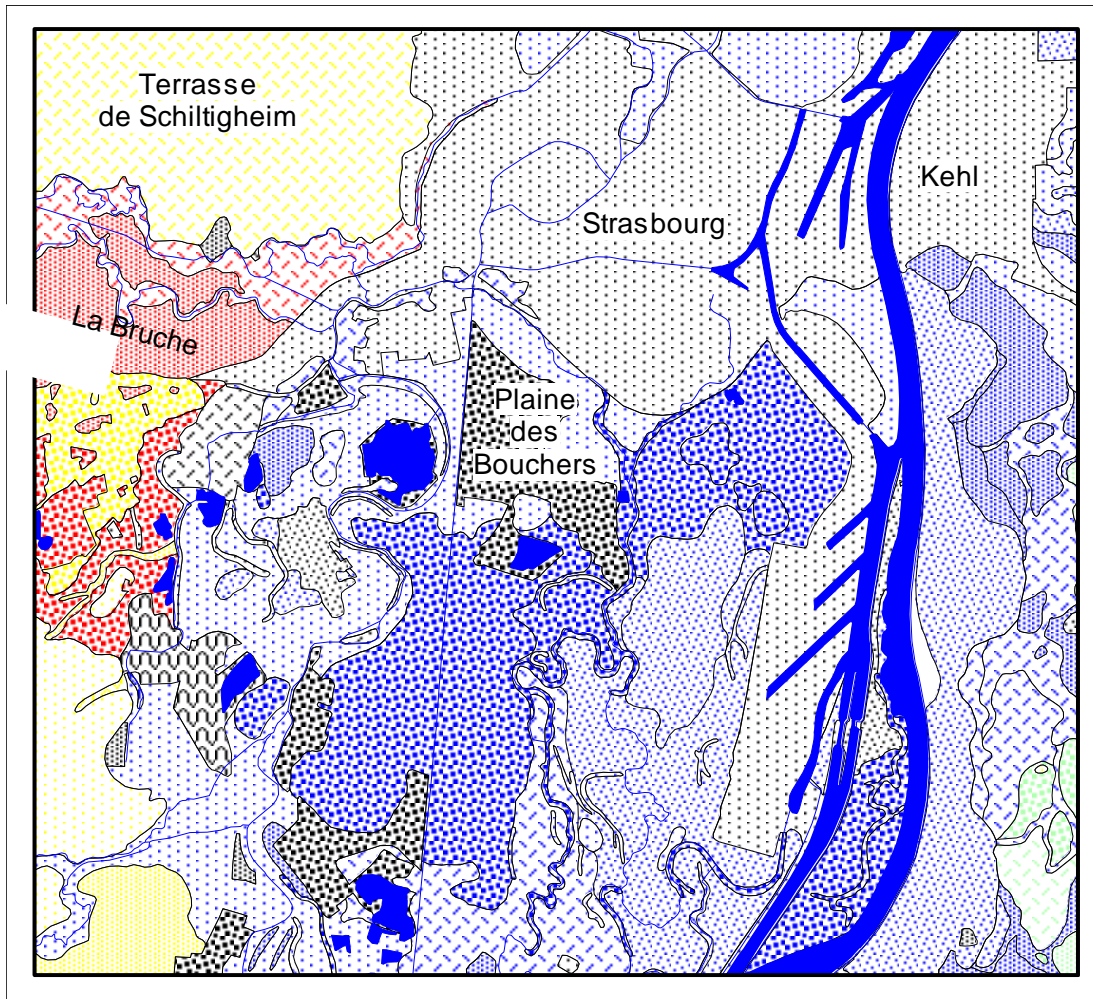
Les zones de remblai se localisent essentiellement au niveau des zones de bâti. Lorsqu'ils constituent un apport de terre qui élève et égalise le terrain naturel, ils peuvent être identifiés par l'imagerie LIDAR : la surface est délimitée par une brusque rupture d'altitude ne pouvant pas correspondre à une limite de formation géologique ou de réseau hydrographique. L'illustration 23 présente au niveau du village de la Wantzenau ces contrastes associés au bâti souligné par les plages de couleur orange et rouge nettement délimitées.



*Illustration 23 : Extrait du levé LIDAR du village de La Wantzenau, identification des zones de remblai*

Dans le cas de comblement dépressions naturelles de terrain, un effet de gommage partiel de la dynamique fluviale indique également la présence de remblais. Cependant, les travaux d'excavation du terrain naturel, suivis d'un remplissage par de nouveaux matériaux, comme cela a pu se produire sur la terrasse de lœss, l'absence de variation de relief ne permet pas d'identifier les zones de remblais. Il convient alors de compléter la cartographie des remblais par d'autres éléments d'information qui suivent :

La carte géologique Strasbourg-Kehl au 1 : 25 000<sup>e</sup>, réalisée par le BRGM et le service géologique du Bade – Württemberg en 1999, apporte des éléments complémentaires pour la partie centrale de la CUS. L'illustration 24 expose une version simplifiée de cette carte où les zones de remblais sont identifiées par un quadrillage sur fond gris.



*Illustration 24 : Extrait de la carte Strasbourg – Kehl pour l'identification des remblais*

En complément de ces éléments surfaciques, tous les sondages et les logs validés qui comportent une couche de remblai, permettent de confirmer la présence de remblais.

Enfin dans les secteurs où tous les éléments d'information précités sont insuffisants, les zones de bâti denses visibles sur l'imagerie LIDAR et sur la cartographie IGN ont été interprétées comme des surfaces remblayées.

La carte de l'illustration 25 présente le résultat cartographique de ce travail d'identification des remblais sur l'ensemble du territoire de la CUS.

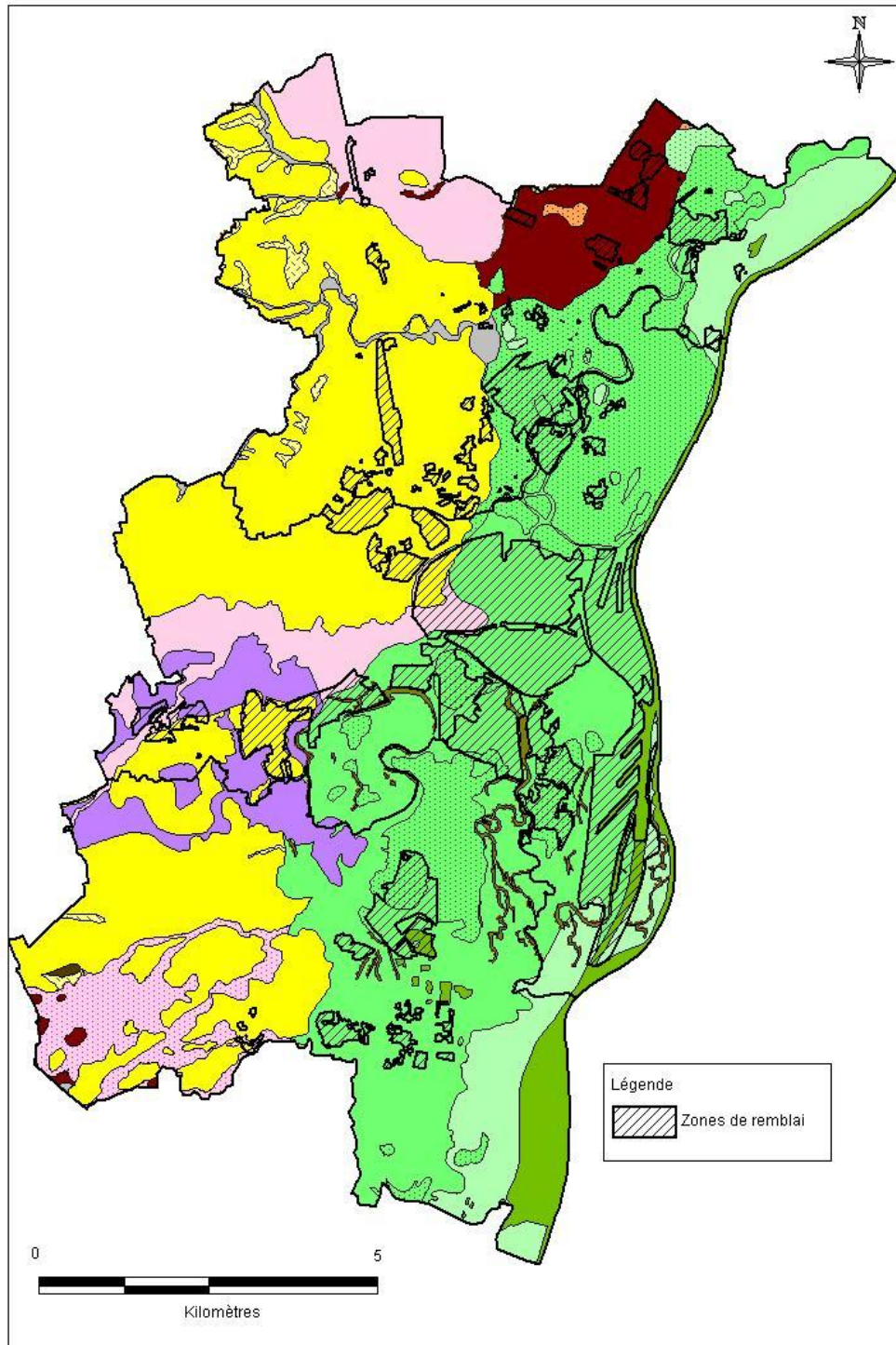


Illustration 25 : Représentation cartographique des zones de remplai

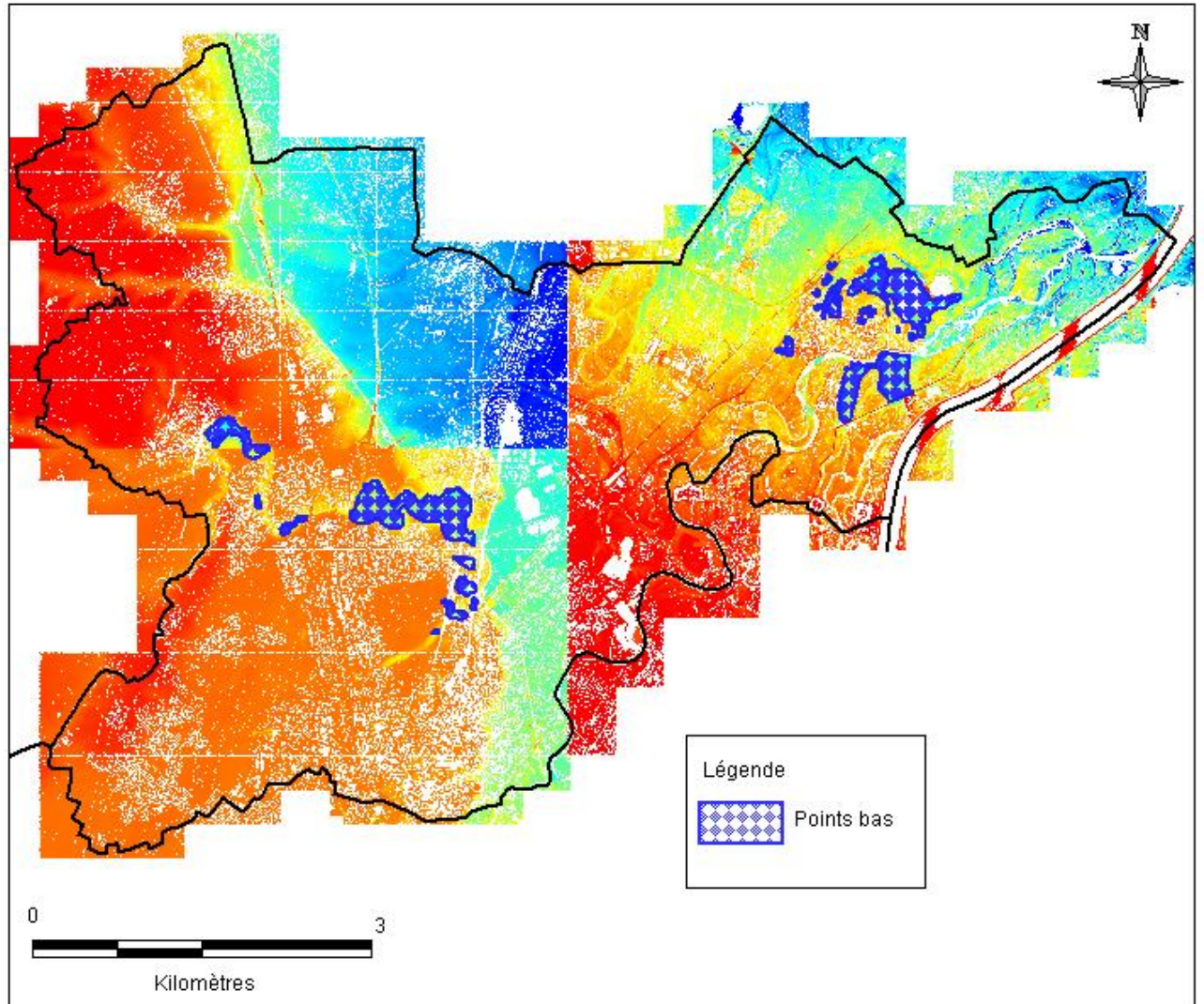
Les remblais sont bien identifiés dans la plaine alluviale. La faible présence de remblais sur la terrasse de loess s'explique par la position naturellement élevée du terrain ne réclamant donc pas nécessairement un remblaiement. Comme évoqué précédemment, en cas d'excavation et de remplissage, le résultat de ce terrassement n'est pas détectable (WERNERT P. 1958).

Le remblai est une variable anthropique discontinue, pouvant changer à l'échelle d'un quartier, d'une rue, d'un bloc d'habitation (URBAN et KELKOUL, 2010). Les résultats obtenus proposent une première estimation de leur extension à une échelle allant du quartier à la commune.

### **3.4. POINTS BAS**

Il existe, sur le territoire de la CUS, des zones dites de points bas. Les points bas se caractérisent par une altitude inférieure au niveau moyen du terrain qui les entoure. Ils ont été identifiés dans le but de localiser les lieux où l'infiltration des eaux pluviales peut être facilitée.

L'identification des points bas a été réalisée avec une méthode établie visuellement à l'aide du levé LIDAR. Ces points se traduisent par des taches circonscrites de couleurs plus claires que l'environnement qui les entoure (voir illustrations 26 à 28). Ces points bas ont généralement un exutoire réduit voire aucun exutoire.



*Illustration 26 : Représentation cartographique des points bas de la zone Nord*

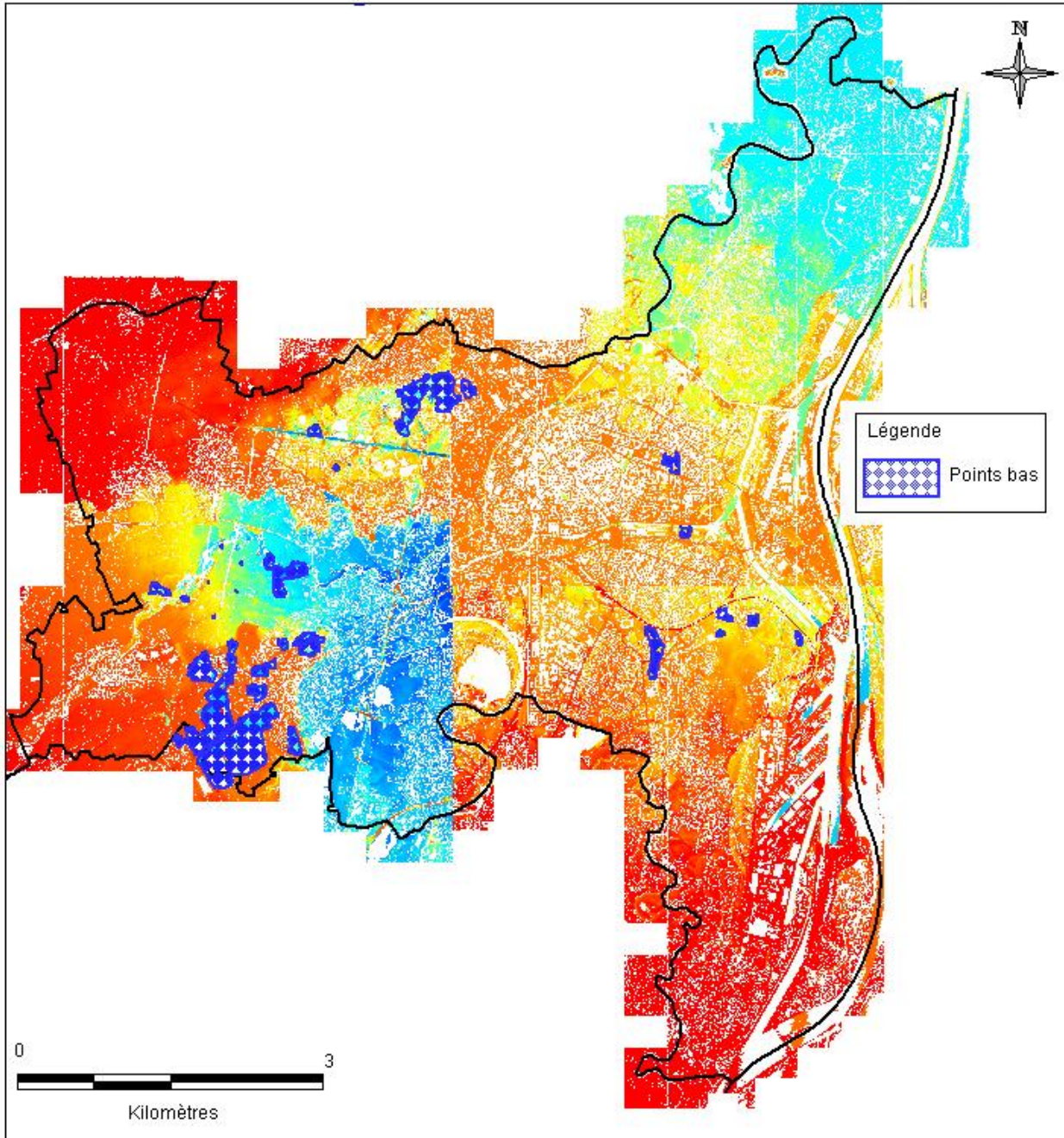
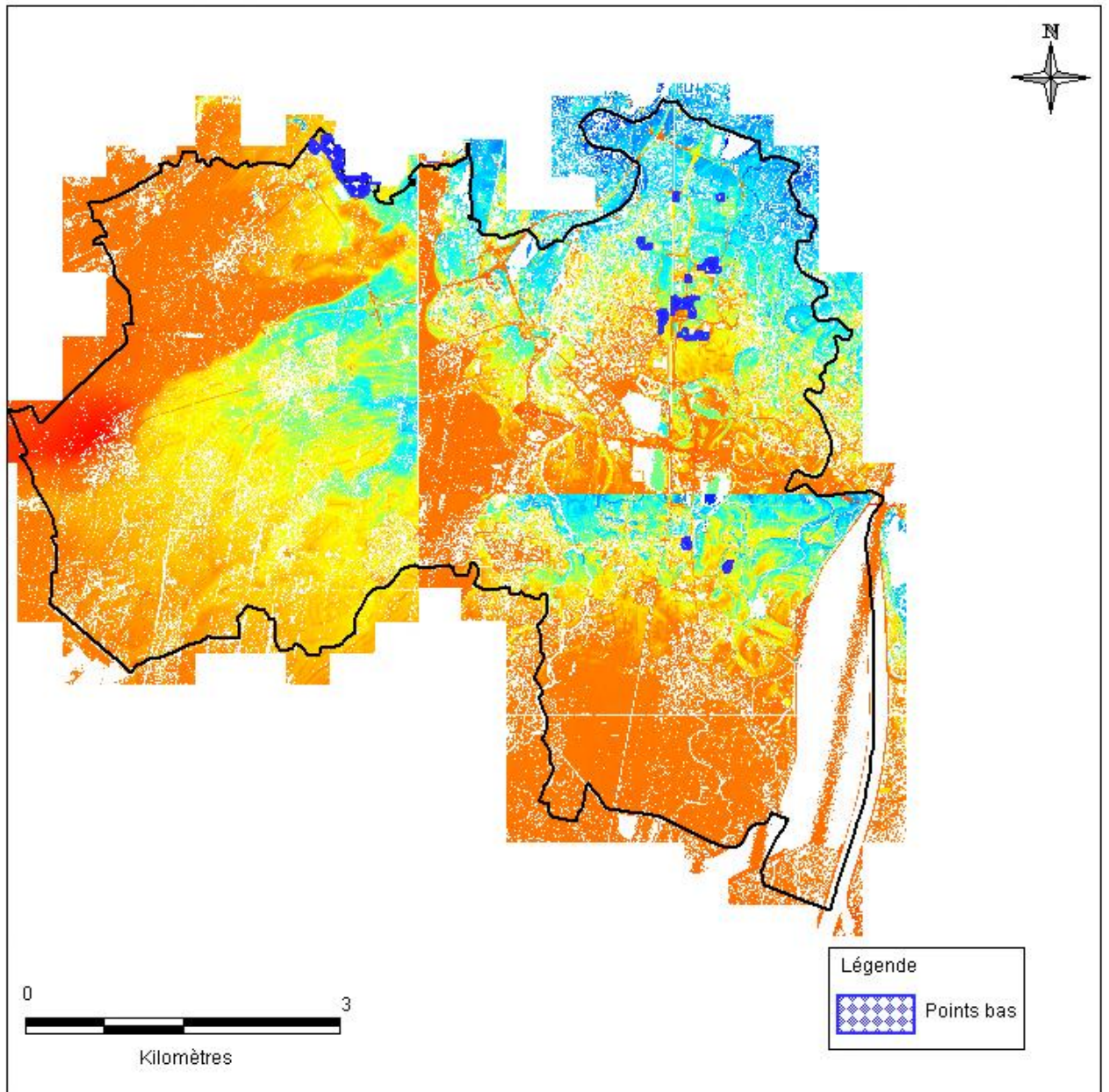


Illustration 27 : Représentation cartographique des points bas de la zone Centre



*Illustration 28 : Représentation cartographique des points bas de la zone Sud*

Les points bas identifiés se localisent essentiellement à proximité, voire, le long de cours d'eau. Cela peut s'expliquer par l'érosion causée par l'écoulement de l'eau creusant des méandres dont le niveau est inférieur au niveau moyen du terrain naturel (CAMPY M. et MACAIRE J.-M., 2003). Dans ce contexte, les anciens méandres peuvent être constitués de limons de débordement, qui en évoluant peuvent s'imperméabiliser en surface.

### **3.5. CARTE DE PERMEABILITE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES**

Le but de la collecte des données, ainsi que leur traitement, était de réaliser une carte de perméabilité des formations superficielles. La méthodologie de réalisation a procédé par la superposition des différentes « couches » d'information constituant des contraintes distinctes.

#### **3.5.1. Epaisseur non saturée inférieure à 1,5 m**

La condition d'une épaisseur de la zone non saturée de plus de 1.5 m peut être justifiée par le fait que lorsque l'épaisseur est trop faible, le massif filtrant n'est pas suffisamment important pour épurer naturellement les eaux avant qu'elles n'atteignent la nappe. Cette valeur seuil de 1,5 m a été fixée au cours d'une réunion de comité de pilotage.

Les zones dont l'épaisseur de la zone non saturée est inférieure à 1,5 m ont été mises en évidence par traitement des données piézométriques et LIDAR sous SIG (à partir de l'application « Vertical Mapper »). Le résultat de cette démarche se présente sous la forme d'une carte bicolore (voir illustrations 29 à 31). Les zones inférieures à 1,5 m figurent sur la carte en rouge et les zones d'épaisseur supérieures en bleu.

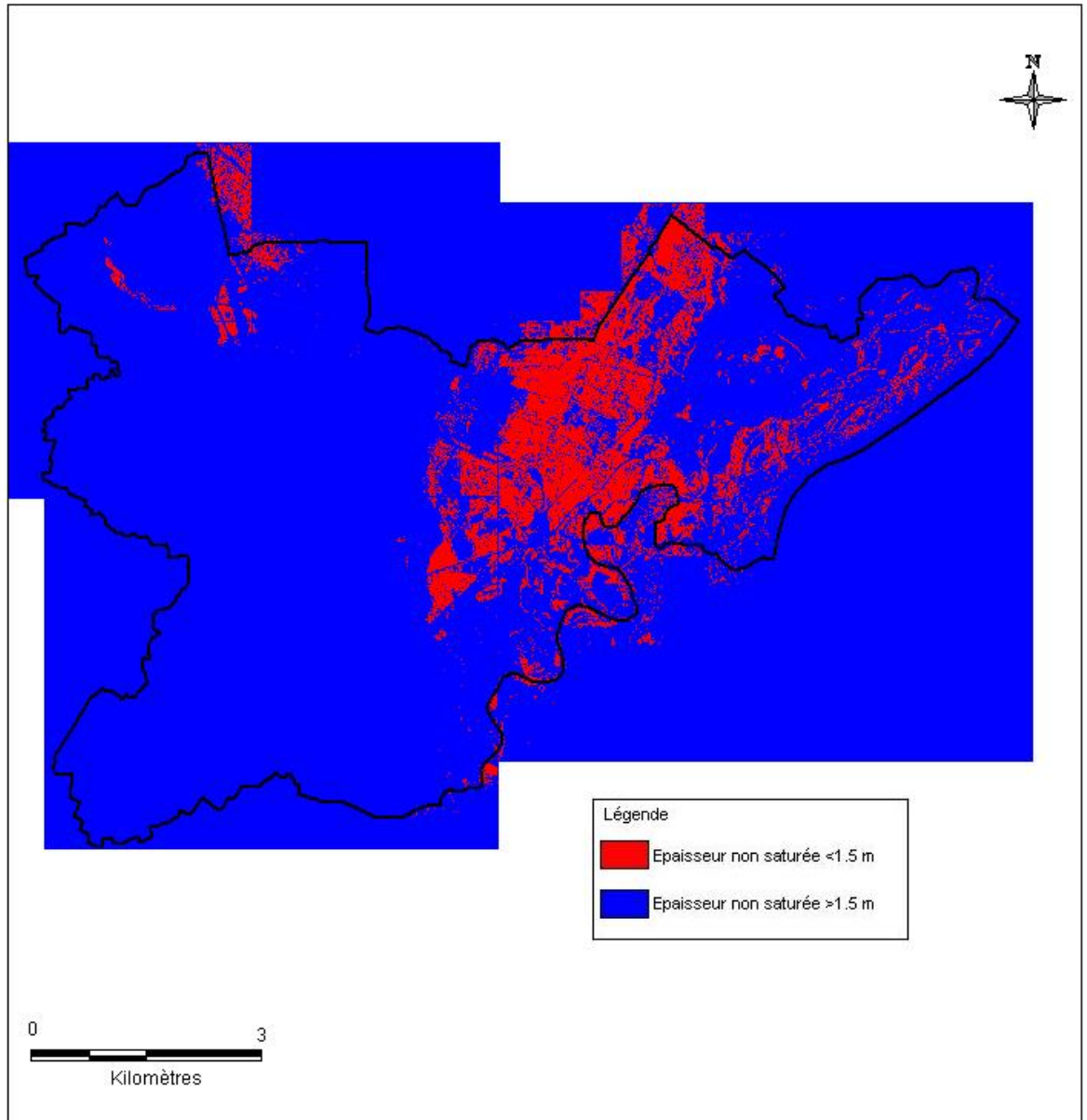
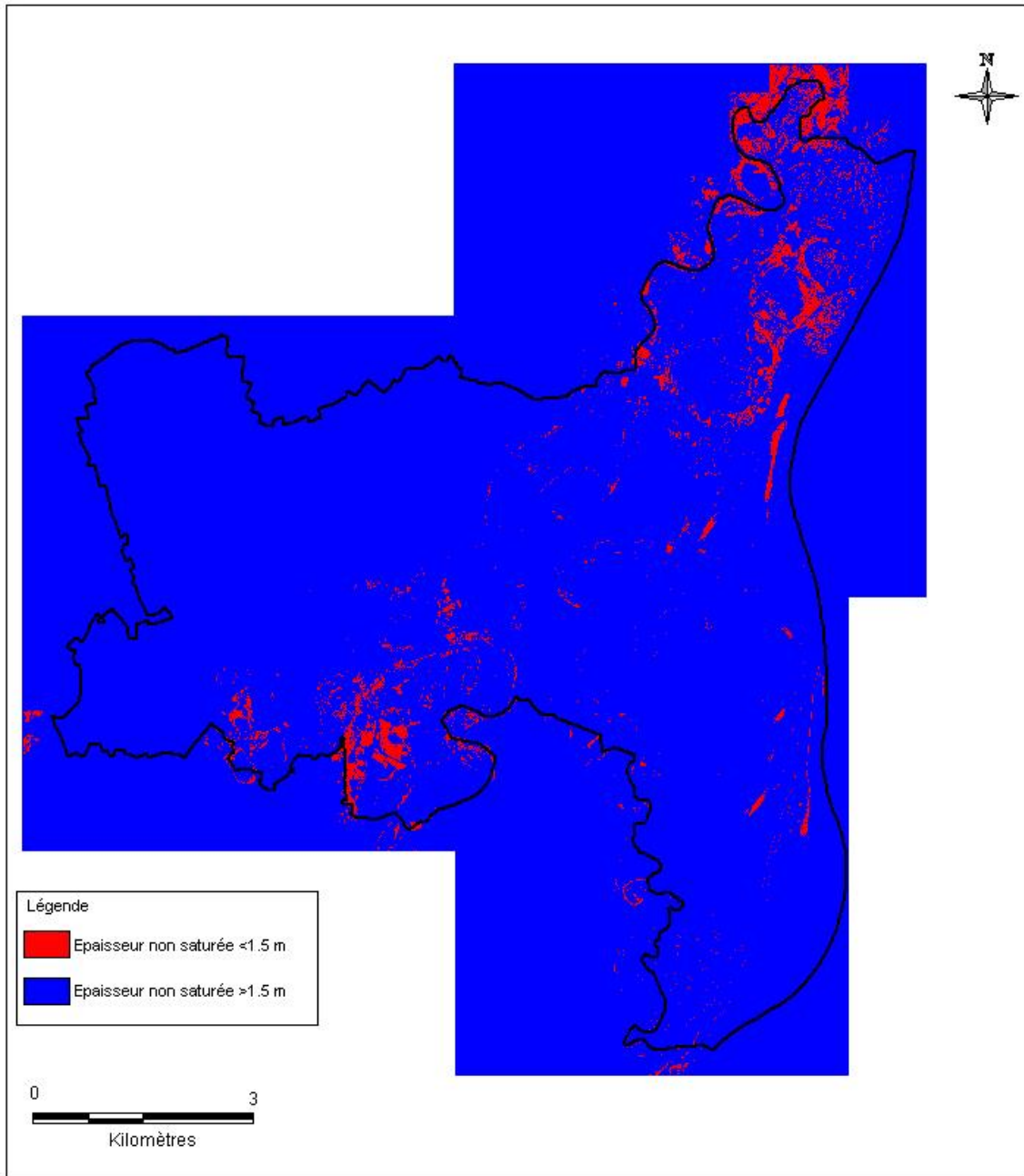
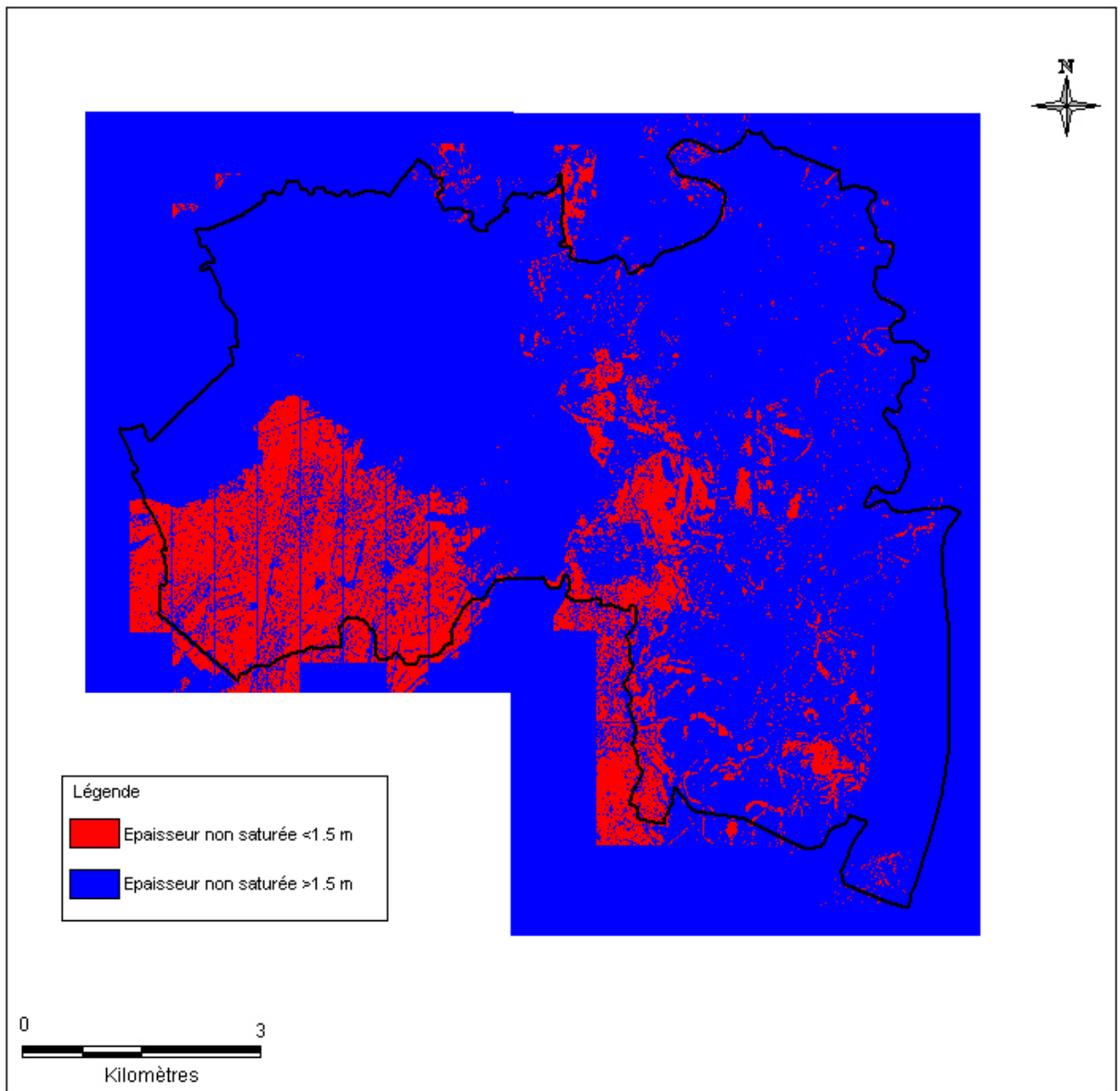


Illustration 29 : Représentation cartographique des zones non saturées d'épaisseur inférieure à 1,5 m, Partie Nord



*Illustration 30 : Représentation cartographique des zones non saturées d'épaisseur inférieure à 1,5 m, Partie Centre*

Ces cartes ont conduit à la création de polygones représentant les épaisseurs inférieures à 1,5 m (illustration 32). Les polygones ont été tracés en fonction de



*Illustration 31 : Représentation cartographique des zones non saturées d'épaisseur inférieure à 1,5 m, Partie Sud*

l'intensité et de la taille des plages de couleur : les zones rouges de faible dimension ou constituées d'une alternance bleu/rouge égale n'ont pas été retenues comme secteurs d'épaisseur inférieure à 1,5 m.

D'une manière générale, les zones de bâti apparaissent en bleu. Les cours d'eau sont exclus de cette opération. La « couche » de données surfaciques ainsi produite figurera dans la carte finale de synthèse.

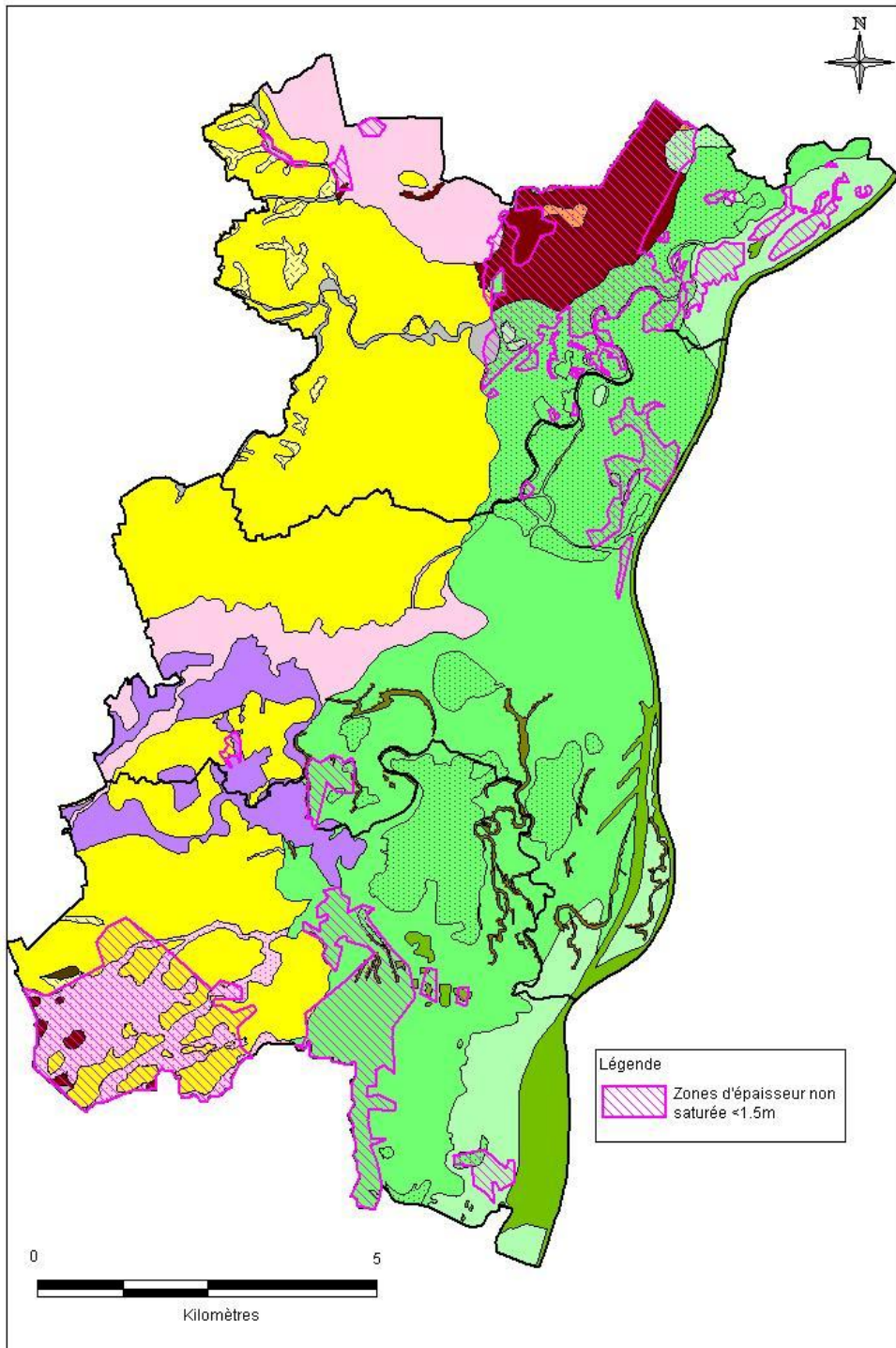


Illustration 32 : Représentation cartographique des zones non saturées d'épaisseur inférieures à 1,5 m

L'illustration 32 montre que les zones non-saturées inférieures à 1,5 m se situent au Sud-Ouest et au Sud en accompagnement du réseau hydrographique en connexion avec la nappe phréatique. La zone au Nord englobe, entre autre, les formations tourbeuses de faible épaisseur qui caractérisent la zone de Ried au Nord de Reichstett.

### **3.6. EPAISSEUR NON SATUREE SUPERIEURE A 3 M**

A l'opposé de l'identification précédente, la mise en évidence des zones dont l'épaisseur non saturée est supérieure à 3 m constitue un critère positif. Ce seuil d'épaisseur dans le cas des formations perméables est un élément indicateur caractérisant un trajet d'infiltration de l'eau vers la nappe après l'installation d'un massif filtrant. Ces zones ont ainsi été mises en évidence selon le même principe que les zones d'épaisseur non saturée inférieure à 1.5 m.

Les résultats sont présentés sur les illustrations 33 à 35.

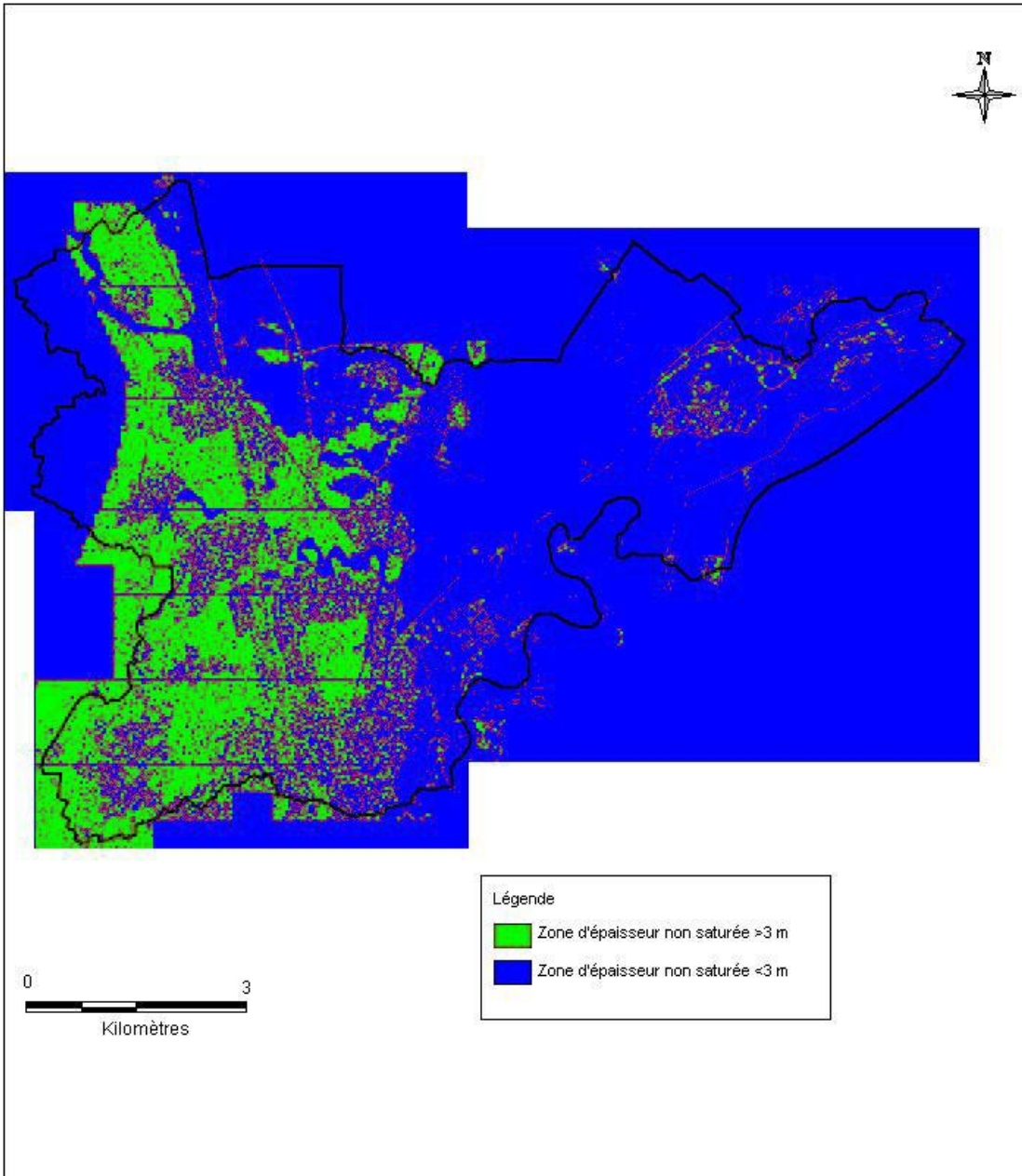
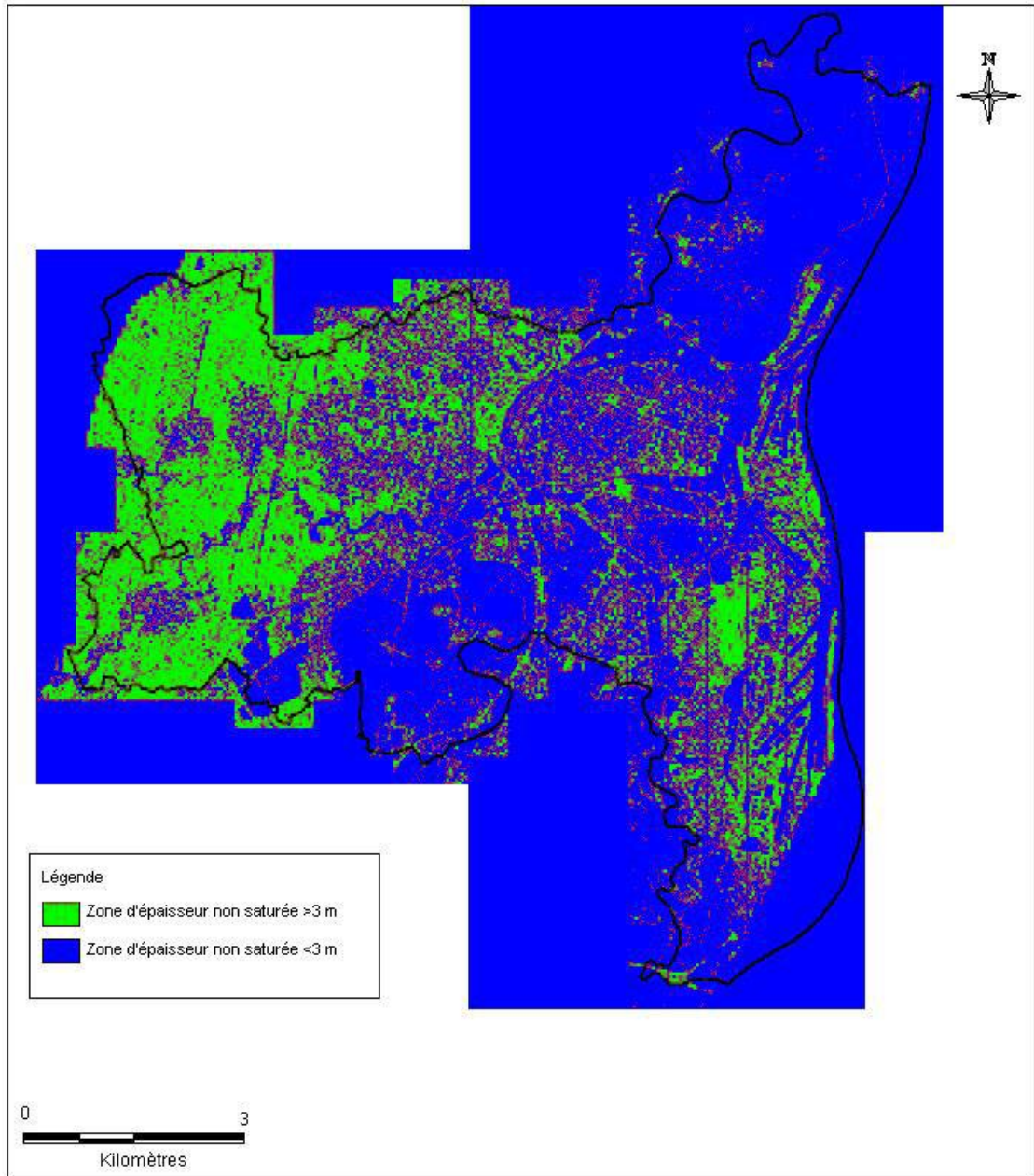
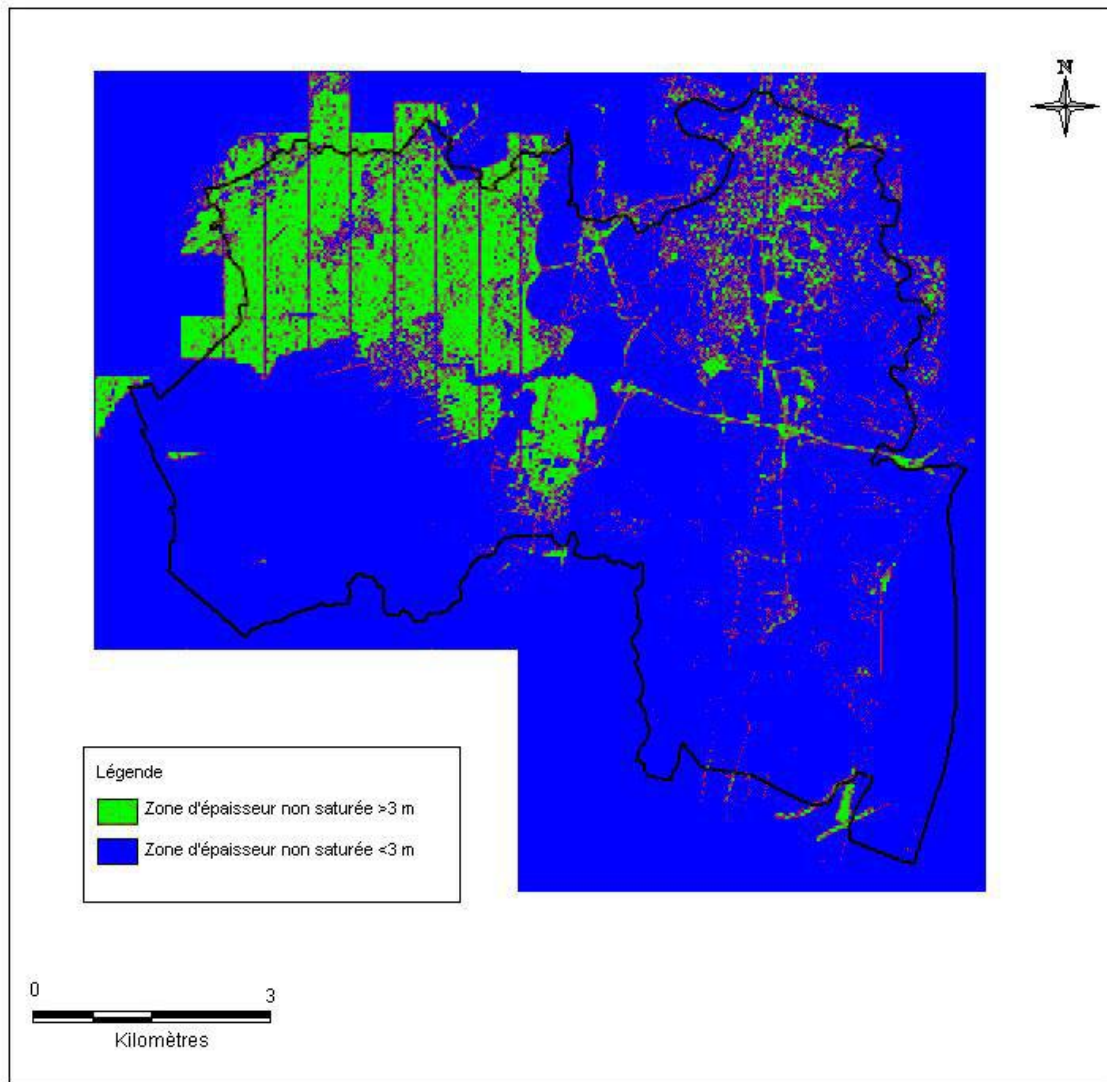


Illustration 33 : Représentation cartographique des zones non saturées d'épaisseur supérieure à 3 m, Partie Nord



*Illustration 34 : Représentation cartographique des zones non saturées d'épaisseur supérieure à 3 m, Partie Centre*



*Illustration 35 : Représentation cartographique des zones non saturées d'épaisseur supérieure à 3 m, Partie Sud*

L'illustration 36 présente le résultat de la délimitation de ces zones. L'essentiel des zones non saturées d'épaisseur supérieure à 3 m se situe au niveau de la terrasse de loess et au niveau de certains remblais, notamment au niveau du port du Rhin.

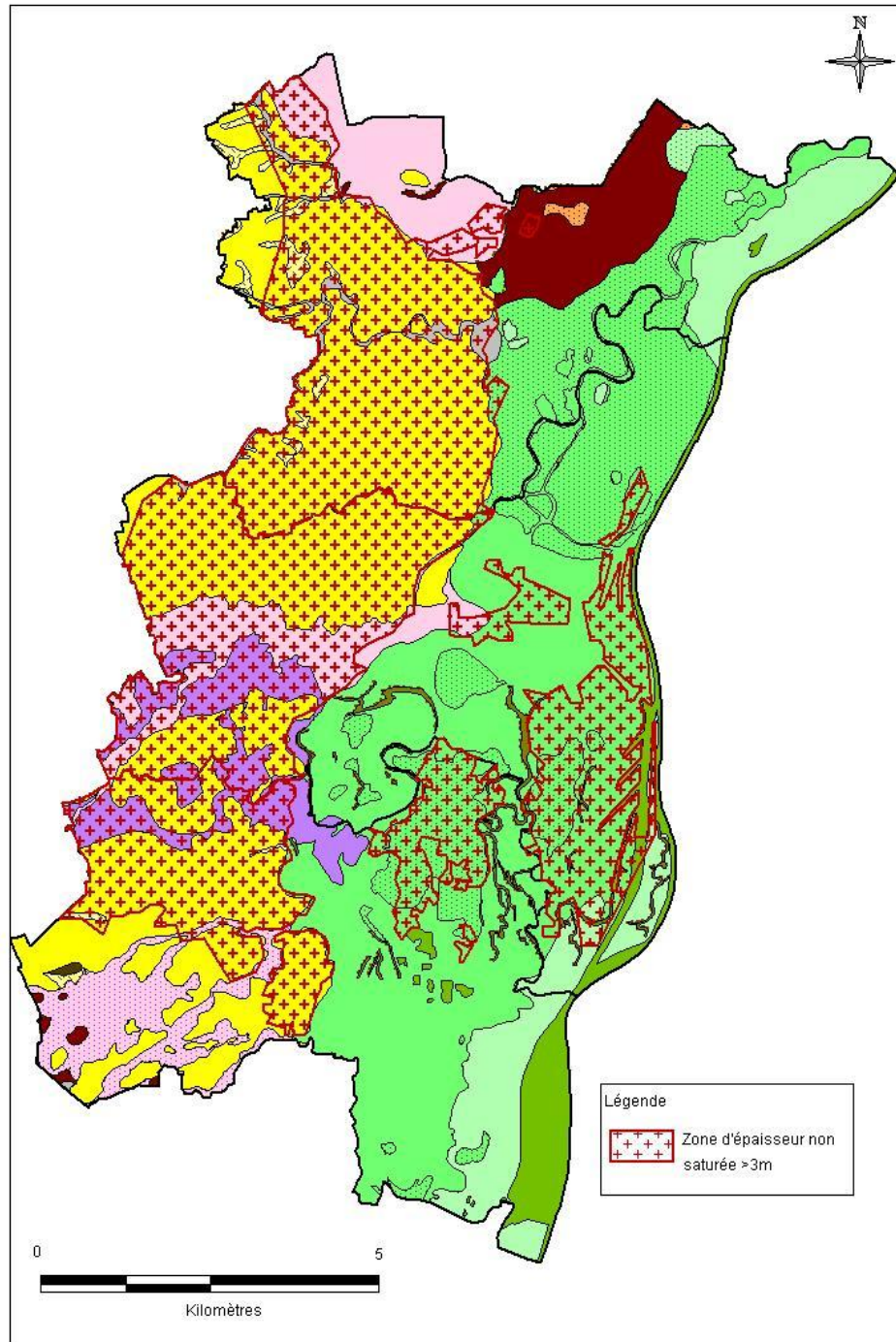


Illustration 36 : Représentation des polygones des zones non saturées d'épaisseur supérieure à 3 m

### **3.6.1. Les formations superficielles imperméables**

La description des premières formations géologiques rencontrées s'organise donc en la superposition de deux « couches »: les formations superficielles (lœss, colluvions, tourbes, etc..) et les formations aquifères proprement dites (alluvions vosgiennes et rhénanes). Dans ce contexte, on peut se retrouver dans le cas d'une formation relativement imperméable surmontant une autre plus perméable. La première formation rencontrée est donc susceptible de constituer un écran significatif pour l'installation d'un système d'infiltration. L'épaisseur de la couche affleurante joue alors un rôle primordial. Il a été convenu au cours d'une réunion du comité de pilotage qu'au-delà de deux mètres d'épaisseur, la couche affleurante imperméable constitue une contrainte à la réalisation d'un dispositif d'infiltration. Les points suivants abordent cette problématique selon les formations.

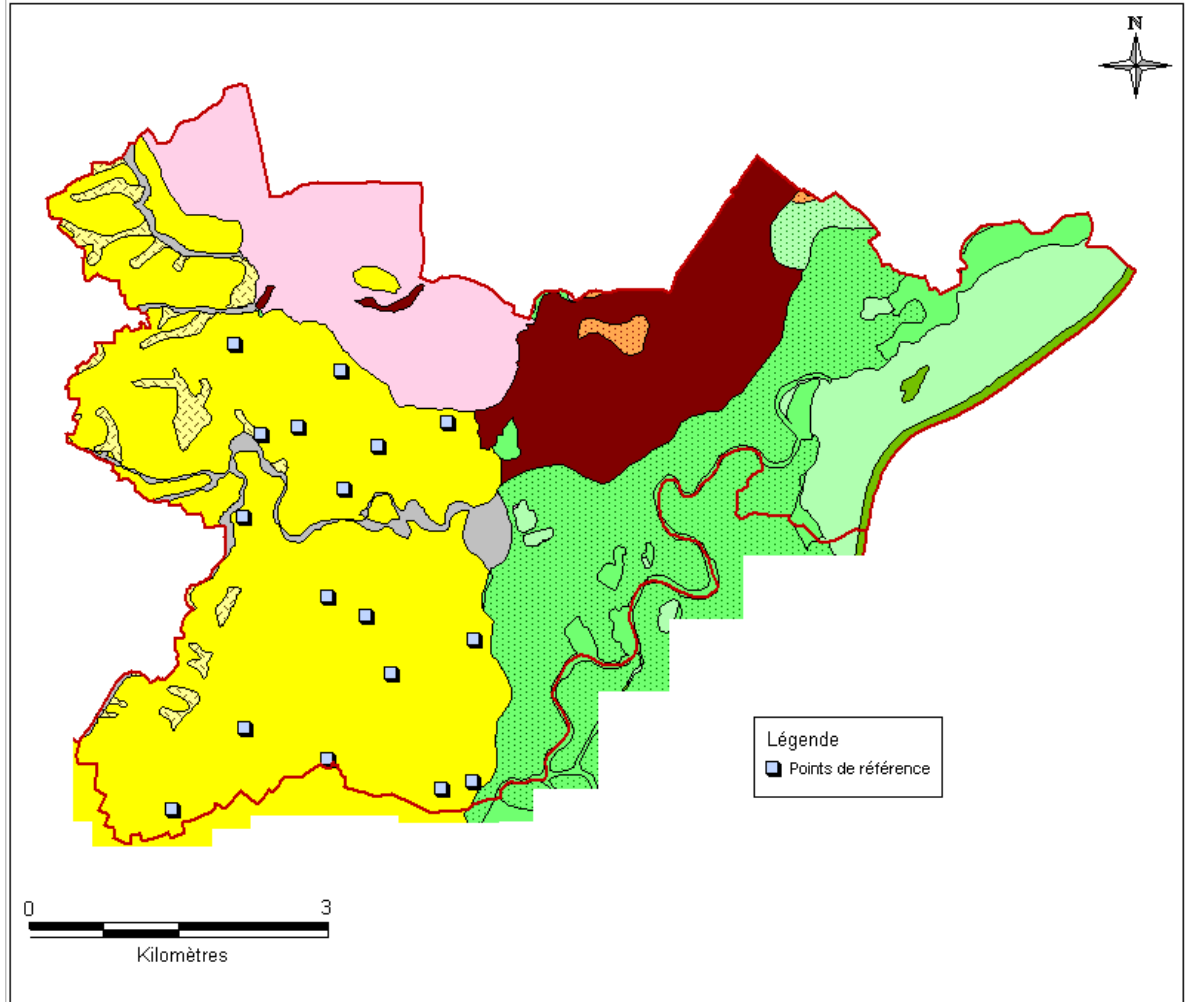
#### **a) La terrasse de lœss**

Le lœss est considéré dans notre étude comme une formation géologique moyennement perméable à peu perméable.

La carte géologique vectorisée apporte des indications générales quant à l'épaisseur des formations rencontrées. L'épaisseur des formations lœssique est en moyenne de 8 m pour l'Alsace. Cependant ces formations en terrasse accusent des variations importantes pouvant aller de quelques mètres à quelques dizaines de mètres. Localement les tables SIG manquent de précision.

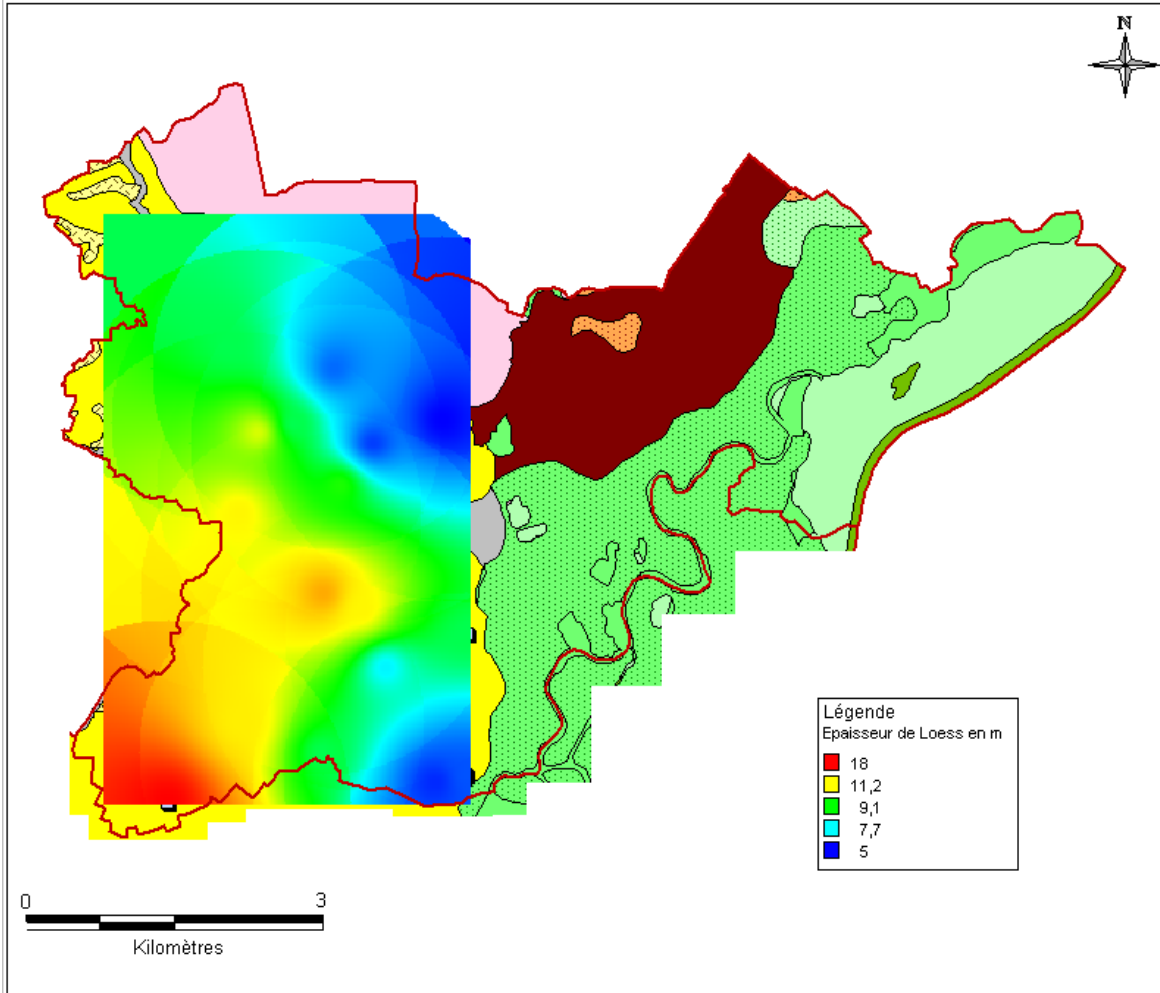
Afin de connaître l'épaisseur de lœss dans la zone Nord, les logs validés ont été utilisés. Les forages Fondasol ainsi que ceux du Laboratoire des Ponts et Chaussées ne se situent pour la plupart pas sur la terrasse de lœss. A partir de ces points, une analyse thématique a été réalisée afin d'obtenir une information continue de l'épaisseur de lœss. L'analyse thématique peut être considérée comme une interpolation des données ponctuelles. Cependant la partie nord-ouest de la terrasse de lœss n'a pu être traitée par manque de données. Son épaisseur a été malgré tout considérée comme importante.

La figure ci-après présente les points de référence ayant servi pour l'analyse thématique de l'épaisseur de loess :



*Illustration 37 : Sondages utilisés pour déterminer l'épaisseur de Loess*

Le résultat est représenté ci-après :



*Illustration 38* : Analyse thématique réalisée à partir des points de référence

La carte montre une diminution de l'épaisseur de la terrasse de loess du sud-Ouest vers le Nord- Est. .

Cet amincissement peut s'expliquer par la réduction naturelle des dépôts loessiques qui s'achèvent en limite Est.

L'épaisseur minimum des loess reste tout de même de 5m pour la terrasse nord dans son ensemble. La zone couverte par cette formation géologique sera donc considérée comme pouvant constituer un écran pour l'infiltration (formation peu perméable à moyennement perméable).

En ce qui concerne l'épaisseur des loess dans le centre et le Sud, le nombre réduit de données de forage n'a pas permis de réaliser une analyse thématique comme pour

le Nord. Cependant, l'épaisseur minimum relevée est de 2 m. Sur cette base, les formations loessiques des zones Centre et Sud ont été considérées comme significative pour l'évaluation globale de la perméabilité.

### **b) Autres formations géologiques**

Les tourbes très peu perméables (cf. tableau des illustrations 21 et 23) localisées au Nord ainsi qu'au Sud-Ouest, présentent, d'après la carte géologique vectorisée et d'après un sondage Fondasol, une épaisseur inférieure à 2m. La mise en place d'un système d'infiltration est donc envisageable. De ce fait, les zones d'affleurement de la tourbe ne sont pas considérées comme constituant une couche écran significative pour un système d'infiltration.

Il en est de même pour les limons rhénans décalcifiés très peu perméables, situés au Nord-Est, qui d'après la carte géologique vectorisée atteignent une épaisseur maximum de 0,8 m. Aucun élément d'information ponctuelle ne confirme cependant cette valeur.

Les limons rhénans localisés sur la moitié Est de la zone Nord présentent eux une épaisseur comprise entre 1 et 8 m. Toutes les données sur les forages présents sur cette zone ne renseignent pas la présence de limons rhénans. Le faible nombre de données ne permet pas de confirmer ponctuellement les épaisseurs de cette formation. Cette formation a été prise en tant que contrainte dans l'évaluation de la perméabilité.

Des enclaves de colluvions loessiques, réparties sur la couche de loess à l'Ouest de la zone Nord, de nature peu perméable possèdent une épaisseur pour le moment inconnue puisque ni la carte géologique ni les forages ne permettent de fournir cette information. Ces formations ont été prises en compte en tant que contraintes dans l'évaluation de la perméabilité.

### **3.6.2. Les formations superficielles perméables**

Dans le cas des sédiments fluviatiles holocènes de faible épaisseur (< 3 m) et de bonne perméabilité il convient de considérer la perméabilité des formations sous-jacentes.

### **3.6.3. Choix de la légende**

La légende a été élaborée en fonction des résultats trouvés mais également de façon à mettre en évidence les zones où l'infiltration des eaux pluviales est possible. Ainsi, six catégories ont été établies :

Perméabilité

1. Zone perméable
2. Zone moyennement perméable
3. Zone peu perméable
4. Zone imperméable

5. Zone peu perméable à perméable (alluvions sablo-graveleuses centre et sud, graviers vosgiens, limons vosgiens et sables vosgiens)
6. Zone peu perméable à moyennement perméable (lœss)

#### Remblai

- Zone de remblai dont on ne connaît pas la perméabilité, nécessitant des études complémentaires

#### Epaisseur non saturée

- < 1,5 m
- > 3 m

A la demande de la CUS figure le contour de la terrasse de lœss dont les propriétés de perméabilité sont assez faibles.

La classe intermédiaire « perméable à peu perméable » concerne essentiellement les sables vosgiens. Ceux-ci présentent un gradient de perméabilité localement très variable. Ainsi lors d'implantation d'installations d'infiltration, un ou plusieurs essais d'infiltration seront nécessaires préalablement, afin de vérifier que la capacité d'infiltration du terrain concerné.

Dans les formations « moyennement perméables » comme le lœss et les limons rhénans, il peut être techniquement envisageable, selon l'épaisseur rencontrée, de mettre en place des installations d'infiltration, en atteignant les formations sous-jacentes perméables. Toutefois, cela sera conditionné par la zone non saturée qui devra être suffisamment épaisse pour permettre une épuration des eaux avant d'atteindre la nappe.

### **3.6.4. Représentation et mise en forme**

L'objectif premier de ce travail de synthèse était de fournir une carte simplifiée des potentiels d'infiltration découpant le territoire de la CUS en zones favorables, défavorables ou nécessitant des études complémentaires. Le traitement des différentes couches d'information et leur superposition a cependant mis en lumière la difficulté d'aboutir à la représentation univoque prévue.

Au cours des réunions du comité de pilotage, il est apparu plus adapté de maintenir une cartographie détaillée gardant la possibilité d'identifier chaque contrainte. Cette lecture offre ainsi une information détaillée sur les difficultés locales qui devront éventuellement être résolues pour l'installation de systèmes d'infiltration. Les illustrations suivantes décrivent la superposition de chaque paramètre pour aboutir à une carte synthétique finale

Les illustrations 39 à 42 décrivent l'ajout successif des différentes contraintes. L'illustration 43 synthétise l'ensemble des informations.

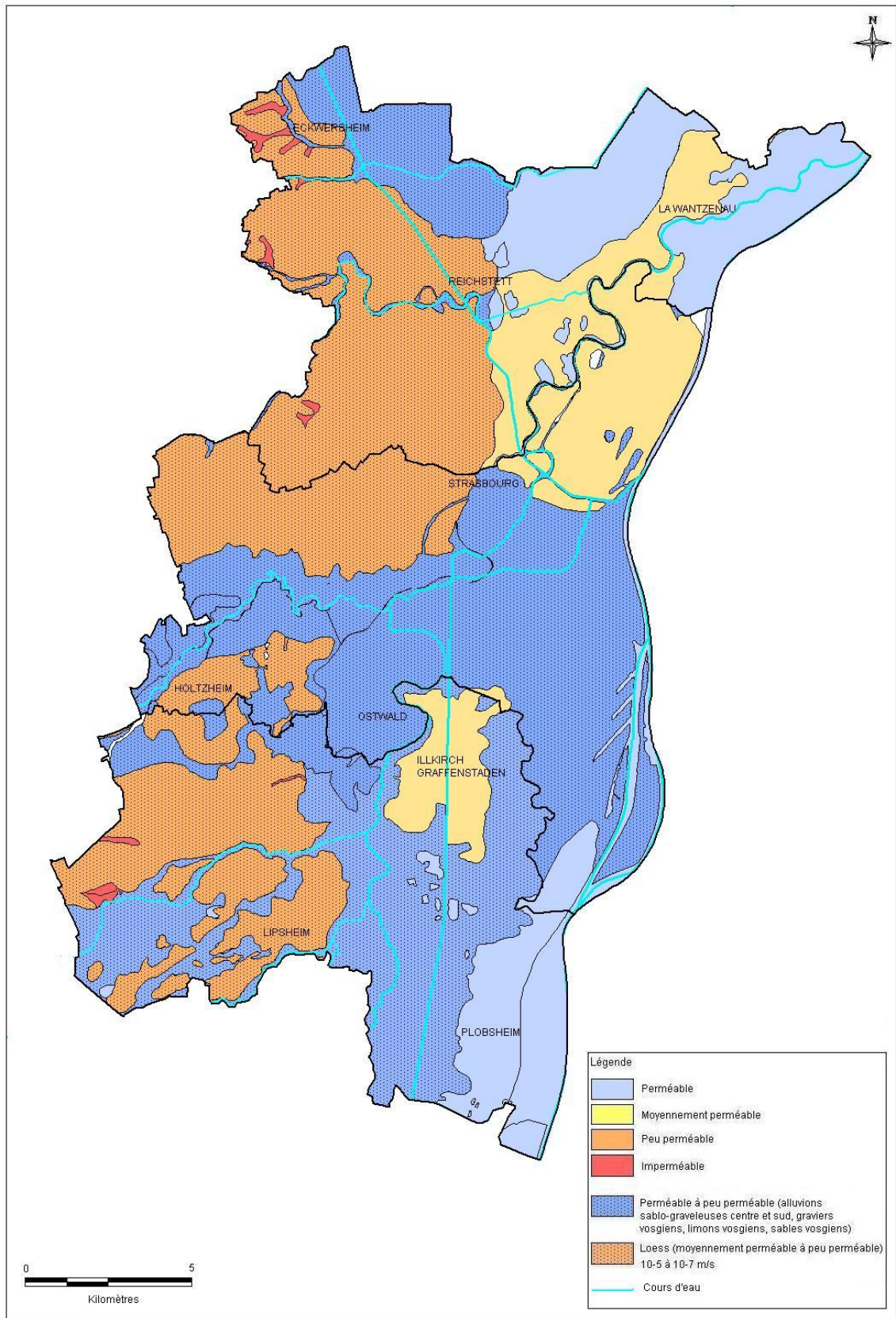


Illustration 39 : Carte de perméabilité de la CUS

Cette première couche d'information basée uniquement sur la perméabilité des formations rencontrées isole nettement les formations lœssiques moyennement perméables à perméables. Les zones moyennement perméables au Nord de Strasbourg et sur la commune d'Illkirch-Graffenstaden correspondent à l'emprise des limons rhénans. Les affleurements sur le reste du territoire se partagent entre les alluvions vosgiennes de perméabilité très variables et les alluvions rhénanes perméables. Ces dernières qui indiquent d'emblée une bonne capacité à l'infiltration se limitent cependant aux parties limitrophes Nord et Sud de la CUS.

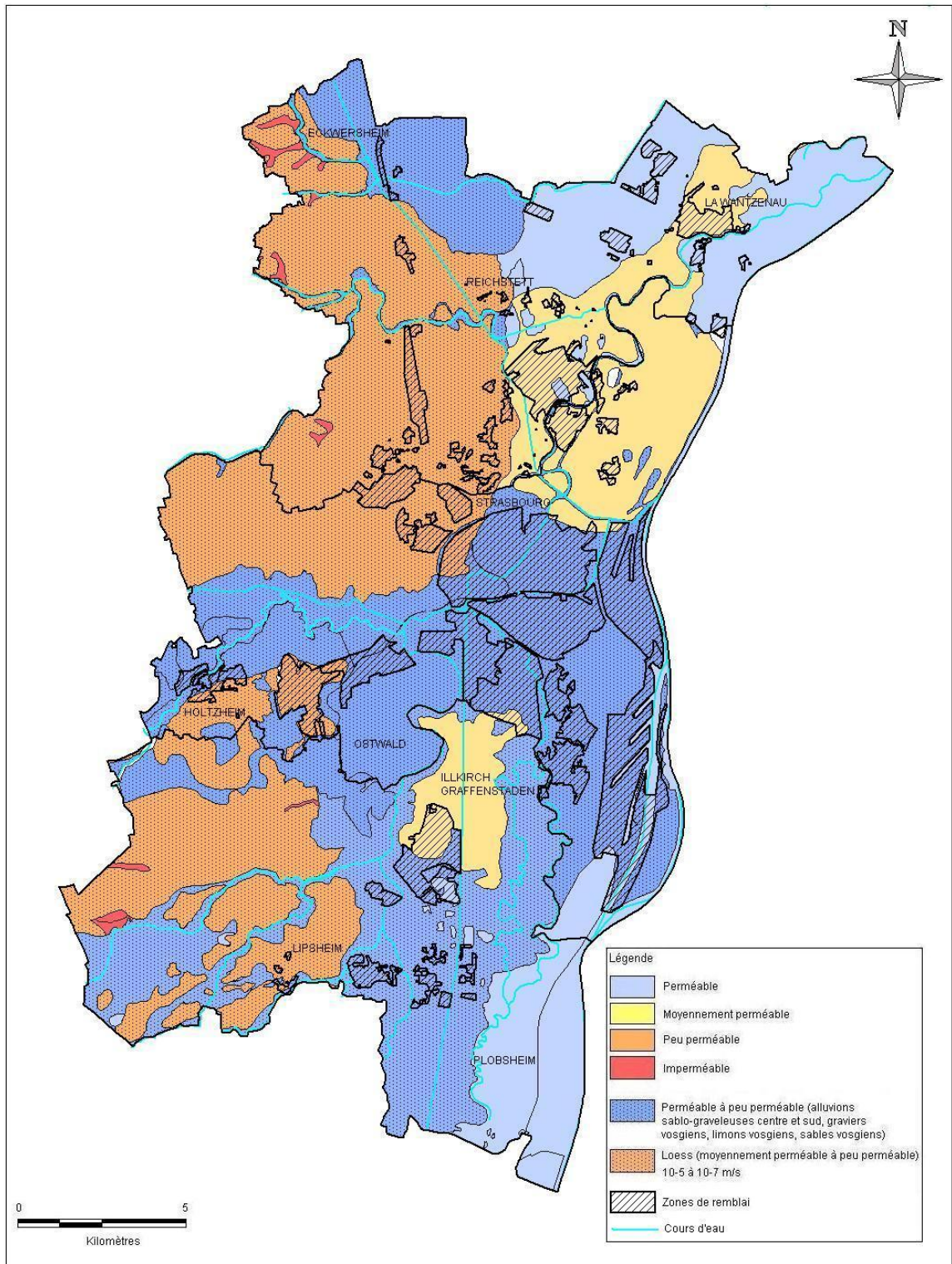


Illustration 40 : Carte de perméabilité et remblais de la CUS

La superposition des zones de remblais (illustration 40) marque l'emprise des agglomérations et de certaines zones industrielles comme celle du Port Autonome de Strasbourg qui longe le Rhin à l'Est de Strasbourg et d'Illkirch-Graffenstaden. Comme évoqué précédemment au chapitre 3.3, cet élément constitue avant tout un élément d'incertitude devant amener à des études complémentaires afin de caractériser cette formation anthropique.

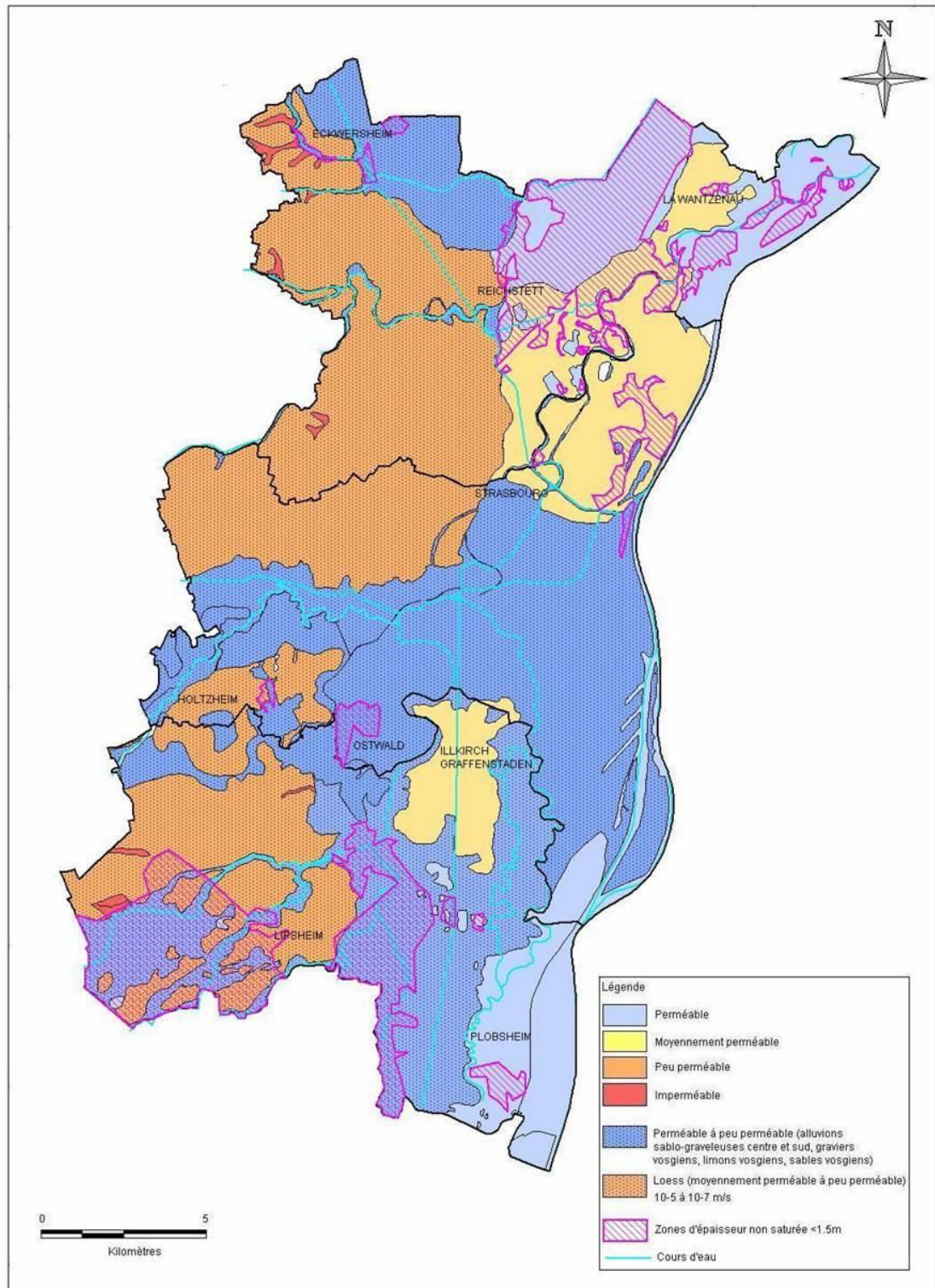


Illustration 41 : Carte de perméabilité des formations superficielles et des zones non saturées d'épaisseur <1,5 m de la CUS

L'illustration 41 ajoute une information concernant les zones non-saturées inférieures à 1,5 m. Elles se situent au Sud-Ouest et au Sud en accompagnement du réseau hydrographique en connexion avec la nappe phréatique (entre autre L'Ehn et l'III). La zone au Nord recouvre globalement la partie occupée par les alluvions rhénanes perméables.

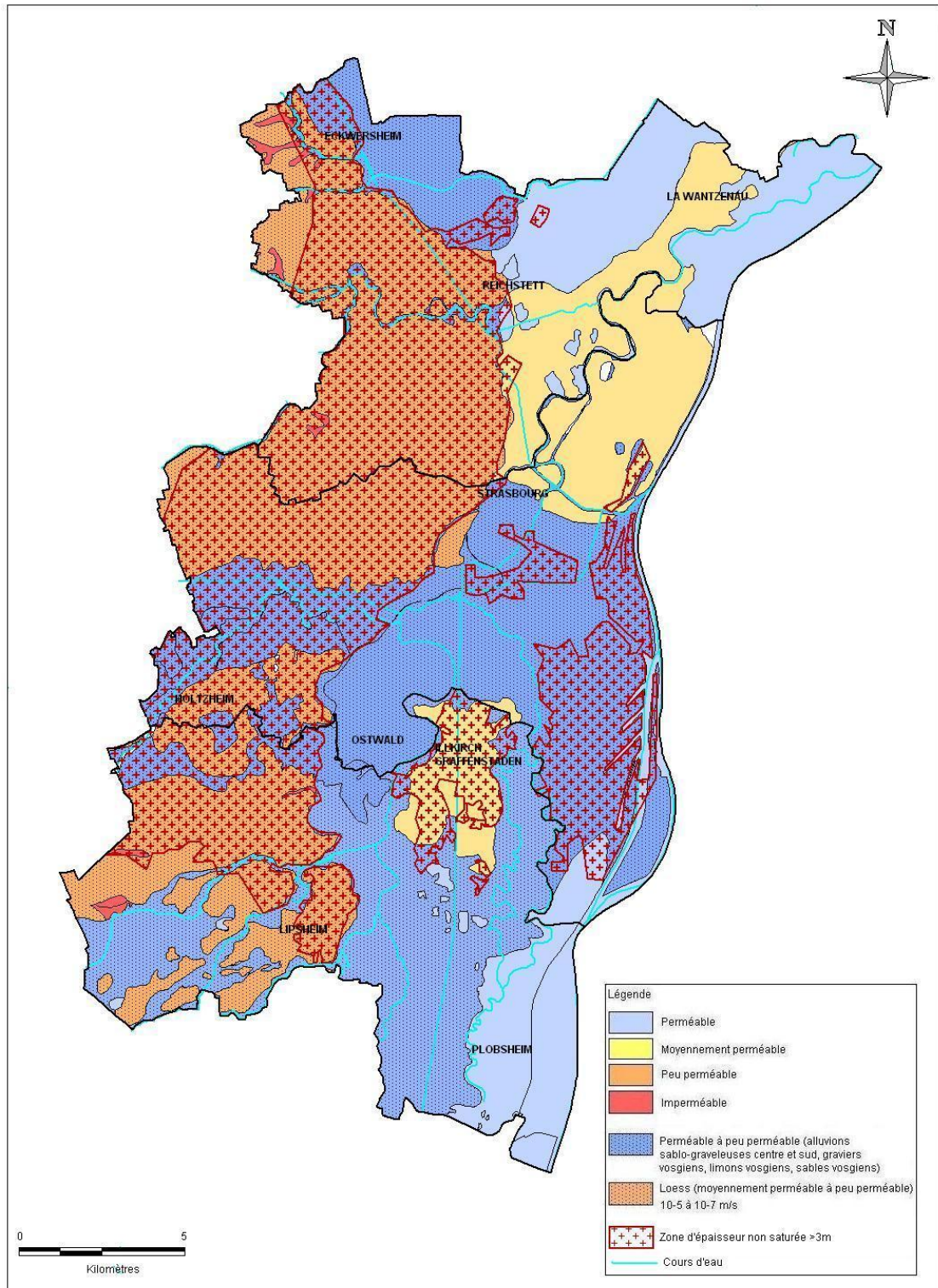


Illustration 42 : Carte de perméabilité des formations superficielles et des zones d'épaisseur non saturée >3 m de la CUS

Sur la carte de l'illustration 42 sont rajoutées les zones non-saturées d'épaisseur supérieure à 3 m. Comme décrit précédemment dans le chapitre 3.5.2, il s'agit ici d'un critère positif pour l'infiltration. Globalement, celles-ci recouvrent les formations loessiques à l'Ouest et une partie des zones remblayées.

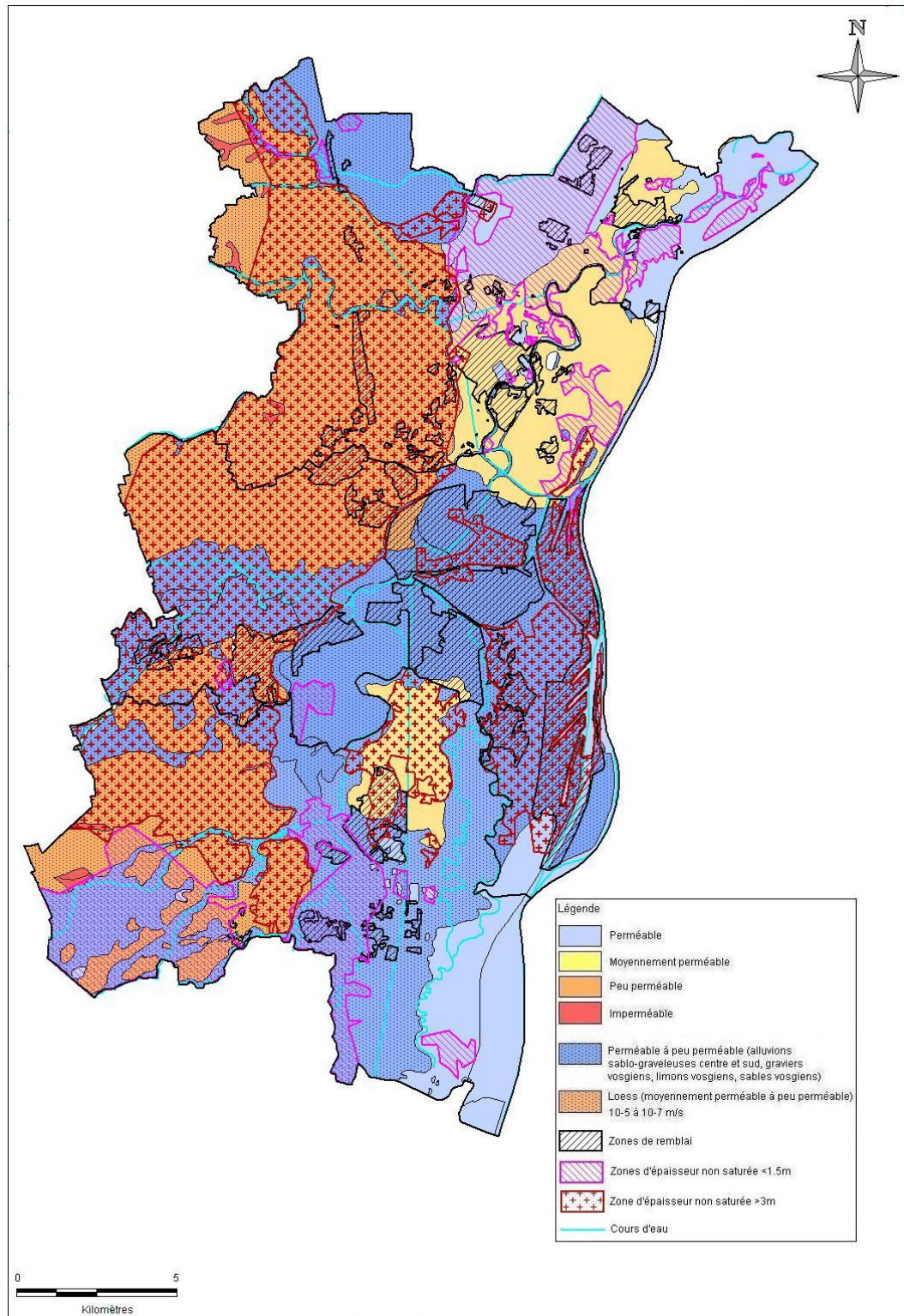


Illustration 43 : Carte de perméabilité des formations superficielles sur le territoire de la CUS contenant l'ensemble des paramètres

### 3.7. RESULTATS

L'objectif de cette étude n'est pas de formuler des avis ou des recommandations définitives concernant l'installation de systèmes d'infiltration mais de fournir les principaux éléments d'appréciation concernant les difficultés techniques pouvant être rencontrées. Ces critères sont d'ordre hydrogéologique (perméabilité, parcours d'infiltration) ou topographique (point bas).

Il ressort de la compilation des différents critères d'estimation concernant les capacités d'infiltration sur le territoire de la CUS (voir illustration 43) que seule une partie relativement réduite semble d'emblée favorable. Il s'agit notamment de la partie Sud-Est occupée par les alluvions rhénanes entre le canal du Rhône au Rhin et la bordure Est limitée par le plan d'eau de Plobsheim et le Rhin. Hormis ce cas, on peut globalement considérer que chaque autre secteur nécessite la vérification locale d'une incertitude (perméabilité variables des formations, nature des remblais) ou encore la résolution des contraintes liées à la faible épaisseur de la zone non-saturée.

### 3.8. PRECISION

La carte géologique vectorisée a été établie au 1/25000<sup>e</sup>. Elle a servi de base à la carte pour la construction de la carte de perméabilité, également établie au 1/25000<sup>e</sup>. La carte de perméabilité établie constitue donc une carte d'ensemble, d'orientation générale qui demandera une approche plus détaillée à l'échelle parcellaire.

Parmi les informations collectées et traitées, quelques aspects demanderont une attention particulière dans le choix de l'emplacement pour des installations d'infiltration.

Certaines formations cartographiées présentent une variation de leur composition, même si dans leur occurrence moyenne on peut les considérer comme favorables à l'infiltration. Ainsi les alluvions rhénanes sont essentiellement constituées de galets et de sables, mais on y trouve toutefois des intercalations de sables, de limons et de tourbes. La perméabilité estimée pour cette formation géologique est approximative et est basée sur une composition « moyenne » donnée pour l'ensemble de cette formation. De fait cette perméabilité varie selon les secteurs. Cela impose donc localement des essais préalables de façon systématique

Il en est de même pour les alluvions vosgiennes. Ce terme est assez général et désigne des alluvions composées de sable rouge avec des intercalations de petits galets de quartz, à la stratification bien marquée au Nord, et des galets de granite, de gneiss, de schistes, de sables et des limons à la stratification peu marquée au Sud (BIRTLE, ELSASS, 2006).

En ce qui concerne l'identification des remblais, les résultats obtenus sont d'ordre général et demanderont également une vérification de terrain. D'autre part, en l'absence d'information sur leur composition, aucune estimation de leur perméabilité n'a pu être faite.

## 4. Conclusion

L'utilisation d'une majorité d'informations numériques, qu'il s'agisse d'informations surfaciques (géologie, piézométrie, topographie) ou bien de données ponctuelles (géologie, perméabilité) a permis de procéder à une série de traitement SIG en un temps relativement court. Chaque paramètre a pu ainsi être traduit par une couche d'information particulière. La représentation cartographique de l'ensemble des couches d'information constitue ainsi la première étape d'une analyse multicritère qui se poursuivra au-delà de la présente étude.

Concrètement, les données collectées et traitées ont permis de délimiter de grands ensembles cohérents à partir de contraintes simples. Dans ce contexte on a pu constater une bonne corrélation entre les données surfaciques et ponctuelles (perméabilités estimées et observées, présence de remblais).

Il ressort de la compilation des différents critères d'estimations concernant les capacités d'infiltration sur le territoire de la CUS que seule une partie relativement réduite semble d'emblée favorable. Il s'agit notamment de la partie Sud-Est occupée par les alluvions rhénanes entre le canal du Rhône au Rhin et la bordure Est limitée par le plan d'eau de Plobsheim et le Rhin. Hormis ce cas, on peut globalement considérer que chaque autre secteur nécessite la vérification locale d'une incertitude (perméabilité variable des formations, nature des remblais) ou encore la résolution des contraintes liées à la faible épaisseur de la zone non-saturée.

La cartographie de perméabilité des formations superficielles de la CUS constitue un premier outil de planification d'installations d'infiltration des eaux pluviales. Il ne permet en aucun cas de s'affranchir d'une étude de sol, réalisée à l'échelle de la ou les parcelles concernées par un projet, qui est nécessaire pour déterminer l'efficacité de l'infiltration et au dimensionnement de l'installation d'infiltration.

Cette première approche basée sur l'estimation de la perméabilité et l'épaisseur des formations au-dessus de la nappe constitue un des paramètres de la faisabilité de l'installation de systèmes d'infiltration. Les résultats obtenus devront être complétés par l'analyse d'autres critères (secteurs de sols et nappes pollués, profondeur de la nappe en périodes pluvieuses, état d'engorgement du réseau d'assainissement et zone d'urbanisation futures, etc..).



## 5. Bibliographie

### Ouvrages papier

ADOPTA, 2006. Fiche technique n°1 : les puits d'infiltration, 2p.

BIRTLER C., ELSASS P., 2006. Région Alsace. *Banque Régionale de l'Aquifère Rhénan – Programme 2003-2006*. Rapport final, Rapport BRGM/RP-54876-FR, 104 p.

CAMPY M., MACAIRE J.-M., 2003. *Géologie de la surface - Erosion, transfert et stockage dans les environnements continentaux*. Dunod, Paris.

Communauté d'Agglomérations du Pays de Montbéliard, 2001. *Guide de gestion des eaux pluviales*, 19p.

Communauté Urbaine de Lyon, 2008. *Aménagement et eaux pluviales sur le territoire du grand Lyon*, 60p.

Communauté Urbaine de Strasbourg, 2009. *Règlement d'assainissement collectif*, 58 p.

DEMARCIN et al. 2009. *Essais de cartographie des classes d'infiltrabilité des sols de Wallonie*. Biotechnol. Agron. Soc. Environ., p.119-128

GUILLOAN Anne et al., 2010. *Cartographie de l'infiltrabilité à l'échelle du Département des Hauts-de-Seine (170km<sup>2</sup>) pour l'aide au choix d'une technique de maîtrise des eaux pluviales à la source*. Novatech, 9p.

Grand Lyon - Fiche n°04 : Puits d'infiltration, 4p.

HATRIVAL JN., 1991. *PER de la région d'Epernay – Commune d'Epernay établissement de la carte des « risques »*. Rapport final, Rapport BRGM/ RP-32556-FR, 25p.

HOTLING B., 1992. *Hydrogéologie*. Enke, Stuttgart.

PREFECTURE DU BAS-RHIN, 2008. MISE 67. Gestion des eaux pluviales issues d'une imperméabilisation nouvelle.

RENARD F., RIQUIER J., 2008. *Analyse territorialisée du risque de débordements de réseau d'assainissement liés aux eaux pluviales : application au Grand Lyon*. Norois, 2008/3 n° 208, p. 45-60.

ROUX J.-L., 2006. *Aquifère des eaux souterraines de France*, Editions BRGM, Orléans, Tome 1, p 09-474.

Service Géologique Régional Alsace, 1982. *Amélioration de système de protection contre les crues du Rhin sur le secteur Beinheim - Compte rendu des sondages et mesures de perméabilité des limons de surface.*

Service Géologique du Bade – Wurtemberg & BRGM, 1999. Carte géologique Strasbourg – Kehl 1/25 0000

TOULET F., LIHRMANN D., APRONA, 2009. Suivi piézométrique. Rapport de synthèse année 2009, 37p.

URBAN S. et KELKOUL M., 2010. *Analyse multicritères des grandes zones remblayées de la CUS.* Qualité des sols et risques pour la nappe. Rapport BRGM/RP-57754-FR. 44p, 10 ill., 2 ann.

VASLET D., RAYMOND D., FERAUD J., 2005. *De la carte d'hier à celle d'aujourd'hui.* Géochronique n°96, p.13 – 36.

WERNERT Paul. *Circonscription de Strasbourg.* Gallia préhistoire. Tome 1, 1958. pp. 104-107.



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34

**Service géologique régional Alsace**  
15, rue Tanin  
BP 70177 - Lingolsheim  
67834 – Tanneries cedex - France  
Tél. : 03 88 77 48 90