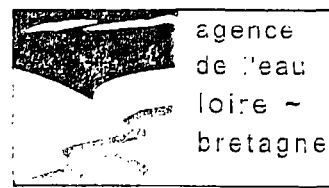




Ministère de l'Economie,  
des Finances et de l'Industrie



Secrétariat  
d'Etat à l'Industrie



DOCUMENT PUBLIC

## *Vulnérabilité des nappes d'eau souterraines en Eure-et-Loir*

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 97-D-526

août 1998  
R 39518



# SOMMAIRE

## Rapport

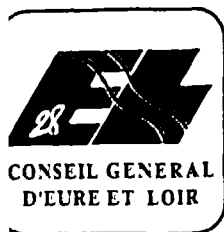
### *Vulnérabilité des nappes d'eau souterraines en Eure-et-Loir*

## Planches

- Pl. 1 - Schéma et hypothèses de calcul de  $(R + r)$  recharge des nappes et ruissellement superficiel
- Pl. 2 - Précipitations d'automne, d'hiver et du mois de mars ; moyennes sur la période 1961-1990
- Pl. 3 - Evapotranspiration potentielle d'automne, d'hiver et du mois de mars ; moyenne sur la période 1961-1990
- Pl. 4 - Occupation du sol
- Pl. 5 - Pourcentage de sols nus dans les terres arables
- Pl. 6 - Pluie moins évapotranspiration réelle (modèle Agronoé) ; moyenne sur la période 1961-1990 entre septembre et mars
- Pl. 7 - Réserve utile des sols
- Pl. 8 - Recharge plus ruissellement (pluie moins évapotranspiration réelle moins réserve utile)
- Pl. 9 - Modèle numérique de terrain (MNT)
- Pl. 10 - Carte des pentes
- Pl. 11 - Modèle de drainage
- Pl. 12 - Carte des formations géologiques
- Pl. 13 - Types de perméabilité des formations géologiques affleurantes
- Pl. 14 - MNT ombré et phénomènes karstiques
- Pl. 15 - Contour des nappes exploitées et captages pour eau potable
- Pl. 16 - Carte du niveau des nappes exploitées
- Pl. 17 - Epaisseur des formations géologiques au-dessus des nappes exploitées
- Pl. 18 - Vulnérabilité intrinsèque
- Pl. 19 - Carte des teneurs en nitrate
- Pl. 20 - Sources de pollution potentielle
- Pl. 21 - Vecteurs de pollution potentielle : carrières, forages, sondages, puits, réseau ferroviaire, zones inondables
- Pl. 22 - Vecteurs de pollution potentielle : autoroutes, routes nationales, routes départementales ; trafic moyen journalier en 1995

## Carte hors-texte

### *Vulnérabilité et risque de pollution des premières nappes d'eau souterraines exploitées - Echelle 1/100 000*



Ministère de l'Economie,  
des Finances et de l'Industrie



Secrétariat  
d'Etat à l'Industrie



DOCUMENT PUBLIC

## *Vulnérabilité des nappes d'eau souterraines en Eure-et-Loir*

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 97-D-526

août 1998  
R 39518



Mots-clés : Eaux souterraines, Vulnérabilité, Pollution, Eure-et-Loir.

BRGM (1998) - Vulnérabilité des nappes d'eau souterraines en Eure-et-Loir.  
Rap. BRGM R 39518, 94 p., 2 fig., 13 tabl., 8 ann., 22 pl. (vol. annexé), 1 carte murale.

© BRGM, 1998 : ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.



## Synthèse

La cartographie numérique multicritère connaît actuellement un développement car elle fournit les éléments d'information sur de grandes étendues de territoire et permet d'associer des données d'origines diverses pour orienter les choix d'aménagement.

La cartographie de la vulnérabilité des nappes d'eau souterraines en Eure-et-Loir a été réalisée dans le cadre d'une convention établie en juillet 1996 entre le BRGM et le Conseil général, maître d'ouvrage. Son financement a été apporté par le ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie sur dotation de Service public du BRGM, les agences de l'eau Seine-Normandie et Loire-Bretagne, et le Département.

Le Service géologique régional Centre s'est vu confier la cartographie à 1/100 000, des données recensées auprès des administrations et organismes publics. Le pilotage de l'étude a été assuré par un comité composé des représentants du Département, des services de l'État et des agences de l'eau. Un groupe de travail formé d'agronomes, pédologues, géologues et hydrogéologues, a largement contribué à la sélection des critères à prendre en compte et à leur organisation dans l'architecture d'une base de données informatisées.

Le travail aboutit à une carte murale du département à l'échelle du 1/100 000 qui présente la vulnérabilité intrinsèque des aquifères (ou défaut de défense naturelle contre les pollutions) et les facteurs d'origine anthropique, susceptibles de les polluer de manière accidentelle (pression polluante). Pour atteindre l'objectif, le travail a consisté à dresser un bilan des connaissances sur les milieux physiques et l'occupation des sols. De nombreuses données ont été rassemblées, traduites en cartographies élémentaires, avant d'être combinées entre elles. Plusieurs disciplines sont concernées : climatologie, topographie, pédologie, agronomie, géologie, hydrogéologie, etc. La collecte des données a aussi porté sur les sources et les vecteurs de pollutions potentielles : contamination par les nitrates, décharges d'ordures ménagères, dépôts d'engrais liquides, sites pollués connus, stations d'épuration, installations classées, réseaux de transports routiers et ferroviaires, oléoduc, zones urbaines, industrielles et commerciales, carrières, forages, sondages, puits, zones inondables, etc. Le travail de synthèse ainsi réalisé propose une cartographie de sensibilisation et d'aide à la décision pour l'aménagement du territoire. Il ouvre la voie à une valorisation des connaissances qui dépasse largement le thème traité. Il met aussi l'accent sur les déficits de connaissance qui méritent d'être compensés pour assurer une gestion équilibrée de l'espace.

## Sommaire

|                                                                                                                                                      |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Introduction .....</b>                                                                                                                            | <b>9</b>  |
| <br><b>1. Cadre méthodologique de l'étude.....</b>                                                                                                   | <b>11</b> |
| 1.1. La vulnérabilité des eaux souterraines aux pollutions ; conception, estimation, cartographie .....                                              | 11        |
| 1.2. Cartographies multicritères et vulnérabilité des aquifères en Eure-et-Loir.....                                                                 | 12        |
| 1.3. Principales sources d'information utilisées.....                                                                                                | 13        |
| <br><b>2. Vulnérabilité intrinsèque : traitement des données, constitution des niveaux d'information et architecture de la base de données .....</b> | <b>15</b> |
| 2.1. Calcul et cartographie du stock d'eau disponible pour la recharge des nappes et le ruissellement superficiel (R + r) .....                      | 15        |
| 2.1.1. Choix de la méthode de calcul de la recharge et du ruissellement.....                                                                         | 15        |
| 2.1.2. Abandon du calcul par modélisation hydrodynamique.....                                                                                        | 16        |
| 2.1.3. Principe du calcul par bilan hydrique .....                                                                                                   | 16        |
| 2.1.4. Méthode retenue : bilan hydrique simplifié tenant compte des pratiques culturales .....                                                       | 18        |
| 2.2. Topographie, modèle numérique de terrain (MNT), cartographie des pentes et modèle de drainage.....                                              | 30        |
| 2.3. Géologie, types de perméabilité des formations géologiques affleurantes, phénomènes karstiques.....                                             | 32        |
| 2.3.1. Grands traits géologiques du département.....                                                                                                 | 32        |
| 2.3.2. Histoire géologique des dépôts correspondants.....                                                                                            | 33        |
| 2.3.3. Les formations géologiques d'Eure-et-Loir.....                                                                                                | 34        |
| 2.3.4. Cartographie.....                                                                                                                             | 38        |
| 2.3.5. Les types de perméabilité des formations géologiques affleurantes.....                                                                        | 39        |
| 2.3.6. Les phénomènes karstiques.....                                                                                                                | 39        |

|                                                                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.4. Hydrogéologie, piézométrie et épaisseur des formations géologiques au-dessus des nappes exploitées .....               | 40        |
| 2.4.1. Les principaux aquifères du département .....                                                                        | 40        |
| 2.4.2. Contour des nappes exploitées.....                                                                                   | 45        |
| 2.4.3. Cote piézométrique ou niveau des nappes .....                                                                        | 45        |
| 2.4.4. Epaisseur des formations situées au-dessus des nappes exploitées .....                                               | 46        |
| 2.5. Combinaison des niveaux d'information, recherche de similitudes et image de la vulnérabilité intrinsèque .....         | 46        |
| <br><b>3. Agressivité anthropique, ou pression polluante : prise en compte des données disponibles et accessibles .....</b> | <b>49</b> |
| 3.1. Les contaminations chroniques et diffuses : carte des teneurs en nitrates.....                                         | 49        |
| 3.2. Les pollutions potentielles accidentelles .....                                                                        | 51        |
| 3.2.1. Les installations classées en activité contrôlées par la DRIRE.....                                                  | 51        |
| 3.2.2. Les sites pollués connus et recensés .....                                                                           | 51        |
| 3.2.3. Les décharges .....                                                                                                  | 52        |
| 3.2.4. Les dépôts d'engrais liquide .....                                                                                   | 52        |
| 3.2.5. Les stations d'épuration.....                                                                                        | 52        |
| 3.2.6. Les canalisations de transport d'hydrocarbures liquides .....                                                        | 53        |
| 3.2.7. Les zones urbaines, industrielles et commerciales.....                                                               | 53        |
| 3.2.8. Les voies de communication.....                                                                                      | 54        |
| 3.2.9. Les autres vecteurs potentiels de pollution .....                                                                    | 54        |
| <br><b>Conclusion .....</b>                                                                                                 | <b>55</b> |
| <br><b>Bibliographie.....</b>                                                                                               | <b>57</b> |

## Liste des illustrations

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fig. 1 - Situation des bassins versants de la Rhône et de l'Ozanne .....                                                       | 30 |
| Tabl. 1 - Type d'occupation du sol et regroupement en classes pour l'affectation<br>des coefficients cultureux .....           | 22 |
| Tabl. 2 - Coefficients cultureux à appliquer à l'ETP dans la restitution<br>cartographique.....                                | 23 |
| Tabl. 3 - Pourcentage de sols nus (PSNU) dans chaque canton .....                                                              | 24 |
| Tabl. 4 - Types et classes de réserve utile des sols (RU).....                                                                 | 27 |
| Tabl. 5 - Comparaison des valeurs de $R + r$ obtenues par bilan hydrique<br>et par mesures d'écoulement .....                  | 29 |
| Tabl. 6 - Formations géologiques et types de perméabilité .....                                                                | 39 |
| Tabl. 7 - Grilles d'intervalles de valeurs dissemblables.....                                                                  | 47 |
| Tabl. 8 - Caractéristiques statistiques et géostatistiques des teneurs en nitrate<br>dans les trois principaux aquifères ..... | 50 |
| Tabl. 9 - Décharges recensées.....                                                                                             | 52 |
| Tabl. 10 - Dépôts d'engrais liquide.....                                                                                       | 52 |
| Tabl. 11 - Stations d'épuration recensées.....                                                                                 | 53 |

## Liste des annexes

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ann. 1 - Détail du calcul des coefficients cultureux pour les terres arables.....                                  | 60 |
| Ann. 2 - Calcul de $R + r$ sur les bassins versants de l'Ozanne à Trizay et de la Rhône<br>à Nogent-le-Rotrou..... | 62 |
| Ann. 3 - Interpolation des teneurs en nitrates par la géostatistique. ....                                         | 64 |
| Ann. 4 - Installations classées sélectionnées. ....                                                                | 71 |
| Ann. 5 - Sites pollués recensés. ....                                                                              | 72 |
| Ann. 6 - Décharges recensées.....                                                                                  | 73 |
| Ann. 7 - Dépôts d'engrais liquide .....                                                                            | 81 |
| Ann. 8 - Stations d'épuration .....                                                                                | 87 |

## Liste des planches

(volume annexé)

- Pl. 1 - Schéma et hypothèses de calcul de (R + r) recharge des nappes et ruissellement superficiel
- Pl. 2 - Précipitations d'automne, d'hiver et du mois de mars ; moyennes sur la période 1961-1990
- Pl. 3 - Evapotranspiration potentielle d'automne, d'hiver et du mois de mars ; moyenne sur la période 1961-1990
- Pl. 4 - Occupation du sol
- Pl. 5 - Pourcentage de sols nus dans les terres arables
- Pl. 6 - Pluie moins évapotranspiration réelle (modèle Agronoé) ; moyenne sur la période 1961-1990 entre septembre et mars
- Pl. 7 - Réserve utile des sols
- Pl. 8 - Recharge plus ruissellement (pluie moins évapotranspiration réelle moins réserve utile)
- Pl. 9 - Modèle numérique de terrain (MNT)
- Pl. 10 - Carte des pentes
- Pl. 11 - Modèle de drainage
- Pl. 12 - Carte des formations géologiques
- Pl. 13 - Types de perméabilité des formations géologiques affleurantes
- Pl. 14 - MNT ombré et phénomènes karstiques
- Pl. 15 - Contour des nappes exploitées et captages pour eau potable
- Pl. 16 - Carte du niveau des nappes exploitées
- Pl. 17 - Epaisseur des formations géologiques au-dessus des nappes exploitées
- Pl. 18 - Vulnérabilité intrinsèque
- Pl. 19 - Carte des teneurs en nitrate
- Pl. 20 - Sources de pollution potentielle
- Pl. 21 - Vecteurs de pollution potentielle : carrières, forages, sondages, puits, réseau ferroviaire, zones inondables
- Pl. 22 - Vecteurs de pollution potentielle : autoroutes, routes nationales, routes départementales ; trafic moyen journalier en 1995

## **Carte hors texte**

Département d'Eure-et-Loir

Vulnérabilité et risque de pollution des premières nappes d'eau souterraines  
exploitées

Echelle 1/100 000

## **Introduction**

Le département d'Eure-et-Loir a confié au BRGM la réalisation d'une étude ayant pour but une cartographie à 1/100 000 des nappes d'eau souterraines du département, en fonction de leur vulnérabilité et en prenant en compte les risques potentiels liés à l'existence d'installations industrielles, de dépôts de matières dangereuses, des grandes voies de communication et de tout autre aléa de pollution.

Le Service géologique régional Centre a été chargé de synthétiser les différents travaux déjà effectués sur le sujet, de recueillir les données et de localiser sur carte les sources et les vecteurs de pollution des nappes. Il a aussi été chargé d'élaborer les cartes sur l'ensemble du département et d'en assurer l'édition. Le travail réalisé doit contribuer à déterminer le degré de vulnérabilité des captages afin d'attirer l'attention sur les captages qui pourront faire l'objet d'études spécifiques ultérieures.

Le groupe de travail pluridisciplinaire mis en place pour les besoins de l'étude associait les hydrogéologues : Mme Duboulet de l'agence de l'eau Loire-Bretagne, M. Schmidt du conseil général d'Eure-et-Loir, M. Creuzot de la DIREN et les agronomes : MM. Alliot, Golaz et Servant des chambres d'agriculture d'Eure-et-Loir et du Cher. L'équipe technique du BRGM associait : MM. Bourguin et Maurizot : calculs, traitements et architecture de la base de données, Mmes Delfau et Fauray : restitutions cartographiques, MM. Giot, Maget, Martin et Albouy : géologie, hydrogéologie, coordination des tâches et synthèse finale, ainsi que M. Perraudin étudiant en DEA au cours de l'été 1996.

Le travail présenté comprend trois parties. La première expose le cadre méthodologique de l'étude, précise les notions de vulnérabilité des aquifères et fait état des sources d'informations utilisées. La seconde décrit l'architecture de la base de données conduisant à la carte de vulnérabilité intrinsèque des nappes exploitées. Elle présente les données brutes et les données traitées ainsi que les calculs ou les hypothèses retenues. La troisième recense les facteurs de pollution des nappes : état de la contamination diffuse et chronique par les nitrates, sources et vecteurs de pollutions accidentelles.

Le rapport d'étude est documenté par des tableaux, figures et annexes qui permettent de suivre la démarche. Il est illustré par de nombreuses planches et une carte murale en couleur destinées aux responsables institutionnels chargés de l'aménagement du territoire et de la protection du patrimoine naturel.





# 1. Cadre méthodologique de l'étude

## 1.1. LA VULNÉRABILITÉ DES EAUX SOUTERRAINES AUX POLLUTIONS : CONCEPTION - ESTIMATION - CARTOGRAPHIE

L'étude s'inspire des réflexions des experts du groupe de travail sur les eaux souterraines de l'Institut européen de l'eau, résumées par Jean Margat en 1991 et de celles du BRGM en 1996, sur la pertinence des critères d'évaluation de la vulnérabilité.

A la différence des eaux superficielles, toutes les eaux souterraines ne sont pas également et indifféremment exposées aux risques de pollution, certaines sont plus abritées, d'autres moins défendues suivant les conditions naturelles du sol et du sous-sol. Le concept de vulnérabilité des eaux souterraines aux pollutions tente donc d'expliquer les différences de défense des nappes et la sensibilité de la qualité de l'eau aux menaces de dégradation.

Dans l'étude présentée, *la vulnérabilité intrinsèque* dépend des caractéristiques des milieux naturels qui déterminent la plus ou moins grande facilité d'accès au réservoir et la propagation dans celui-ci, d'une substance considérée comme indésirable. Elle peut dépendre de la *pluie* qui parviendra à la nappe pour la recharger et des *reliefs* qui favorisent l'infiltration ou le ruissellement. Elle dépend aussi de *l'infiltration* à travers le sol et les formations géologiques jusqu'à la nappe. Elle est liée à la nature, à la structure, à l'épaisseur et à la perméabilité du sol et du sous-sol (milieu poreux, fissuré, fracturé, karstique...).

On a tenu à présenter séparément les conditions physiques naturelles d'une part, et les *faits polluants ou potentiellement polluants*, d'autre part. Les *aléas de pollution* engendrés par les activités humaines, sont plus ou moins localisables et probabilisables. Cette *agressivité anthropique ou pression polluante* est caractérisée par la *source* et le *vecteur* de la pollution. La source tient compte du polluant et des caractéristiques qui s'y rattachent : nature, toxicité, concentration, volume, protection du stockage. Les sources de pollution potentielles ou constatées sont nombreuses : sites et sols pollués, installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), friches industrielles, zones urbanisées, industrielles ou commerciales, décharges d'ordures ménagères, rejets d'eaux usées, occupation agricole, etc. Les vecteurs qui peuvent intervenir dans la propagation de la pollution sont multiples : principales voies de communication (autoroutes, routes nationales et départementales, voies ferrées, canaux), écoulements de surface (réseau hydrographique), crues des zones inondables, drains, points d'absorption, puits, cavités et forages.

La comparaison de la vulnérabilité intrinsèque et des aléas de pollution, vise à orienter les décisions de manière préventive dans les choix d'aménagement. En situation de crise, l'analyse de *sensibilité au risque de pollution* prend en compte les *aléas et les*

*enjeux* qui en dépendent en termes de prélèvements d'eau souterraine destinée à l'alimentation humaine. On évalue alors localement des *vulnérabilités spécifiques à des polluants et à des processus de pollutions définis*.

Il n'existe donc pas un seul type de vulnérabilité (s.l.) et les images que l'on peut en donner sont obligatoirement multiples puisqu'elles dépendent du type de polluant et de ses relations avec le milieu dans lequel il évolue.

L'étude présente la vulnérabilité des aquifères en tentant de simplifier suivant trois formes de pollution parmi les plus fréquentes ou les plus probables :

- pollutions diffuses et chroniques caractérisées par une continuité spatiale et temporelle. Ce sont essentiellement les pollutions liées aux amendements agricoles (nitrates) et aux produits phytosanitaires qui très souvent les accompagnent ;
- locales, caractérisées par une source fixe dans l'espace mais aléatoire dans le temps. Ce sont notamment les décharges et les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). La pollution potentielle est en général d'origine chimique ;
- pollutions accidentelles, mobiles et aléatoires dans l'espace et dans le temps. Ce type de pollution concerne principalement les épanchements d'hydrocarbures le long des voies de communication.

Il n'était pas possible de représenter toutes ces informations sur une seule carte. Ceci nous a conduit à présenter plusieurs documents cartographiques réduits à 1/500 000 sur planches au format A3. Une carte murale à 1/100 000 présente les aléas de pollution accidentelle et les captages destinés à l'alimentation en eau potable, sur fond de vulnérabilité intrinsèque des aquifères exploités.

## **1.2. CARTOGRAPHIES MULTICRITÈRES ET VULNÉRABILITÉ DES AQUIFÈRES EN EURE-ET-LOIR**

Les progrès informatiques et le développement des Systèmes d'Information Géographiques (SIG), permettent le traitement d'un nombre important de données et leur restitution sous la forme de cartes multicritères. Les données spatiales de sources multiples peuvent être analysées, traitées, transformées pour en extraire les caractéristiques principales. Celles-ci sont combinées pour produire de nouvelles cartes dérivées, utiles pour les prises de décisions. L'utilisation de données géoréférencées<sup>1</sup> de sources multiples est maintenant courante dans les études environnementales. Le processus de l'analyse multicritère est structuré autour de trois étapes principales :

---

<sup>1</sup> Données repérées dans l'espace par leurs coordonnées géographiques

- description du problème et collecte des données nécessaires à sa résolution ;
- traitements simples avec analyse des données, extraction des caractéristiques qui se rapportent au problème posé, superpositions et intersections ;
- classification statistique, modélisation, combinaison et pondération des données.

Les cartes de la vulnérabilité des nappes aux pollutions sont des cartes d'aide à la décision dans le choix des projets d'aménagement du territoire. Elles constituent une base d'information essentielle pour la gestion des ressources en eau, l'occupation des sols, l'évaluation des risques de pollution des nappes et des captages. Mais il s'agit de l'image de la réalité dont la précision et la fiabilité dépendront de la valeur des données prises en compte et des facteurs de pondération utilisés. Il s'agit donc de documents d'orientation qui reflètent un état des connaissances. Leur valeur est assurée de manière collective par les experts réunis au sein du groupe de travail.

L'image de la *vulnérabilité intrinsèque* des nappes en Eure-et-Loir repose sur la combinaison de cinq niveaux d'information :

- stock d'eau disponible pour le ruissellement superficiel et la recharge de la nappe ;
- topographie (qui conditionne le ruissellement et l'infiltration) ;
- zones de forte probabilité d'occurrence de phénomènes karstiques ;
- types de perméabilité des formations géologiques affleurantes ;
- épaisseur des formations au-dessus des nappes exploitées.

Chacun de ces niveaux résulte de traitements et de combinaisons plus ou moins complexes, exposés dans les chapitres qui suivent.

### 1.3. PRINCIPALES SOURCES D'INFORMATION UTILISÉES

La numérisation et l'intégration cartographique, concernent un nombre important de données fournies par plusieurs administrations et organismes publics :

- précipitations et évapotranspiration potentielle : Météo-France, Centre départemental d'Eure-et-Loir ;
- coefficients cultureux et saisonniers : chambre d'agriculture d'Eure-et-Loir ;
- pourcentage de sols nus dans les terres arables : chambre d'agriculture d'Eure-et-Loir ;
- occupation des sols (espaces boisés, terres arables, etc.) : IFEN<sup>2</sup> ;
- pédologie et réserve utile des sols : INRA<sup>3</sup> Centre de recherche d'Orléans et DEA de M. Perraudin ;

---

<sup>2</sup> Institut français de l'Environnement

<sup>3</sup> Institut National de la Recherche Agronomique

- modèle numérique de terrain (MNT) : IGN<sup>4</sup> ;
- formations géologiques affleurantes et indices karstiques ponctuels : BRGM ;
- perméabilité des formations géologiques affleurantes et limites des aquifères exploités : conseil général d'Eure-et-Loir ;
- cartes piézométriques des aquifères du département : agence de l'eau Loire-Bretagne, BRGM et conseil général d'Eure-et-Loir ;
- captages pour alimentation en eau potable (AEP) et teneurs en nitrates : DDASS<sup>5</sup> et conseil général d'Eure-et-Loir ;
- carte des zones inondables : DDE<sup>6</sup> ;
- carrières en activité, installations classées et sites pollués recensés par la DRIRE<sup>7</sup> ;
- stations d'épuration : conseil général ;
- décharges d'ordures ménagères : ADEME<sup>8</sup>, et conseil général d'Eure-et-Loir ;
- carrières recensées sur les cartes géologiques : BRGM ;
- réseau routier et autoroutier : DDE et conseil général d'Eure-et-Loir ;
- oléoducs : société Trapil.
- réseau des voies ferrées en exploitation : SNCF.

---

<sup>4</sup> Institut Géographique National

<sup>5</sup> Direction Départementale de l'Action Sanitaire et Sociale

<sup>6</sup> Direction Départementale de l'Équipement

<sup>7</sup> Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement

<sup>8</sup> Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

## **2. Vulnérabilité intrinsèque : traitement des données, constitution des niveaux d'information et architecture de la base de données**

### **2.1. CALCUL ET CARTOGRAPHIE DU STOCK D'EAU DISPONIBLE POUR LA RECHARGE DES NAPPES ET LE RUISSELLEMENT SUPERFICIEL(R + r)**

#### **2.1.1. Choix de la méthode de calcul de la recharge et du ruissellement**

Trois méthodes possibles ont été envisagées :

1. modélisation hydrodynamique ;
2. bilan hydrique établi pour une végétation type gazon ;
3. bilan hydrique tenant compte des pratiques culturales.

Le comité de pilotage du projet a retenu la troisième méthode. En effet :

- la première méthode, "modélisation hydrodynamique", n'a pas pu être retenue dans le cadre de ce projet en raison de ses coûts de mise en œuvre. Le lecteur intéressé trouvera des compléments d'information au chapitre 2.1.2 ;
- la deuxième méthode, c'est-à-dire le bilan hydrique pour un gazon, décrit au chapitre 2.1.3, ne prend pas en compte l'influence des pratiques culturales sur l'évapotranspiration. Compte tenu de l'importance de l'agriculture dans le département, on a souhaité introduire une modification à cette méthode. C'est donc la troisième méthode qui a été retenue : bilan hydrique tenant compte des pratiques culturales.

En effet (cf. chap. 2.1.3), le bilan hydrique fait intervenir le paramètre ETP (évapotranspiration potentielle), qui est une valeur de référence calculée pour une végétation de type gazon ou prairie. En présence de sols cultivés laissés nus pendant l'automne et l'hiver, l'évapotranspiration maximale possible est plus faible que l'ETP d'un gazon, d'un facteur qui peut atteindre 50 %. Sur certaines zones, notamment en Beauce, cela peut provoquer des variations du même ordre de grandeur sur la pluie efficace, et conduire à une sous-estimation de cette dernière. Sur proposition de la chambre d'agriculture d'Eure-et-Loir, et après accord du comité de pilotage du projet, on a choisi de mettre en œuvre un bilan hydrique simplifié au niveau du pas de temps du calcul (pour limiter les coûts du traitement), mais modifié pour prendre en compte les pratiques culturales.

L'objectif de cette méthode est d'obtenir non pas la valeur absolue exacte des pluies efficaces, et donc la recharge et le ruissellement, mais plutôt une estimation des pluies efficaces qui tienne compte des pratiques culturales très différentes d'un endroit à l'autre du département.

Le résultat ne doit donc pas être interprété en terme de valeur absolue, mais en terme de valeur relative d'un endroit à l'autre. Nous invitons fortement le lecteur à parcourir le chapitre 2.1.4., où est décrite la méthode utilisée, et où sont précisées clairement les hypothèses, les limitations et les avantages de la méthode.

Le lecteur non familier aux termes hydrogéologiques pourra se reporter tout d'abord au chapitre 2.1.3. où il trouvera une définition de ces termes.

### **2.1.2. Abandon du calcul par modélisation hydrodynamique**

La méthode la plus précise pour calculer la recharge des nappes<sup>9</sup> consiste à mettre en œuvre, sur un bassin versant donné, une modélisation hydrodynamique. Les modèles globaux, par calcul des relations pluie-débit des rivières, ou pluie-niveau de la nappe, permettent d'estimer, à l'échelle d'un bassin versant, la pluie efficace, la recharge et le ruissellement sur une année hydrogéologique. Des modèles locaux permettent également de modéliser des aquifères à un niveau de détail beaucoup plus fin. Dans le cadre de la présente étude, ces méthodes de calcul n'ont pas pu être utilisées pour des raisons de coûts de mise en œuvre. Une autre méthode a donc été adoptée. Cette méthode se base sur une estimation du bilan hydrique.

### **2.1.3. Principe du calcul par bilan hydrique**

Le bilan hydrique revient à comparer les précipitations, l'évapotranspiration, et le stock d'eau présent dans le sol pour en déduire les pluies efficaces, c'est-à-dire la quantité d'eau disponible pour la recharge des nappes et le ruissellement. La formule de calcul est la suivante :

$$P.E. = R + r = P - ETR - \Delta RU$$

(pendant un pas de temps  $\Delta t$ )

---

<sup>9</sup> Recharge = partie de la pluie efficace qui atteint la nappe

avec :

$P$  = Précipitations pendant l'intervalle de temps  $\Delta t$ .

$ETR$  = Evapotranspiration réelle pendant l'intervalle de temps  $\Delta t$ . C'est la quantité d'eau évaporée ou transpirée par le sol et la végétation, compte tenu du stock d'eau disponible.

$\Delta RU$  =  $RU(t+\Delta t) - RU(t)$  = variation de la réserve utile disponible des sols pendant  $\Delta t$  : à un temps  $t$  donné, le stock d'eau disponible utilisable par la plante  $RU(t)$  est compris entre 0 et la valeur maximale  $RU_{max}$ . La réserve utile (maximale)  $RU_{max}$  correspond à la valeur maximale de la quantité d'eau du sol utilisable pour la plante. Son estimation est commentée au 2.1.4.2. Elle est liée au potentiel de rétention d'eau des sols.

$P.E.$  =  $R + r$  = pluie efficace : part de la pluie qui sert à la recharge des nappes ( $R$ ) et au ruissellement ( $r$ ).

Ces quantités sont exprimées en épaisseur de lame d'eau équivalente (mm).

Le bilan hydrique s'effectue de la façon suivante, pour une végétation de type gazon :

1. On part du temps  $t_0$  pour lequel on connaît (ou on estime) la part de réserve utile  $RU(t_0)$  présente dans le sol (en effet la réserve utile fonctionne comme un réservoir qui peut être vide, plein, ou dans une situation intermédiaire).
2. Pendant un pas de temps  $\Delta t$  donné, on mesure les précipitations (donnée fournie par Météo-France), et on calcule l'évaporation potentielle  $ETP$ . Par définition, l' $ETP$  est la quantité d'eau évaporée ou transpirée par un gazon d'une hauteur donnée dans un sol bien alimenté en eau. En pratique, la valeur de l' $ETP$  est évaluée à partir d'une formule faisant intervenir des paramètres climatiques mesurés sur des postes météo parmi lesquels la température de l'air et la radiation globale reçue au sol.
3. On calcule la différence  $P + RU(t_0) - ETP$ , qui correspond à la différence entre le stock d'eau disponible et la demande en évapotranspiration.
  - si  $P + RU(t_0) - ETP \geq 0$ , la demande en évapotranspiration est satisfaite : l'évapotranspiration réelle est égale à l'évapotranspiration potentielle :  $ETR = ETP$ .  
Si la pluie  $P$  est supérieure à  $ETR$ , il y a un excédent de pluie et la réserve utile va se remplir :  $RU(t_0 + \Delta t) > RU(t_0)$ , jusqu'à un maximum égal à  $RU_{max}$ .  
Dans le cas contraire la pluie ne compense pas l'évapotranspiration : une partie de l'eau nécessaire à cette dernière est fournie par la réserve utile des sols. On a alors  $RU(t_0 + \Delta t) < RU(t_0)$ .
  - si  $P + RU(t_0) - ETP < 0$ , la demande en évapotranspiration n'est pas satisfaite. L'évapotranspiration est limitée au stock d'eau disponible et on a :  
 $ETR = P + RU(t_0)$ . La réserve utile est entièrement consommée :  $RU(t_0 + \Delta t) = 0$ .

4. Connaissant ETR,  $RU(t_0)$  et  $RU(t_0+\Delta t)$ , on peut calculer :  
 $\Delta RU = RU(t_0+\Delta t) - RU(t_0)$  et  $P.E. = P - ETR - \Delta RU$  pendant l'intervalle  $\Delta t$ .
5. Pour passer au pas de temps suivant on pose  $t_0 = t_0 + \Delta t$  et on retourne à l'étape 1. Les pluies efficaces totales sont obtenues en sommant les pluies efficaces obtenues à chaque pas de temps  $\Delta t$ .

Pour que le résultat soit suffisamment précis, le pas de temps de calcul  $\Delta t$  doit être assez fin. Par exemple, pour un bilan annuel, le pas de calcul utilisé est souvent de 10 jours. Certaines applications peuvent demander un pas de temps pouvant descendre à la journée, voire moins.

Trois problèmes pratiques se posent pour appliquer cette méthode :

1. L'évaluation du stock d'eau disponible dans le sol au début du bilan  $RU(t_0)$  (on peut se placer à la fin de l'hiver en supposant que la réserve utile est à son niveau maximum).
2. L'estimation de la réserve utile (maximale) des sols :  $RU_{max}$  (cf. chapitre 2.1.4.2).
3. Le calcul de l'ETR : l'ETP est donnée pour une végétation de type gazon ou prairie. Or un sol cultivé laissé nu pendant une partie de l'année ne peut laisser s'évaporer qu'une partie de l'ETP, même si ce sol est humide. Pour une végétation autre qu'un gazon, il faudrait donc calculer l'ETR à partir d'une valeur de l'évapotranspiration maximale compte tenu du type de végétation.

Par ailleurs, la méthode ne permet pas de faire la distinction entre recharge et ruissellement. Ainsi, une forte pluie sur une courte durée va essentiellement ruisseler (cas des orages) alors que la même quantité d'eau tombée sur une durée plus longue pourra plus efficacement contribuer à la recharge<sup>10</sup>.

#### **2.1.4. Méthode retenue : bilan hydrique simplifié tenant compte des pratiques culturales**

Il s'agit d'une adaptation du bilan hydrique, de façon à pouvoir prendre en compte l'influence des pratiques culturales sur l'ensemble du département où l'on observe que 77 % de la surface est cultivée. Au lieu d'effectuer la différence  $P + RU(t_0) - ETP$ , valable pour une végétation de type prairie ou gazon, on tient compte de l'évapotranspiration maximale possible de la plante : ETM, et on calcule en fait la différence  $P + RU(t_0) - ETM$ . La valeur de ETM est elle-même estimée par

---

<sup>10</sup> C'est pourquoi la seule méthode permettant d'évaluer la recharge réelle est la mise en œuvre de modèles hydrodynamiques comme expliqué au § 2.1.2.



$ETM = k_c \cdot ETP$ ,  $k_c$  étant un coefficient cultural qui dépend du type de culture (voir détails plus bas). La formule de bilan hydrique devient alors :

$$P.E. = R + r = P - ETM - \Delta RU$$

(pendant un pas de temps  $\Delta t$ )

Par ailleurs, le bilan hydrique est simplifié dans la mesure où l'on utilise un pas de temps trimestriel, ce qui correspond à faire un certain nombre d'hypothèses et d'approximations justifiées ci-dessous.

### **a) Hypothèses, approximations**

1. Les données statistiques de précipitation et d'ETP utilisées sont des moyennes "normales", c'est-à-dire calculées sur une période de 30 ans : 1961-1990. Le fait d'utiliser la valeur moyenne plutôt que la valeur médiane revient à dire qu'on se place dans le cas d'une année plus humide que ce que l'on observe dans 50 % des cas (les précipitations annuelles moyennes sont supérieures de 30 à 40 mm aux précipitations annuelles médianes).
2. Les pluies efficaces sont supposées nulles d'avril à août inclus (l'évapotranspiration est supérieure aux précipitations). Cette approximation est jugée tout à fait réaliste par les membres du Comité de pilotage, même si l'on sait que certaines pluies d'été peuvent laisser une réserve utile non vide fin août.
3. La période de calcul retenue (septembre à mars inclus) est divisée en 3 périodes : automne (septembre, octobre, novembre), hiver (décembre, janvier, février) et mars. Cette distinction est introduite pour permettre la prise en compte de coefficients culturaux dont la valeur dépend des cultures, donc des saisons.
4. La réserve utile des sols est supposée négligeable à la fin du mois d'août ( $RU(t_0) \cong 0$ ). Dans le cas  $P + RU(t_0) - ETM > 0$  sur toute période, cette hypothèse joue dans le sens d'une sous-estimation des pluies efficaces. Par ailleurs, le calcul montre que pour une année moyenne, la réserve utile est pleine à la fin mars :  $RU(t_0 + n\Delta t) = RU_{max}$ . Ceci revient à dire qu'il tombe suffisamment d'eau entre septembre et mars pour remplir la réserve utile des sols. C'est vrai pour une moyenne "normale", mais cela serait faux pour une année sèche.
5. On suppose qu'entre début septembre et fin mars la réserve utile des sols augmente globalement, avec éventuellement des fluctuations, mais **sans jamais redescendre à zéro**. En d'autres termes, cela revient à dire que les pluies et la réserve utile disponible compensent toujours l'évapotranspiration maximale.

Cette hypothèse est discutable : elle est probablement fausse au mois de septembre dans le cas d'un automne sec, mais elle est tout à fait réaliste pour une année

moyenne. En terme de bilan hydrique, cette hypothèse simplifie le calcul. En effet, la somme des  $\Delta RU$  à chaque pas de temps est égale à  $RU_{\max}$  dans la mesure où la réserve utile des sols ne redescend jamais à 0.

Dans ces conditions, les pluies efficaces sont obtenues par cumul des valeurs de  $P - ETM$ , puis soustraction en fin de calcul de la réserve utile des sols. La somme  $R + r$  est ainsi donnée par :

$$P.E. = R + r = \Sigma (P - ETM) - RU_{\max}$$

(puisque dans nos cas  $\Sigma (\Delta RU) = RU_{\max}$ )

En pratique l'hypothèse 5 conduit à sous-estimer  $R + r$ . En effet, dans le cas où la réserve utile disponible redescendrait à 0, la plante ne pourrait pas évaporer la quantité  $ETM$  intervenant dans le calcul. Le calcul surestime donc l'évapotranspiration réelle, et par conséquent sous-estime  $R + r$ . Toutefois, il a été estimé que pour une année moyenne, le résultat obtenu est réaliste compte tenu des objectifs du calcul : obtenir un ordre de grandeur tenant compte des pratiques culturales et une carte qui a une signification plus relative qu'absolue.

#### **b) Etapes du calcul (pl. 1 à 8)**

Le bilan hydrique s'exprime par :

$$P.E. = R + r = P - ETR - \Delta RU \quad (\text{planche 1})$$

Dans le cadre des hypothèses exposées précédemment, on a :

$$ETR = ETM = k_c \cdot ETP, \quad k_c \text{ étant un coefficient cultural (voir ci-dessous)}$$

$$\Sigma (\Delta RU) = RU_{\max}$$

Ce bilan hydrique est cumulé sur 3 périodes : automne (septembre, octobre, novembre), hiver (décembre, janvier, février) et mars. Les pluies efficaces sont considérées comme négligeables d'avril à août.

Les différents termes du bilan sont calculés de la manière suivante :

#### **• Précipitations (P)**

Les précipitations moyennes normales d'automne, d'hiver et du mois de mars (pl. 2) sont fournies aux nœuds d'une grille de 1 km x 1 km par Météo-France (Centre départemental de Chartres). Pour cela, Météo-France utilise les mesures de précipitations en 17 postes trentenaires. L'interpolation sur une grille régulière à maille de 1 x 1 km, à partir de ces 17 postes, est réalisée par Météo-France en utilisant la méthode "Aurelhy". Cette méthode prend en compte l'effet de la topographie sur les précipitations et permet

d'obtenir une meilleure spatialisation. La grille de 1 km x 1 km est ensuite ré-interpolée à la maille 250 m x 250 m, taille choisie pour les traitements intermédiaires. Cette deuxième interpolation est réalisée par un interpolateur appelé "krigeage linéaire" qui permet de bien respecter les variations de pluviométrie.

#### • Evapotranspiration réelle (ETR)

Comme on suppose que les pluies additionnées à la réserve utile disponible sont toujours supérieures à ETM, on a  $ETR = ETM = ETP \cdot k_c$ .

L'ETP est une donnée calculée par Météo-France à partir de mesures de paramètres atmosphériques, en appliquant la formule de Penmann. Les mêmes 17 postes météo que pour le cas de la pluviométrie sont utilisés, en considérant des ETP décennales (lorsque certains paramètres n'ont pas été mesurés, Météo-France a pris la valeur de ce paramètre au poste de mesure le plus proche). Pour obtenir une meilleure spatialisation de cette variable, sur une grille de 1 km x 1 km, Météo-France a également utilisé la méthode "Aurelhy". On a ensuite, comme pour les précipitations, ré-interpolé cette grille à la maille 250 m x 250 m.

Le coefficient  $k_c$  dépend du type d'occupation du sol et du type de végétation, et pour les terres arables, du fait que le sol est nu ou couvert.

Le type d'occupation du sol est déduit de données satellites fournies par l'Institut Français de l'Environnement (IFEN), tandis que la valeur de  $k_c$  pour chaque type d'occupation du sol est fourni par Météo-France et la chambre d'agriculture d'Eure-et-Loir (modèle "Agronoé").

Examinons tout d'abord le type d'occupation du sol.

L'Institut Français de l'Environnement réalise entre autres missions, la couverture nationale d'occupation des terres, dans le cadre du projet européen "CORINE land cover"<sup>11</sup>. La cartographie est produite à l'échelle du 1/100 000 à partir des données des satellites d'observation de la terre. La plus petite unité cartographiée est de 25 hectares ou correspond à un linéaire de 100 mètres de large. Ce programme réalisé par l'IFEN différencie 43 classes d'occupation du sol. A partir de la nomenclature d'occupation du sol de la base "CORINE land cover" - © UE-IFEN 1995 avec concours du CNES, mise à disposition, (cf. planche 4), nous avons constitué 8 classes en fonction des types de sols pour lesquels nous disposons de coefficients cultureux  $k_c$  transmis par la chambre d'agriculture d'Eure-et-Loir. Ces 8 classes sont définies dans le tableau 1.

Selon les classes d'occupations du sol, le modèle Agronoé (Météo-France), complété par des données de la chambre d'agriculture d'Eure-et-Loir, propose les coefficients cultureux  $k_c$  définis tableau 2.

---

<sup>11</sup> CORINE : Coordination des informations sur l'environnement.

Une nuance est introduite pour le cas des "terres arables hors périmètre à irrigation", qui représentent 77 % de la surface du département. Ce cas correspond aux cultures type blé, maïs, betteraves, pois-légumes. Il faut prendre en compte le pourcentage de sols nus dans la période septembre-mars, pourcentage qui dépend des pratiques culturales. La chambre d'agriculture d'Eure-et-Loir a fourni un tableau indiquant le pourcentage de sols nus PSNU pour chaque canton du département (tabl. 3).

| Nomenclature "CORINE land Cover" © UE-IFEN 1995<br>avec concours du CNES                                                                                                                            | Classes |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <b>TERRITOIRES ARTIFICIELS</b>                                                                                                                                                                      |         |
| Tissu urbain continu<br>Tissu urbain discontinu<br>Zones industrielles et commerciales<br>Réseaux routiers et ferroviaires et espaces associés<br>Aéroports<br>Extraction de matériaux<br>Chantiers | 1       |
| Espaces verts urbains<br>Equipements sportifs et de loisirs                                                                                                                                         | 2       |
| <b>TERRES AGRICOLES</b>                                                                                                                                                                             |         |
| Terres arables hors périmètre à irrigation<br>- sol nu<br>- sol couvert                                                                                                                             | 3       |
| Vergers et petits fruits                                                                                                                                                                            | 4       |
| Prairies                                                                                                                                                                                            | 4       |
| Systèmes cultureux et parcellaires complexes                                                                                                                                                        | 4       |
| Territoires occupés par l'agriculture, avec végétation naturelle importante                                                                                                                         | 4       |
| <b>FORETS ET MILIEUX SEMI-NATURELS</b>                                                                                                                                                              |         |
| Forêts de feuillus (1.1 x sols nus)                                                                                                                                                                 | 5       |
| Forêts de conifères (1 x sols couverts)                                                                                                                                                             | 6       |
| Forêts mélangées (1.1 x sols nus + 1 x sols couverts)/2                                                                                                                                             | 7       |
| Pelouses et pâturages naturels                                                                                                                                                                      | 8       |
| Landes et broussailles                                                                                                                                                                              | 8       |
| Forêts et végétation arbustive en mutation                                                                                                                                                          | 8       |
| Marais intérieurs                                                                                                                                                                                   | 8       |
| Cours et voies d'eau                                                                                                                                                                                | 8       |
| Plans d'eau                                                                                                                                                                                         | 8       |

**Tabl. 1 - Type d'occupation du sol et regroupement en classes pour l'affectation des coefficients cultureux.**

| Nomenclature "CORINE land Cover" © UE-IFEN 1995<br>avec concours du CNES                                                                                                                            | Coefficient modèle Agronoé<br>(Météo-France) |       |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------|------|
|                                                                                                                                                                                                     | Automne                                      | Hiver | Mars |
| <b>TERRITOIRES ARTIFICIELS</b>                                                                                                                                                                      |                                              |       |      |
| Tissu urbain continu<br>Tissu urbain discontinu<br>Zones industrielles et commerciales<br>Réseaux routiers et ferroviaires et espaces associés<br>Aéroports<br>Extraction de matériaux<br>Chantiers | 0,5                                          | 0,5   | 0,5  |
| Espaces verts urbains<br>Équipements sportifs et de loisirs                                                                                                                                         | 1                                            | 1     | 1    |
| <b>TERRES AGRICOLES</b>                                                                                                                                                                             |                                              |       |      |
| Terres arables hors périmètre à irrigation                                                                                                                                                          |                                              |       |      |
| - sol nu                                                                                                                                                                                            | 0,58                                         | 0,50  | 0,50 |
| - sol couvert                                                                                                                                                                                       | 0,73                                         | 1,00  | 1,00 |
| Vergers et petits fruits                                                                                                                                                                            | 1,00                                         | 1,00  | 1,00 |
| Prairies                                                                                                                                                                                            | 1,00                                         | 1,00  | 1,00 |
| Systèmes culturaux et parcellaires complexes                                                                                                                                                        | 1,00                                         | 1,00  | 1,00 |
| Territoires occupés par l'agriculture, avec végétation naturelle importante                                                                                                                         | 1,00                                         | 1,00  | 1,00 |
| <b>FORÊTS ET MILIEUX SEMI-NATURELS</b>                                                                                                                                                              |                                              |       |      |
| Forêts de feuillus (1,1 x sols nus)                                                                                                                                                                 | 0,64                                         | 0,55  | 0,55 |
| Forêts de conifères (1 x sols couverts)                                                                                                                                                             | 0,73                                         | 1,00  | 1,00 |
| Forêts mélangées (1,1 x sols nus + 1 x sols couverts)/2                                                                                                                                             | 0,69                                         | 0,77  | 0,77 |
| Pelouses et pâturages naturels                                                                                                                                                                      | 1,00                                         | 1,00  | 1,00 |
| Landes et broussailles                                                                                                                                                                              | 1,00                                         | 1,00  | 1,00 |
| Forêts et végétation arbustive en mutation                                                                                                                                                          | 1,00                                         | 1,00  | 1,00 |
| Marais intérieurs                                                                                                                                                                                   | 1,00                                         | 1,00  | 1,00 |
| Cours et voies d'eau                                                                                                                                                                                | 1,00                                         | 1,00  | 1,00 |
| Plans d'eau                                                                                                                                                                                         | 1,00                                         | 1,00  | 1,00 |

**Tabl. 2 - Coefficients cultureux à appliquer à l'ETP dans la restitution cartographique (sources : Météo-France et chambre d'agriculture d'Eure-et-Loir ; cf. annexe I).**

Note : Les valeurs des coefficients  $k_c$  des terres arables sont des moyennes de valeurs établies par décades en fonction du type de culture. Le tableau fourni en annexe I indique les valeurs par décade qui ont servi de base au calcul des coefficients  $k_c$  pour les terres arables. Par ailleurs, du fait que l'on s'est basé sur des ETP décadaires, on a utilisé les coefficients du modèle Agronoé, définis pour ce pas de temps, et non pas ceux du modèle Irricarte (chambre d'agriculture), adaptés à des ETP journalières.

| Canton                   | Pourcentage de sols nus (PSNU) |
|--------------------------|--------------------------------|
| Anet                     | 25,9                           |
| Dreux-ville              |                                |
| Brezolles                | 18,6                           |
| Dreux                    |                                |
| Dreux-Est                | 27,1                           |
| Dreux-ouest              | 27,8                           |
| Nogent-le-Roy            | 29,5                           |
| Dreux-Sud                | 29,1                           |
| La-Ferté-Vidame          | 18,1                           |
| Châteauneuf-en-Thymerais | 27,4                           |
| Senonches                | 22,1                           |
| Maintenon                | 24,9                           |
| Chartres-Nord-Est        | 27,4                           |
| La Loupe                 | 23,6                           |
| Courville-sur-Eure       | 27,1                           |
| Auneau                   | 33,8                           |
| Mainvilliers             | 26,4                           |
| Lucé                     | 26,9                           |
| Chartres                 |                                |
| Chartres-Sud-Est         | 28,3                           |
| Chartres-Sud-Ouest       | 28,1                           |
| Illiers-Combray          | 26,6                           |
| Thiron-Gardais           | 23,1                           |
| Voves                    | 45,0                           |
| Janville                 | 44,6                           |
| Nogent-le-Rotrou         | 21,8                           |
| Bonneval                 | 37,2                           |
| Brou                     | 27,3                           |
| Authon-du-Perche         | 23,9                           |
| Orgères-en-Beauce        | 47,9                           |
| Châteaudun               | 39,1                           |
| Cloyes-sur-le-Loir       | 32,8                           |

*Tabl. 3 - Pourcentage de sols nus (PSNU) dans chaque canton (source : chambre d'agriculture d'Eure-et-Loir).*

Les pourcentages de sols nus pour chaque canton du département ont été affectés au centroïde de chaque canton puis interpolés afin d'obtenir une valeur en tout point de la carte.

En un point classé "terres arables" dans la nomenclature de l'IFEN, avec le pourcentage de sol nu PSNU interpolé, le coefficient cultural  $k_c$  pour l'automne s'obtient en combinant les valeurs du tableau 2 à l'aide de la relation suivante (en exprimant PSNU entre 0, pour 0 % et 1, pour 100 %) :

$$k_c \text{ automne} = 0,58 * \text{PSNU} + 0,73 * (1 - \text{PSNU})$$

Pour l'hiver, le calcul donne :

$$k_c \text{ hiver} = 0,50 * \text{PSNU} + 1,00 * (1 - \text{PSNU})$$

etc.

Pour un point d'une autre catégorie que "terres arables ..." le coefficient  $k_c$  se lit directement dans le tableau 2. Par exemple pour les forêts de feuillus :

$$k_c \text{ automne} = 0,64$$

$$k_c \text{ hiver} = 0,55.$$

Notons que les coefficients  $k_c$  des classes 1, 2, 5, 6, 7, 8, ont été estimés par la chambre d'agriculture d'Eure-et-Loir ; Météo-France n'a calculé les coefficients  $k_c$  que pour les terres arables et les prairies. Le coefficient  $k_c$  pour les forêts de feuillus a été pris égal à 1,1 fois le coefficient des "sols nus", le coefficient affecté aux forêts de conifères a été pris égal au coefficient "sols couverts". Enfin, le coefficient pour les forêts mélangées est la moyenne des coefficients forêts de feuillus et forêts de conifères.

La carte des réserves utiles maximales (planche 7) a été établie en 1996 par M. Perraudin dans le cadre de son stage de DEA. Elle a fait l'objet d'une concertation avec l'INRA d'Orléans et les chambres d'agriculture d'Eure-et-Loir et du Cher. Elle a été obtenue après recensement et classement des différents types de sols des deux cartes pédologiques existantes à 1/100 000 qui couvrent environ le tiers du département. Elle intègre les connaissances géologiques là où nous ne nous disposons pas de la carte pédologique.

Les sols ont été regroupés en 5 classes en fonction de leur réserve utile :

- Sols à très forte RU    plus de 200 mm ;
- Sols à forte RU        150 à 200 mm ;
- Sols à RU moyenne    100 à 150 mm ;
- Sols à faible RU       50 à 100 mm ;
- Sols à très faible RU   0 à 50 mm ;

| Classification des sols                                                                        | N° d'unité<br>cartographique<br>sur la carte de<br>Chartres | N° d'unité<br>cartographique<br>sur la carte de<br>Châteaudun | texture de<br>surface | Battance<br><br>O/N     | composante<br>argileuse<br>imperméable<br>en surface<br><br>O/N | texture en<br>profondeur | niveau<br>argileux<br>favorisant<br>un transfert<br>latéral<br>O/N | RU<br><br>en mm | classe<br>de RU |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|
| rendzines                                                                                      | 5                                                           | 6                                                             | LA à AL               | N                       | N                                                               | LA à AL                  | N                                                                  | 50              | 1               |
| sols apparentés aux sols lessivés<br>acides développés dans des<br>colluvions sablo-limoneuses | 28                                                          |                                                               | SL ou LS              | N                       | N                                                               | A ou AS                  | O                                                                  | 50              | 1               |
| podzols                                                                                        | 41 à 47                                                     | 66 à 68 et 78                                                 | S                     | parfois<br>mais pas ici | N                                                               | AS à A                   | O                                                                  | 50              | 1               |
| sols bruns calcaires                                                                           | 6                                                           | 7 à 11                                                        | A, AL à AS            | N                       | N                                                               | A, AL à AS               | N                                                                  | 100             | 2               |
| sols calcimagnésiques et sols<br>brunifiés                                                     | 53 à 57                                                     | 15 et 16                                                      | A,LAS                 | N                       | N                                                               | A,LAS                    | N                                                                  | 100             | 2               |
| sols bruns lessivés en terrasse                                                                |                                                             | 34                                                            | LS                    | N                       | N                                                               | LS                       | N                                                                  | 100             | 2               |
| Sols bruns oligotrophes                                                                        | 12 à 14                                                     | 24 à 26                                                       | LA,LS                 | N                       | N                                                               | AL,AS,A                  | O                                                                  | 100             | 2               |
| sols bruns lessivés sur limons                                                                 | 15 et 16                                                    | 32                                                            | LA à LAS              | N                       | N                                                               | AL à LAS                 | O                                                                  | 100             | 2               |
| sols bruns lessivés (colluvions<br>sableuses à sablo-limoneuses)                               | 17 et 18                                                    |                                                               | SL, LS                | N                       | N                                                               | SA à A                   | O                                                                  | 100             | 2               |
| sols planosoliques, apparentés aux<br>sols lessivés dégradés                                   |                                                             | 59 à 62                                                       | LS ou SL              | O                       | N                                                               | AL à A                   | O                                                                  | 100             | 2               |
| Sols lessivés modaux en terrasse                                                               |                                                             | 38 et 39                                                      | LS                    | N                       | N                                                               | A à AS                   | O                                                                  | 100             | 2               |
| sols lessivés glossiques fortement<br>dégradés                                                 |                                                             | 50 à 54                                                       | L à LS                | O                       | N                                                               | L à LA                   | N                                                                  | 120             | 3               |
| Sols limoneux des colluvions du<br>Faux-Perche                                                 |                                                             | 75                                                            | Lm, LmS               | O                       | N                                                               | Lm, LmS                  | N                                                                  | 120             | 3               |
| sols bruns calciques                                                                           |                                                             | 12 à 14                                                       | A, AL à AS            |                         | N                                                               | A, AL à AS               | N                                                                  | 150             | 3               |
| Sols bruns calcaires                                                                           | 7 et 9                                                      |                                                               | A, AL ou S            | N                       | N                                                               | A, AL ou<br>AS           | N                                                                  | 150             | 3               |



| Classification des sols                                                                            | N° d'unité<br>cartographique<br>sur la carte de<br>Chartres | N° d'unité<br>cartographique<br>sur la carte de<br>Châteaudun | texture de<br>surface           | Battance<br><br>O/N | composante<br>argileuse<br>imperméable<br>en surface<br><br>O/N | texture en<br>profondeur | niveau<br>argileux<br>favorisant<br>un transfert<br>latéral<br>O/N | RU<br><br>en mm                                  | classe<br>de RU |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------|
| Sols bruns calcaires et sols bruns<br>calciques                                                    | 10 et 11                                                    |                                                               | LAS à A                         | N                   | N                                                               | LAS à A                  | N                                                                  | 150                                              | 3               |
| sols peu évolués d'apport                                                                          | 1 à 4                                                       | 1 à 5                                                         | Lm, LmS                         | O                   | N                                                               | Lm, LmS                  | N                                                                  | 150                                              | 3               |
| sols lessivés à pseudogley                                                                         |                                                             | 43 à 49                                                       | L à LA                          | O                   | N                                                               | L à LA                   | N                                                                  | 150                                              | 3               |
| sols planosoliques développés sur<br>les argiles vertes ou la gaize                                |                                                             | 57 et 58                                                      | LS ou SL                        | O                   | N                                                               | AL à A                   | N                                                                  | 150                                              | 3               |
| sols bruns modaux                                                                                  |                                                             | 19                                                            | LA à LS                         | N                   | N                                                               |                          |                                                                    | 150 (100<br>si partie<br>sableuse<br>importante) | 3               |
| sols bruns à caractères vertiques                                                                  |                                                             | 22 et 23                                                      | AL à AS                         | N(cf note 1)        | O                                                               | AL à AS                  | N                                                                  | 200                                              | 4               |
| sols lessivés modaux dans limon<br>loessique calcaire                                              | 19 et 20                                                    | 35 et 36                                                      | Lm ( ou<br>parfois LA)          | O si Lm<br>N si LA  | N                                                               | LA                       | N                                                                  | 200                                              | 4               |
| sols lessivés modaux dans limon sur<br>substrat d'argile à meulrières                              | 21 à 24                                                     |                                                               | LA                              | N                   | N                                                               | A à AS                   | O                                                                  | 200                                              | 4               |
| sols planosoliques dans limon peu<br>épais reposant sur argile à smectites<br>du plateau du Perche |                                                             | 56                                                            | Lm à LA                         | N                   | N                                                               | AL à A                   | O                                                                  | 200                                              | 4               |
| sols lessivés à dégradation diffuse                                                                | 32                                                          |                                                               | LA ou LmS                       | N                   | N                                                               | A ou AL                  | O                                                                  | 200                                              | 4               |
| sols bruns lessivés                                                                                |                                                             | 30,31 et 33                                                   | LA                              | N                   | N                                                               | LA                       | N                                                                  | 200                                              | 4               |
| sols bruns lessivés en terrasse                                                                    |                                                             | 34                                                            | LS                              | N                   | N                                                               | LS                       | N                                                                  | 100                                              | 4               |
| sols hydromorphes peu humifères                                                                    | 50 et 51                                                    | 69 à 74                                                       | LS ou SL<br>suivant<br>substrat | N                   | N                                                               | LS ou SL                 | N                                                                  | nappe<br>permanente                              | 5               |

(1) : ces sols ne sont pas sensibles au phénomène de battance mais subissent des prises en masse susceptibles de donner du ruissellement

27 *Tabl. 4 - Types et classes de réserve utile des sols (RU). (DEA M. Perraudin ; sources : Crahet, Isambert, Froger et al., Moulin, Alliot et al.).*

Les calculs de  $RU_{\max}$  sont effectués pour une épaisseur de sol allant jusqu'à 1,20 m.

Les regroupements de sols sont faits à partir des cartes pédologiques à 1/100 000. Les correspondances entre les classes de réserves utiles et les numéros d'unités cartographiques sur chaque feuille pédologique, sont indiquées sur le tableau de classification des sols (tabl. 4, p. 26-27). Pour le reste du département nous ne disposons que d'une carte réalisée en 1978 à 1/250 000 : "Esquisse des caractères hydriques des sols de la région Centre". Cette esquisse est d'une précision inférieure à celle de la carte de vulnérabilité que nous souhaitons établir. Les cartes géologiques à 1/50 000 nous aident, en l'absence de mieux, à tracer des contours pédologiques. Ceci n'est pas rigoureusement exact, car il faudrait prendre en compte la pente, l'exposition du versant, la pédogenèse, etc. Malgré tout, les contours pédologiques de la carte des caractères hydriques des sols de la région Centre ont été affinés en repérant sur celle-ci, la couverture pédologique des formations géologiques. La carte pédologique ainsi obtenue, n'a pas été contrôlée sur le terrain.

Les chambres d'agriculture de la Vienne, d'Indre-et-Loire, de l'Indre et du Cher ont réalisé dans leur département, une représentation cartographique de la sensibilité des sols à l'infiltration hydrique verticale. Nous nous sommes assurés d'une cohérence régionale entre les deux approches.

#### • Combinaison des informations

La carte du stock d'eau disponible pour la recharge et le ruissellement s'obtient en combinant les cartes précédentes :

$$\begin{aligned} R + r = & (\text{Précipitation automne} - \text{ETP automne} * k_c \text{ automne}) + \\ & (\text{Précipitation hiver} - \text{ETP hiver} * k_c \text{ hiver}) + \\ & (\text{Précipitation mars} - \text{ETP mars} * k_c \text{ mars}) - \Delta RU \end{aligned}$$

avec l'hypothèse  $\Delta RU = RU_{\max}$  et  $ETR = ETM = ETP * k_c$

Ce résultat final est présenté sur la planche 8.

#### c) Commentaires - validation de la méthode

Il faut garder bien présent à l'esprit le fait que le résultat obtenu est une estimation de  $R + r$  valable pour une année moyenne sur 30 ans (plus humide qu'une situation médiane), avec les hypothèses que :

1. Il n'y a pas de recharge entre début avril et fin août.
2. Pour toute période entre septembre et mars, la pluie additionnée à la réserve utile disponible des sols est supérieure à l'évapotranspiration maximale.
3. La réserve utile disponible est vide fin août.

Chacune de ces hypothèses conduit à une sous-estimation de la valeur de  $R + r$  pour une année moyenne sur 30 ans.

Afin d'évaluer la marge d'erreur sur  $R + r$ , on a procédé à un contrôle sur deux bassins versants : celui de l'Ozanne à Trizay, et celui de la Rhône à Nogent-le-Rotrou.

Sur chacun de ces deux bassins versants on a calculé la valeur de  $R + r$  de deux façons différentes et indépendantes :

- par le bilan hydrique mis en œuvre dans ce rapport,
- à partir des mesures d'écoulement des rivières.

Le premier calcul a été effectué par le BRGM, et le second par le service de l'eau et des milieux aquatiques de la DIREN Centre. La situation des deux bassins versants considérés est visualisée fig. 1, et les résultats du calcul sont indiqués sur le tableau 5. Des informations complémentaires sur les calculs sont données en annexe 2.

| Nom du bassin versant | Superficie des bassins versants | Bilan hydrique simplifié (calcul BRGM) |             | Mesures d'écoulement des rivières (calcul DIREN Centre) |             |
|-----------------------|---------------------------------|----------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------|-------------|
|                       |                                 | $R + r$                                | période     | $R + r$                                                 | période     |
| Ozanne                | 270 km <sup>2</sup>             | 190 mm                                 | 1961 - 1990 | 170 mm                                                  | 1972 - 1993 |
| Rhône                 | 80 km <sup>2</sup>              | 220 mm                                 | 1961 - 1990 | 221 mm                                                  | 1974 - 1996 |

**Tabl. 5 - Comparaison des valeurs de  $R + r$  obtenues par bilan hydrique et par mesures d'écoulement.**

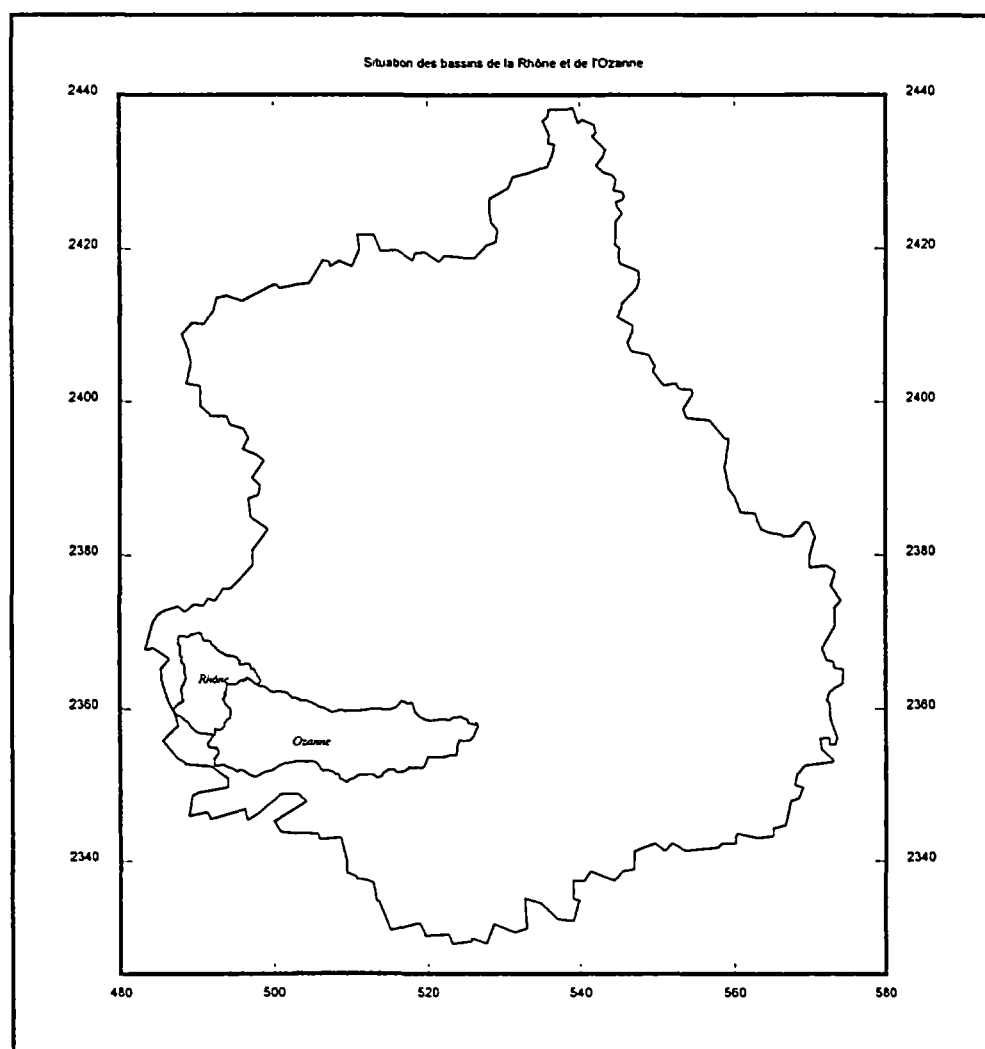
Il ressort du tableau précédent que les valeurs de  $R + r$  calculées de deux façons indépendantes sont très proches : la différence maximale est de l'ordre de 10 %. Même si l'on sait que le bilan hydrique simplifié a tendance à sous-estimer  $R + r$ , on peut donc considérer que, au moins sur les deux bassins versants, cette méthode conduit à une approximation réaliste de  $R + r$ . De plus, les variations relatives de  $R + r$  sont également bien respectées, ce qui est primordial dans l'optique d'une hiérarchisation de différentes zones.

Par ailleurs, la restitution cartographique de la planche 8 donne l'illusion que l'on connaît bien ( $R + r$ ) en tout point, alors que les données de base sont à maille très large : 17 stations météo, valeur de  $RU_{\max}$  estimée à 50 mm près, pourcentage de sols nus par canton, etc. Il ne faut donc pas donner à la planche 8 une signification trop locale, mais considérer plutôt que les valeurs ont un sens une fois moyennées sur plusieurs kilomètres carrés.

En conclusion, on peut retenir les trois éléments suivants :

- la méthode de bilan hydrique simplifié utilisée dans cette étude semble bien adaptée pour reproduire les *variations relatives de  $R + r$* , d'une zone à l'autre ;

- les contrôles effectués sur deux bassins versants montrent qu'en dépit des approximations effectuées, la *valeur absolue de  $R + r$*  sur les deux bassins versants est également bien reproduite (10 % d'erreur). Toutefois, il est difficile d'évaluer la marge d'erreur maximale sur d'autres zones ;
- compte tenu de la maille de mesure des informations de base utilisées pour le calcul, la précision locale de la planche 8 (taille des pixels = 50 m) est illusoire. Les valeurs de  $R + r$  indiquées n'ont de sens qu'une fois moyennées sur une surface de quelques kilomètres carrés.



*Fig. 1 - Situation des bassins versants de la Rhône et de l'Ozanne.*

## 2.2. TOPOGRAPHIE, MODÈLE NUMÉRIQUE DE TERRAIN (MNT), CARTOGRAPHIE DES PENTES ET MODÈLE DE DRAINAGE

La topographie conditionne l'aptitude au ruissellement et à l'infiltration des eaux de pluies. Le polluant éventuel s'éloignera d'autant plus vite et loin de son point d'émission

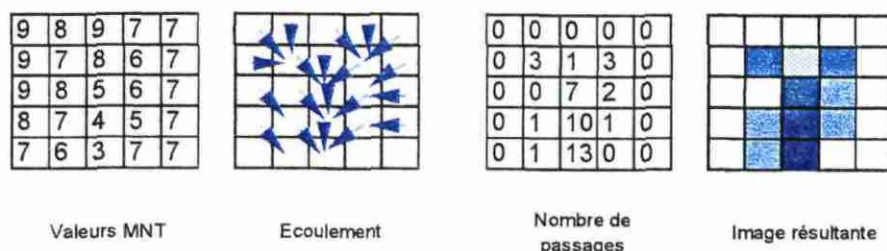
que la pente est forte et longue et que les matériaux du sol et du sous-sol sont imperméables. Pour des terrains de même perméabilité, une pente forte provoquera un simple écoulement superficiel tandis qu'une pente faible favorisera l'infiltration tout le long du trajet.

Pour la prise en compte de la topographie, nous utilisons le modèle numérique de terrain (MNT) de la banque de données altimétrique © IGN, à la maille de 50 x 50 m (pl. 9). Sa précision altimétrique (en z) est de l'ordre de 5 m dans le type de paysage essentiellement composé de plaines et de plateaux.

La pente représente l'angle que fait le plan moyen d'un versant avec le plan horizontal. La pente est calculée dans un voisinage local de 3 x 3 mailles. Elle est exprimée en pourcentage : une pente de 100 % correspond à un angle de 45 degrés. Dans le département, les pentes (planche 10) sont comprises entre 0 et 46 % soit 0 à 25 degrés. Elles sont présentées suivant la répartition ci-après :

|          |                                 |
|----------|---------------------------------|
| > 15 %   | pentres très fortes,            |
| 7 à 15 % | pentres fortes,                 |
| 3 à 7 %  | pentres moyennes,               |
| 0 à 3 %  | pentres inexistantes à faibles. |

Les données sur le drainage sont obtenues par le calcul d'un réseau théorique à partir du MNT. Dans cette modélisation, on cherche pour chaque maille du MNT, la maille voisine de plus basse altitude (voisinage 3 x 3) vers laquelle elle va s'écouler. Puis, on se déplace dans cette nouvelle maille et l'on réitère jusqu'à sortir de la zone d'étude. Si, partant d'une valeur de base égale à un, on incrémente la valeur de chaque maille dans laquelle on passe, on obtient au final une image dont la valeur de chaque maille indique le nombre de mailles situées en amont qui sont venues s'écouler dans cette maille aval.



Cette valeur est donc proportionnelle au nombre de mailles drainées en amont. En la multipliant par la surface élémentaire de la maille, on obtient une image des aires drainées cumulées. Par convention, la valeur minimale (crêtes et sommets) est fixée à 1. Les valeurs les plus fortes correspondent aux drains principaux du réseau hydrographique. Le modèle apporte dans les zones amont tout un chevelu de drains potentiels non décelables par la simple observation. Cette information est donc très riche

et essentielle pour le problème étudié, puisqu'elle permet de connaître en chaque maille du MNT, la quantité d'eau susceptible de transiter dans la maille.

Le modèle de drainage réalisé (pl. 11), permet donc de visualiser le ruissellement théorique en fonction des surfaces drainées. Il constitue l'image des points de convergence de toute goutte d'eau qui ruisselle sur le bassin versant concerné. Le comité de pilotage n'a pas souhaité utiliser ce modèle, dans l'estimation du ruissellement. Au cours de réflexions méthodologiques ultérieures, il est suggéré d'apprécier la faisabilité de combinaisons de mesures de débit des cours d'eau (sous réserve d'une représentativité acceptable), avec le modèle de drainage ainsi établi.

## **2.3. GÉOLOGIE, TYPES DE PERMÉABILITÉ DES FORMATIONS GÉOLOGIQUES AFFLEURANTES, PHÉNOMÈNES KARSTIQUES**

### **2.3.1. Grands traits géologiques du département**

L'Eure-et-Loir s'inscrit sur trois domaines géologiques distincts.

Le monoclinal crétacé à pendage vers l'est a une épaisseur maximale de 200 m et couvre la majeure partie du département. Ce vaste plateau à composition calcaréo-crayeuse est recouvert de formations résiduelles argileuses. Il n'est que faiblement entaillé par l'érosion fluviale ; seulement deux rivières principales fortement encaissées le drainent : l'Eure vers le nord et le Loir vers le sud.

Les Sables du Perche affleurent sur la frange ouest. Ils ont une épaisseur d'environ 50 m et constituent les dépôts les plus anciens. La dépression qui leur correspond est liée à l'érosion fluviale de l'Huisne. "L'escarpement du Perche" surplombant la dépression, marque la limite du plateau crayeux.

Dans le quart sud-est, le bassin tertiaire lacustre de Beauce, en légère dépression topographique, recouvre le Crétacé. Il est composé de formations marno-calcaires qui peuvent atteindre une cinquantaine de mètres d'épaisseur. Les dépôts tertiaires caractéristiques de l'Île-de-France, en particulier les Sables de Fontainebleau, s'étendent sur la bordure nord-est du département. Ces dépôts marins se sont également mis en place dans une dépression taillée dans les terrains crétacés, et l'ancien rivage suit approximativement la ligne Saint-Lubin-Nonancourt-Chartrainvilliers.

Des formations de recouvrement masquent souvent ces formations. Sur la craie, les argiles à silex qui peuvent atteindre 50 m d'épaisseur, constituent l'armature des plateaux. Au nord de la Beauce et vers l'Île-de-France, des argiles à meulières de quelques mètres d'épaisseur, recouvrent les calcaires lacustres et les Sables de Fontainebleau. Pour une moindre importance, des limons argilo-silteux tapissent la plupart des sommets de plateaux en pellicule dont l'épaisseur n'excède que rarement 2 m et jusqu'à 3 m maximum.

### **2.3.2. Histoire géologique des dépôts correspondants**

Les dépôts les plus anciens à l'affleurement correspondent à des formations marines calcaires du Jurassique supérieur (Kimméridgien supérieur) remontées selon un horst dans le faisceau de failles NE-SW passant au SE de Nogent-le-Rotrou.

Une émergence prolongée couvre le Jurassique terminal et tout le Crétacé inférieur sans laisser de trace.

Une mer peu profonde regagne la région à l'Albien pour déposer successivement les sables verts glauconieux, localement la gaize (roche siliceuse à spongiaires), la Craie de Théligny (ou Craie de Rouen) marno-glauconieuse et les Sables du Perche (évoluant en marne vers le nord et l'est).

A partir du Cénomani terminal-Turonien, la mer de la Craie s'installe et dépose des sédiments plus profonds : des craies marneuses et des craies blanches à silex. Les plus anciens dépôts reconnus dans le département sont d'âge Campanien mais la mer subsiste probablement jusqu'au Maastrichtien.

Au Crétacé terminal, une émergence généralisée se produit entraînant le début de l'altération de la craie et la formation d'argile à silex.

A l'Eocène, des dépôts continentaux fluviatiles et lacustres vont s'étendre sur l'essentiel du département sauf au nord-ouest où s'installe un domaine marin. Les paléorivages marins au Tertiaire ne dépassent pratiquement jamais vers l'ouest la vallée de l'Eure sauf pour la mer des Sables de Fontainebleau pour laquelle des témoins subsistent le long de la vallée de l'Avre et au nord de celle-ci.

Vers le sud, des aires lacustres s'installent à partir du Lutétien jusqu'à l'Aquitaniens pour former l'ensemble des dépôts de Beauce.

La formation des argiles à silex est très complexe et a probablement duré depuis le Crétacé terminal jusqu'au Quaternaire. Ces dépôts incorporent principalement des résidus de formations crétacées, notamment crayeuses, mais aussi des dépôts tertiaires argileux et sableux tels que les sables et argiles sparnatiennes (Eocène inférieur), les Sables du Thymerais (Tertiaire indéterminé), les Sables de Fontainebleau (Oligocène), les Sables de Lozère (Pliocène), etc.

Des époques plus récentes, il ne subsiste que peu de choses : des résidus sableux fluviatiles d'âge miocène supérieur en Beauce et des placages pelliculaires de limons d'âge quaternaire sur le sommet des plateaux.

Le réseau fluvial actuel s'est initié au Quaternaire ancien. Dans les vallées du Loir et de l'Eure, les premiers dépôts alluviaux conservés sont encaissés de 25 m par rapport au niveau du plateau. Sur les versants des vallées, de forts remaniements, notamment des argiles à silex, imputables aux conditions périglaciaires ont conduit à la formation d'une partie des biefs à silex.

### **2.3.3. Les formations géologiques d'Eure-et-Loir**

La carte géologique du département montre plusieurs ensembles différenciés constitués de sables, graviers, calcaires, argiles et blocs siliceux, etc., de perméabilité très variable.

#### ***a) Alluvions récentes et actuelles (Quaternaire) des plaines alluviales (lit majeur) : sables et graviers alluvionnaires***

La plaine alluviale correspond au premier replat morphologique au-dessus du lit du cours d'eau. En bordure de la plaine alluviale, au pied de la terrasse sus-jacente ou en pied de coteau, une couverture de colluvions (éboulis) peut masquer en partie le contact entre terrasses ou entre terrasse et substratum. Les plaines alluviales correspondent donc aux plus bas niveaux par rapport au lit vif des rivières et de ce fait sont généralement inondables.

Dans la vallée du Loir, les épaisseurs de sable et gravier souvent argileux varient entre 2 et 4 m, parfois avec des surcreusements pouvant atteindre 10 m ; limon et tourbe sont fréquents en partie sommitale. Dans la vallée de la Conie, des cailloutis sont signalés. Dans les vallées de l'Eure, Avre et Blaise, des graves sableuses, parfois limono-tourbeuses, sont présentes sous un recouvrement fin limono-sableux. Les épaisseurs varient de 2 à 9 m et la fraction grossière est essentiellement constituée de silex. Dans la vallée de l'Huisne et la plupart des vallées secondaires, les alluvions sont à dominante limono-tourbeuse.

#### ***b) Alluvions anciennes (Quaternaire) des terrasses : sables et graviers***

Les différents niveaux de terrasses par rapport au lit actuel, sont indiqués à la suite en allant des plus hautes (+ 35 m), les plus anciennes, vers les plus basses (+ 4 m), les plus récentes. Ces niveaux sont encaissés dans les principales vallées : Loir, Eure, Avre et Blaise et en partie érodés, surtout dans la partie basse des cours.

Dans la vallée du Loir, en amont, vers Illiers-Combrais, des niveaux élevés sont constitués de limons à galets, sable argileux et grave siliceuse. Des niveaux inférieurs, sont représentés par des graves sableuses d'épaisseur moyenne 2 à 3 m, pouvant atteindre 4 à 5 m à Saumeray. Au nord d'Illiers, elles deviennent argileuses. En aval, vers Châteaudun-Cloyes, plusieurs niveaux se distinguent : entre + 4 et + 10 m des sables grossiers graveleux à lits de cailloutis et rares blocs de perrons ont de 4 à 6,5 m



d'épaisseur ; entre +10 et +25 m des sables fins à grossiers, à graviers et blocs de silex, souvent altérés, ont des épaisseurs de 3 à 5 m.

Dans la vallée de l'Eure, en amont, vers Courville jusqu'à Thivars, entre + 5 et + 15 m, entaillés et recouverts par les alluvions récentes, des dépôts de sables et graviers à silex ont une épaisseur moyenne de 7 m variant de 3 à 18 m. Des argiles rouges y sont parfois associées. En aval, vers Dreux, de rares lambeaux de faible extension subsistent.

Dans la vallée de la Blaise, des niveaux similaires à ceux de l'Eure près de Dreux sont notés.

### **c) Calcaires lacustres de Beauce (Oligo-Miocène)**

Sous l'appellation "Calcaires lacustres de Beauce" sont regroupés tous les dépôts argilo-carbonatés attribués à l'Oligocène et à l'Aquitainien. Cet ensemble de différentes formations géologiques est constitué de faciès carbonatés avec amas discontinus de meulières. Il comporte une grande variété de faciès comprenant des argiles, des marnes, des calcaires tendres et des calcaires indurés dont la répartition ne suit que très partiellement la stratigraphie régionale.

Le découpage stratigraphique régional comporte de la base vers le sommet les formations suivantes :

- *les Calcaires d'Etampes*, composés de marno-calcaires et calcaires à meulières. Ils affleurent dans le nord-est du département mais ne sont pas distingués cartographiquement des calcaires décrits ci-après. L'épaisseur atteindrait 30 m ;
- *les Marnes de Voise (équivalent de la Molasse du Gâtinais)*, composées de marno-calcaires blancs, friables, à plages irrégulières calcitisées et silicifiées. Localement, comme à Berchères, des calcaires indurés se développent, en équivalent latéral. Les épaisseurs assez mal reconnues, doivent varier entre 0 et 10 m ; vers le nord, elles ne sont pas identifiées, car le faciès évolue vers des calcaires ;
- *les Calcaires de Beauce-Pithiviers (ou du Gâtinais)* montrent une dominante de calcaires tendres et indurés avec des intercalations marneuses. Les faciès montrent une forte variabilité : fin homogène à cassure conchoïdale ou plaquetée, fin vermiculé, grumeleux, pisolitique, bréchiques, vacuolaire,... Les teintes généralement blanches peuvent être grises et parfois roses. Les silicifications sont polymorphes : diffuses, rognoneuses, vacuolaires ou massives. Les épaisseurs varient de 0 en limite d'érosion du bassin au nord-ouest, à plus de 40 mètres vers le sud-est ;
- *les Marnes de Blamont* correspondent à des calcaires marneux contenant des calcaires fins et pisolitiques et souvent des meulières à la base. Elles affleurent en bordure sud-ouest et l'épaisseur varie de 0 à 10 m. Elles peuvent se réduire à une couche d'argile verdâtre décimétrique ;

- *les Calcaires de l'Orléanais* ont parfois une limite cartographique imprécise en l'absence du repérage des Marnes de Blamont, ce qui est le cas sur les cartes de Voves et Orgères-en-Beauce. Dans ce cas, ils sont assimilés au Calcaire de Beauce au sens large. Le Calcaire de l'Orléanais, au sens strict, n'excéderait pas 10 mètres et serait représenté par des calcaires fins soit à débit en plaquettes soit à cassure conchoïdale et par des calcaires grumeleux à meulière.

Dans l'ensemble décrit ci-dessus, des formations de calcaires durs sont concentrées, à des niveaux stratigraphiques variables et sur des puissances également variables.

- *les "Marnes de Villeau"* sont des formations lacustres éocènes (Lutétien à Ludien) de calcaires pulvérulents qui affleurent en bordure du bassin tertiaire. L'épaisseur totale varie de 10 à 20 mètres. Elles sont composées localement de calcite finement cristallisée (taille de quelques centaines de microns) pulvérulente de teinte blanche, parfois ocre. Les teneurs en calcite voisinent 98 %. A Villeau près de Voves, des épaisseurs de 4 à 10 mètres sont notées ; plus au sud vers Châteaudun, elles voisinaient 15 mètres.

- *le Calcaire de Morancez*, appartient comme les Marnes de Villeau à l'ensemble lacustre éocène. A Morancez, il correspond à un calcaire cristallin blanc à jaune. Au sud de Thiville, des calcaires en bancs (0,6 à 1 m) ou en dalles (0,1 m) se développent sur 3 à 15 mètres de puissance. Des silicifications se développent à la base en gros blocs meulièrementisés.

#### **d) Sables de Fontainebleau (Oligocène)**

Ils ne sont présents qu'en bordure nord-est du département et partiellement recouverts par les argiles à meulières et le calcaire d'Etampes. L'ensemble de la formation ne dépasse pas ici 30 m. La base présente un niveau à galets de silex et quelques lits grossiers à graviers sont signalés. En profondeur, les sables sont généralement de teinte grise à verdâtre. Au quartz se trouvent associés des matières organiques, de la glauconie, des carbonates, de la pyrite, des argiles de type smectite, etc. L'altération de surface, en particulier sur la bordure des plateaux, conduit au faciès de sablon blanc largement représenté. Il s'agit d'un sable très pur dont la granulométrie moyenne voisine 0,1 mm et la teneur en silice est comprise entre 95 et 99 %.

#### **e) Argile à silex (Crétacé-Tertiaire)**

Sous l'appellation argiles à silex sont regroupés des matériaux de nature et d'âge variables. Très schématiquement, on distingue des résidus de la décalcification des craies crétacées correspondant à des argiles plastiques (smectites, illite, kaolinite) blanches à grises plus ou moins riches en silex, générées au Crétacé terminal et au tout début du Tertiaire. On distingue aussi des dépôts d'âge éocène conservés en amas reliques de taille variable, correspondant à des blocs et galets de silex, à des blocs de grès, à des sables fins à grossiers et à des argiles. Deux types de formations tertiaires sont principalement concernées : les *Sables, grès et argiles versicolores de la Touraine*

et du Vendômois sur l'essentiel du département et les *Sables du Thymerais* au nord-ouest. Au cours du Tertiaire et du Quaternaire, des processus d'altération continentale ont modifié ces dépôts par kaolinisation, ferruginisation, mélanges divers, déplacement sur les pentes contribuant à la formation des biefs à silex partiellement débarrassés de la matrice argileuse. Cette formation cartographiée sous l'appellation très générale d'argiles à silex s'avère très complexe dans le détail. Des caractères généraux s'y distinguent : la partie inférieure est une association d'argile blanche et de silex, une charge sableuse apparaît très localement en bordure ouest. La partie supérieure est polygénique ; elle a incorporé sous les effets de l'altération, de la cryoturbation et de la solifluxion, des dépôts tertiaires et quaternaires sableux, argileux et limoneux. La teinte est bariolée à dominante rouge. Les épaisseurs sont variables :

- au sud de Châteaudun : 10 à 25 m,
- au nord de Châteaudun : 15 à 30 m,
- vers Illiers-Combray : de 20 à 25 m,
- à l'ouest de Chartres : de 15 à 25 m,
- au nord de Courville jusqu'à Dreux : de 15 à 40 m (maximum 50 m),
- en rive droite de l'Eure : de 5 à 10 m.
- les dépôts tertiaires résiduels, en particulier les *Sables du Thymerais* peuvent constituer des lentilles de 25 à 150 m de diamètre sur 2 à 12 m de profondeur, avec présence de goulets métriques karstiques descendant jusqu'à la craie. Une cinquantaine d'indices de ce type est actuellement recensée sur le périmètre de la carte géologique de Dreux.

Le développement des biefs à silex est favorisé par quelques conditions principales : la présence de sable matriciel perméable, favorable aux circulations d'eau capables de lessiver les argiles ; l'exposition pendant le Quaternaire aux conditions glaciaires favorisant la gélifraction ; la présence de pente propice au tri sélectif par ruissellement.

#### **f) Craie blanche à silex (Sénonien)**

Bien que constituant le substratum de l'essentiel du département, la craie est largement masquée par les argiles à silex dont l'épaisseur est généralement conséquente.

Jadis les "marnières" étaient le lieu d'exploitation local des craies, depuis le plateau, à partir de puits verticaux plus ou moins profonds donnant accès à des chambres d'exploitation.

L'affleurement naturel des craies est limité à la partie moyenne ou inférieure des flancs de vallées encaissées. Ces conditions sont très restreintes au sud de Bonneval pour le Loir, au nord de Chartres pour l'Eure et le long de l'Avre. En rive droite de l'Eure, à l'est de Dreux, une érosion par la mer stampienne a permis le décapage des argiles à silex et la mise à l'affleurement de surfaces importantes de craie.

La craie blanche est tendre et très peu argileuse, elle contient des silex en rognons, en plaquettes et en bancs dont la proportion peut atteindre 20 % de la roche totale.

#### **g) Sables du Perche (Cénomaniens)**

La formation n'affleure que sur la partie occidentale du département. Elle est accessible à flanc de coteau sur l'extrême ouest vers Nogent-le-Rotrou, puis en fond de vallée, vers l'est. D'ouest en est, des argiles à silex puis la craie recouvrent les sables du Perche.

Vers Nogent, la série atteint 23 mètres d'épaisseur et est accessible sur sa totalité. Vers l'ouest les épaisseurs augmentent jusqu'à environ 50 mètres mais l'accessibilité se réduit à de plus faibles épaisseurs, dans les fonds et les flancs des vallées, du fait de l'augmentation des recouvrements.

Vers le nord-ouest, les faciès sableux tendent à évoluer vers des marnes.

Le matériau correspond à des sables de teinte beige à rousse, fins à moyens, parfois grossiers à rares petits gravillons de quartz et quelques éléments coquilliers calcaires. Les grains sont à large dominante de quartz auxquels s'adjoignent des micas type muscovite, quelques grains de glauconie et de rares minéraux lourds (staurotide, andalousite,...). De légères concentrations argileuses type kaolinite peuvent parfois apparaître au sein des sables. A l'affleurement, sur plusieurs mètres d'épaisseur à partir de la surface, l'altération provoque souvent une rubéfaction avec enrichissement en argile kaolinique et hydroxydes de fer.

### **2.3.4. Cartographie**

La cartographie des formations géologiques (planche 12), repose sur les données de la Carte géologique de la France à 1/50 000. Le contour des formations a été réalisé directement à partir des 17 cartes géologiques à 1/50 000 disponibles ; les deux feuilles non encore levées ont été remplacées par les cartes à 1/80 000 correspondantes et par les nouveaux levés partiels non publiés. Une maquette sur calque stable a été dessinée en utilisant les réductions photographiques à 1/100 000 des cartes géologiques. L'information cartographique a été numérisée sur microstation puis intégrée dans une base de données géoréférencées, gérée par le logiciel SynerGis © version SGBD - Arc Info. Les formations géologiques sont représentées par les couleurs dont la correspondance est donnée en légende. Les faibles recouvrements de dépôts superficiels ne sont pas cartographiés ; ils sont assimilés aux terrains de couverture pris en compte dans la cartographie des sols (carte des réserves utiles). Les épaisseurs citées dans le texte résultent d'une généralisation des données de forages et des observations des géologues cartographes.

### 2.3.5. Les types de perméabilité des formations géologiques affleurantes

Sur la base de leur expérience, les membres du comité de pilotage ont décidé de regrouper les formations affleurantes en 4 classes de perméabilité :

|                    |                             |
|--------------------|-----------------------------|
| perméable en grand | $K > 10^{-3}$ m/s           |
| perméable filtrant | $10^{-3} < K < 10^{-6}$ m/s |
| peu perméable      | $10^{-6} < K < 10^{-9}$ m/s |
| imperméable        | $K < 10^{-9}$ m/s           |

| Formations géologiques                         | Classes de perméabilité |
|------------------------------------------------|-------------------------|
| Sables et graviers alluvionnaires              | perméable filtrant      |
| Sables et argiles de Sologne et de l'Orléanais | peu perméable           |
| Calcaires de Pithiviers                        | perméable en grand      |
| Marnes de Voise et Molasse du Gâtinais         | peu perméable           |
| Sables de Fontainebleau                        | perméable filtrant      |
| Calcaires d'Etampes                            | perméable en grand      |
| Formation de Brie                              | perméable en grand      |
| Marnes de Villeau et Calcaires de Morancez     | perméable filtrant      |
| Argiles sparnaciennes                          | peu perméable           |
| Eocène argileux et détritiques                 | imperméable             |
| Argile à silex                                 | peu perméable           |
| Argile à silex hydromorphe en surface          | imperméable             |
| Craie séno-turonienne                          | perméable en grand      |
| Sables du Perche                               | perméable filtrant      |
| Craie glauconieuse cénomaniennne               | perméable en grand      |
| Gaize cénomaniennne                            | perméable filtrant      |
| Sables de l'Albien                             | perméable filtrant      |
| Argiles barrémiennes                           | imperméable             |
| Calcaires jurassiques                          | perméable en grand      |

*Tabl. 6 - Formations géologiques et types de perméabilité (sources : BRGM, conseil général et chambre d'agriculture d'Eure-et-Loir).*

La carte résultante est présentée sur la planche 13.

### 2.3.6. Les phénomènes karstiques

L'appréhension des zones karstiques comme zones de très forte perméabilité potentielle, a été conduite à partir de plusieurs démarches (pl. 14).

Les indices karstiques ponctuels : gouffres, effondrements, pertes, résurgence, grottes, dépressions, dolines, relevés sur les cartes topographiques à 1/25 000 et sur les cartes géologiques à 1/50 000 ont été intégrés dans une base de données géoréférencée.

L'image ombrée du modèle numérique de terrain (MNT), a permis une analyse des linéaments (discontinuités morphologiques et alignements structuraux plurikilométriques).

Toutes ces données ont permis d'établir une carte de densité des phénomènes karstiques ponctuels, une carte de densité des linéaments et la distribution de ces derniers (N40-50, E-W et N120-130).

Le groupe de travail a estimé que les indices karstiques ponctuels identifiés ne reflétaient qu'un état des connaissances peu représentatif de l'ensemble du département. Sur la base de l'expérience de terrain, une zone de grande probabilité d'occurrence de phénomènes karstiques a été dessinée puis intégrée comme niveau d'information. Celle-ci couvre l'ensemble du département à l'exception d'une bande d'argiles à silex hydromorphes à la limite du Perche. Lors de révisions ultérieures, ce niveau d'information pourrait être utilement précisé par les données de l'inventaire des cavités du département que nous recommandons de réaliser.

## **2.4. HYDROGÉOLOGIE, PIÉZOMÉTRIE ET ÉPAISSEUR DES FORMATIONS GÉOLOGIQUES AU-DESSUS DES NAPPES EXPLOITÉES**

### **2.4.1. Les principaux aquifères du département**

Dans le département d'Eure-et-Loir, partie occidentale du Bassin parisien, les couches sédimentaires comprennent plusieurs unités aquifères qui sont, de la plus récente à la plus ancienne :

- les alluvions de l'Eure et du Loir,
- les calcaires de Beauce,
- les sables de Fontainebleau,
- les réservoirs de l'Eocène,
- la craie,
- les sables du Perche,
- les sables de l'Albien,
- les calcaires du Jurassique.

#### ***a) Les nappes alluviales de l'Eure et du Loir***

Dans la partie aval de ces cours d'eau, les alluvions comportent des couches sablo-graveleuses sous un recouvrement argileux. La nappe alluviale est bien visible dans les nombreuses gravières de la vallée de l'Eure en aval de Courville-sur-Eure et dans celle

du Loir en aval d'Illiers. La nappe alluviale de l'Eure draine ou alimente la rivière suivant les saisons ; elle reçoit également les apports latéraux de la nappe de la craie. Pour le Loir, le colmatage des berges est plus marqué d'où une plus grande indépendance de la nappe vis-à-vis du cours d'eau. Les rares ouvrages captant exclusivement ces nappes alluviales donnent un débit de 10 à 50 m<sup>3</sup>/h. Du point de vue chimie, le pH est en général bas et la dureté est peu élevée (15 à 20°) ; la variabilité d'un point à un autre est cependant importante. Les nappes sont très vulnérables car très superficielles. De nombreux puits traditionnels captaient ces nappes alluviales. Actuellement, ils sont pour la plupart abandonnés ou ne servent qu'à l'arrosage de jardins.

### **b) La nappe de Beauce**

Les Calcaires de Beauce constituent l'un des plus importants aquifères de France. En Eure-et-Loir, ils occupent le quart sud-est du département. Ils surmontent la craie à l'est de l'Eure et du Loir et se développent vers l'est jusqu'à atteindre une cinquantaine de mètres d'épaisseur en limite du Loiret. Ce calcaire est intensément fracturé, parfois karstique. Il constitue un aquifère continu très transmissif, où les circulations restent rapides.

La nappe de Beauce s'écoule vers le sud, avec une faible composante vers l'Eure et le Loir en limite d'affleurement, car elle est drainée par le cours aval des ruisseaux tels que la Voise et la Conie. Vers le centre de la Beauce, la nappe est profonde et les vallées précitées sont dénoyées. Les fluctuations saisonnières et interannuelles sont importantes, accentuées par une exploitation intensive de la nappe.

La nappe de Beauce est principalement exploitée pour l'arrosage par aspersion en agriculture et l'on compte plus d'un millier de forages dans ce secteur de Beauce. La productivité de la nappe de Beauce est liée à l'épaisseur mouillée du réservoir. Elle est faible en bordure des affleurements et augmente considérablement vers l'est où les forages peuvent donner jusqu'à plus de 200 m<sup>3</sup>/h avec des rabattements de l'ordre du mètre. Les transmissivités calculées varient de  $5.10^{-2}$  à  $3.10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s.

La Beauce est un plateau ayant peu de vallées pour drainer les eaux. Les eaux résiduelles et divers rejets s'infiltrant donc naturellement ou artificiellement. Il s'ensuit que la presque totalité de la nappe libre est contaminée par les activités humaines. L'eau des calcaires de Beauce est bicarbonatée calcique, avec un pH supérieur à 7, une dureté moyenne de 20 à 30°. La teneur en nitrates est partout élevée, les maximums étant mesurés dans les secteurs où l'aquifère est peu épais, c'est-à-dire vers l'ouest. Mais les nitrates ne sont qu'un indicateur et sont accompagnés de tout un cortège de produits polluants résultant des activités humaines. Car la nappe de Beauce est très vulnérable, principalement en Eure-et-Loir où le ruissellement n'existe pas et où le calcaire presque à nu absorbe rapidement toutes les eaux de surface. En raison de la forte pollution diffuse due aux nitrates, la nappe ne peut plus répondre actuellement aux besoins de la

consommation humaine et les collectivités recherchent la nappe sous-jacente de la craie, ou celle des sables de Fontainebleau à l'est.

### **c) La nappe des Sables de Fontainebleau**

Les sables marins, du Stampien, créent une nappe perchée en bordure nord-est du département, drainée vers les vallées. A l'est du département, en bordure de l'Essonne et du Loiret, ils s'ennoient sous le calcaire de Beauce où ils constituent un aquifère intéressant pour l'eau potable. Ce sont des sables fins, localement indurés sous forme de grès, avec niveaux argileux ou coquilliers. Ils peuvent aussi être chargés en matières organiques comme à l'est d'Auneau.

Cet aquifère est peu épais à l'affleurement mais peut dépasser 40 mètres sous la Beauce. Ces caractéristiques hydrodynamiques sont mal connues mais semblent intéressantes, de l'ordre de 10 m<sup>3</sup>/h/m de débit spécifique pour 40 mètres de formation. Il se développe considérablement dans les Yvelines.

L'eau est assez minéralisée (conductivité de l'ordre de 500 µS) et relativement dure. Les teneurs rencontrées en nitrates sont faibles (0 à 10 mg/l), par contre, un traitement du fer est nécessaire pour son utilisation en eau potable.

La nappe des Sables de Fontainebleau est captée pour des besoins individuels par puits. Le captage par forage est techniquement difficile et coûteux en raison de la finesse des sables. A l'est du département (cantons d'Auneau et de Janville), ils représentent une ressource intéressante pour l'eau potable compte tenu de sa qualité. La présence de matières organiques pose cependant des problèmes de traitement. Ces sables sont de plus en plus sollicités pour l'irrigation, depuis la baisse du niveau de la nappe de Beauce. La nappe est exploitée pour eau potable dans les Yvelines.

### **d) Les réservoirs de l'Eocène**

En continuité avec les Sables de Fontainebleau, on trouve une succession de couches calcaires et sableuses aquifères. Elles sont peu développées en Eure-et-Loir à l'extrême nord du département ainsi que dans le canton d'Auneau à l'est, mais constituent une ressource utilisée pour l'eau potable.

### **e) La nappe de la craie**

Le Crétacé supérieur, du Sénonien au Cénomaniens, est constitué de craie franche dans sa partie supérieure, de plus en plus marneuse à partir du Turonien, vers le bas. La craie franche est poreuse mais peu perméable. Elle ne constitue un réservoir aquifère que lorsqu'elle est fissurée le long d'accidents tectoniques et/ou altérée, sous les principales vallées ; les deux conditions étant souvent liées. Les couches sédimentaires s'enfonçant vers le centre du Bassin parisien, vers le NNW, c'est donc dans la partie orientale du domaine crayeux que l'on peut trouver les ressources en eau.



La nappe de la craie est drainée par les cours d'eau du département et est donc en continuité avec les nappes alluviales de l'Eure et du Loir. Sous les plateaux, la nappe est profonde de 20 m à parfois plus de 40 m ; les fluctuations saisonnières y sont fortes.

La craie étant un réservoir discontinu, les productivités sont extrêmement variables. Les plus forts débits sont obtenus dans la craie du Sénonien, donc du côté est, dans les conditions précitées : jusqu'à 600 m<sup>3</sup>/h à Dreux, avec un débit spécifique de 500 m<sup>3</sup>/h/m. Hors de ces conditions géologiques, les débits épuisés sont faibles : moins de 5 m<sup>3</sup>/h en général. Des phénomènes karstiques peuvent se développer (pertes et résurgences dans la région de Senonches, par exemple).

En s'éloignant vers l'ouest et le sud, la craie n'est plus productive, à de rares exceptions près.

Du point de vue chimie, les caractéristiques générales sont :

- un pH alcalin (7,2 à 8,6),
- une dureté élevée (20 à 33°),
- une teneur en nitrates souvent élevée et pouvant présenter une grande variabilité saisonnière.

La nappe de la craie est vulnérable du fait de sa perméabilité (milieu discontinu) et de sa couverture d'argile à silex irrégulière.

Ce réservoir du Crétacé est l'unique ressource économiquement exploitable sur près des deux tiers du département. On y trouve de nombreux puits parfois très profonds qui étaient destinés aux usages domestiques. Actuellement, les forages répondent à l'ensemble des besoins : eau potable de la majorité des centres urbains (Chartres, Dreux, Châteaudun, ...), industrie, agriculture.

#### ***f) La nappe des Sables du Perche***

Les Sables du Cénomaniens supérieur, dits du Perche, affleurent localement à l'extrême ouest du département dans les vallées et s'enfoncent sous les formations crayeuses et marneuses du Turonien inférieur vers l'est. L'épaisseur de ces sables est de plus de 30 m aux affleurements. Elle se réduit rapidement en profondeur et les sables disparaissent approximativement au niveau d'une ligne passant par Courville-sur-Eure/Bonneval.

La nappe s'écoule vers l'est où elle devient rapidement captive. L'eau est alors artésienne et jaillissante sur quelques forages profonds. De par la lithologie du réservoir et la couverture marneuse très épaisse, la nappe est peu vulnérable. Elle est exploitée pour des besoins divers à proximité des affleurements (eau potable, agriculture).

La productivité de cet aquifère est variable : 100 à 150 m<sup>3</sup>/h à Senonches-Pontgouin, 20 m<sup>3</sup>/h environ à l'ouest, où la puissance est maximale. Elle se réduit rapidement vers l'est : 7 m<sup>3</sup>/h au Favril, 3 à Dangers.

A l'affleurement ou sous couverture d'argile à silex, les principales caractéristiques chimiques sont :

- une résistivité élevée (eau bien filtrée),
- un pH à tendance acide,
- une faible dureté (10° F environ),
- une teneur en nitrates très faible à nulle.

Sous couverture crayeuse, l'eau se minéralise et seule la déferrisation peut devenir nécessaire. Dans ces conditions, l'eau nécessite un traitement de neutralisation et déferrisation.

De par la lithologie du réservoir et la couverture marneuse très épaisse, la nappe est peu vulnérable aux activités humaines de surface.

La nappe est exploitée pour des besoins divers à proximité des affleurements (eau potable, agriculture). En domaine captif profond, les débits exhaurés sont faibles (< 50 m<sup>3</sup>/h) et le coût des captages est trop élevé pour permettre une large exploitation de la ressource.

#### ***g) Les sables de l'Albien***

Cette formation n'est présente qu'à grande profondeur à l'est du département et n'a été atteinte que par de très rares forages dont le dernier, à Yèvres, a donné 45 m<sup>3</sup>/h d'une eau de bonne qualité, malgré une forte teneur en fer (0,4 mg/l) comme pour tous les captages dans cet aquifère.

Profonde, coûteuse à capter, mais bien protégée naturellement, cette nappe ne peut répondre qu'aux besoins en eau potable.

#### ***h) Les calcaires du Jurassique***

Quelques forages captent l'eau dans les calcaires du Jurassique supérieur lorsque celui-ci est peu profond, sur les anticlinaux ; le calcaire étant intrinsèquement compact, les forages ne sont productifs que lorsque le calcaire est fracturé, comme le long des grands accidents de type armoricain, d'orientation NW-SE.

Ce réservoir est connu par quelques forages d'eau près de Nogent-le-Rotrou, où les débits obtenus atteignent 50 m<sup>3</sup>/h et en profondeur vers l'est, par des forages de recherche pétrolière.

## 2.4.2. Contour des nappes exploitées

Le tracé de la carte des épaisseurs de terrains au-dessus des nappes exploitées nécessite de connaître :

- les contours,
- la cote piézométrique de chaque nappe,
- la cote topographique.

Les contours des nappes exploitées ont été fournis par le conseil général d'Eure-et-Loir et sont reproduits sur la planche 15. En ce qui concerne la limite nappe de Beauce - nappe de la craie, il a été vérifié que ces contours étaient bien en accord avec ceux tracés lors de la campagne piézométrique de 1994 (rapport BRGM R 38572). A l'intérieur de l'aquifère cénomanien, la limite des aquifères "Sables du Perche" - "Craie cénomaniennne" est approximative dans la mesure où la complexité de ces aquifères est telle qu'on n'a pas encore pu établir une limite franche.

## 2.4.3. Cote piézométrique ou niveau des nappes

Il aurait été préférable de se placer en situation de hautes eaux, pour avoir une image de la vulnérabilité maximale. Toutefois, il n'existe pas de données en nombre suffisant pour tracer une carte des hautes eaux fiable et précise. On a donc été contraint d'utiliser les cartes des basses eaux existantes, lesquelles ont été établies à partir de données nettement plus nombreuses.

Ainsi, les données suivantes ont été utilisées :

- *nappe de Beauce* : campagne piézométrique des basses eaux d'octobre-novembre 1994 (rapport BRGM R38572), carte tracée à 1/250 000 ;
- *nappe du Cénomanienn* (Sable du Perche + Craie Cénomaniennne) : les 2 aquifères n'ont pu être distingués comme expliqué précédemment. On a utilisé la carte piézométrique des basses eaux 1994 du rapport BRGM R38582, établie à 1/250 000, ainsi que les cartes piézométriques "étiage 1987" fournies par l'agence de l'eau Loire-Bretagne, et dessinées à 1/100 000 ;
- *nappe de la craie séno-turonienne* : les cartes piézométriques utilisées ont été fournies par le conseil général d'Eure-et-Loir. Elles sont relatives aux basses eaux de 1994 et couvrent, à 1/100 000, la partie de nappe située grossièrement au nord de Chartres. Les cartes de l'agence de l'eau Loire-Bretagne ont également été utilisées. Elles couvrent la partie de nappe située au sud de Chartres. Elles concernent l'étiage 1987 et sont tracées à 1/100 000.

L'interpolation de la piézométrie a été effectuée séparément pour chaque aquifère, aux nœud d'une grille de 250 m x 250 m. Il faut signaler que localement on pouvait observer un léger recouvrement des cartes piézométriques utilisées, faisant apparaître des

différences dans le tracé des courbes piézométriques. L'idéal aurait été de réinterpréter les données piézométriques pour retracer des courbes cohérentes. Ce problème a été soumis à l'hydrogéologue du conseil général. L'écart constaté restant limité, et compte tenu du temps disponible, il a été décidé de simplement moyenner les courbes piézométriques afin d'homogénéiser les cartes.

On a par ailleurs corrigé les courbes piézométriques dans les zones où l'on constatait la relation suivante : piézo > topographie. Cela se produisait en fond de vallée et était lié à des configurations particulières de la topographie.

Les cartes piézométriques obtenues sont présentées sur la planche 16.

#### **2.4.4. Épaisseur des formations situées au-dessus des nappes exploitées**

Une fois la carte piézométrique établie, il suffit d'effectuer la différence :

"topographie - piézométrie" pour obtenir la carte de l'épaisseur des terrains situés au-dessus des nappes exploitées.

Le résultat est présenté sur la planche 17.

### **2.5. COMBINAISON DES NIVEAUX D'INFORMATION, RECHERCHE DE SIMILITUDES ET IMAGE DE LA VULNÉRABILITÉ INTRINSÈQUE**

Le processus de combinaison des données pour composer l'image de la vulnérabilité est dénommé recherche de similitude. Cette méthode de classification permet de combiner des grilles dont les intervalles de valeurs sont dissemblables. De même, elle permet de prendre en compte des données correspondant aussi bien à des mesures continues, (recharge et ruissellement exprimés en millimètres, pente en %, épaisseurs des formations au-dessus des nappes en mètres, etc.), qu'à des intervalles de valeurs correspondant à un codage attribué par l'utilisateur (types de réserve utile ou types de perméabilité).

Cette méthode est une alternative intéressante à la méthode classique de codage et d'addition empreinte de la subjectivité de l'utilisateur qui définit le recodage.

Quelle que soit la méthode employée, l'introduction d'une pondération des différents critères semblerait nécessaire car tous n'ont pas a priori la même importance. Se pose donc le problème de la valeur du poids, ou coefficient multiplicateur à accorder à chaque couche d'information. La recherche de corrélations ou d'anticorrélation, par l'analyse en composante principale, a été envisagée en comparant chacun des critères à une réalité observée. Mais des incertitudes pèsent sur un certain nombre de critères importants, comme par exemple la répartition des indices karstiques, dont l'image actuelle reflète davantage un état des connaissances plutôt qu'une réalité exhaustive. Par

| Critère                                                                | Type | Intervalle | Unité | Vulnérabilité faible | Vulnérabilité forte |
|------------------------------------------------------------------------|------|------------|-------|----------------------|---------------------|
| Stock d'eau disponible pour la recharge des nappes et le ruissellement | Réel | 0 - 467    | mm    | 0                    | 467                 |
| Pentes                                                                 | Réel | 0 - 46     | %     | 46                   | 0                   |
| Types de perméabilité des formations affleurantes                      | Codé | 0 - 3      |       | 0                    | 3                   |
| Zones potentiellement karstiques                                       | Codé | 0 - 1      |       | 0                    | 1                   |
| Epaisseur des formations au-dessus des nappes exploitées               | Réel | 0 - 104    | m     | 104                  | 0                   |

*Tabl. 7 - Grilles d'intervalles de valeurs dissemblables.*

ailleurs, la comparaison par rapport à la distribution des teneurs en nitrates par exemple, conduirait à ne comparer la vulnérabilité intrinsèque qu'à la contamination chronique et diffuse sans prendre en compte les autres formes de pollutions. Pour l'échelle de travail utilisée (1/100 000), et compte tenu des imprécisions des connaissances, les critères choisis ont été affectés d'un poids égal à 1 par le groupe de travail.

Les résultats sont représentés sur la planche n° 18. Les formations de Beauce apparaissent parmi les plus vulnérables, notamment les dépressions et les fonds de vallées qui ont le niveau de vulnérabilité le plus élevé du département. Apparaissent aussi comme très vulnérables la vallée de l'Eure en aval de Chartres, les vallées de ses affluents ainsi que les zones concernées par les affleurements des sables de Fontainebleau et de la craie dans le Drouais. C'est donc toute la façade orientale du département, qui du nord au sud montre les plus forts niveaux de vulnérabilité.

Les niveaux de moyenne ou faible vulnérabilité apparaissent sur les plateaux d'argiles à silex dans la partie médiane du département. Les fonds de vallées sont bien entendu plus vulnérables que les coteaux adjacents, recouverts d'argile à silex peu perméable.

Dans le Perche, à l'exception des fonds de vallées qui ont une vulnérabilité forte ou même très forte, on retrouve des niveaux de moyenne à faible vulnérabilité bien que la distribution soit plus contrastée.

Enfin, les zones de très faible vulnérabilité apparaissent dans le Faux Perche, sur sols hydromorphes recouvrant l'argile à silex, et dans les zones où la probabilité de développements karstiques en profondeur semble limitée.



### **3. Agressivité anthropique ou pression polluante ; prise en compte des données disponibles et accessibles**

#### **3.1. LES CONTAMINATIONS CHRONIQUES ET DIFFUSES : CARTE DES TENEURS EN NITRATES**

Les teneurs en nitrate prises en compte sont les mesures de 1995 fournies par la DDASS. Les fichiers DDASS ne comportant pas de numéro BSS ni de coordonnées, il a été nécessaire de les compléter. D'autre part, il a fallu également ajouter un champ permettant d'identifier la nature de la nappe exploitée. Enfin, les captages abandonnés ont été éliminés, ainsi que les captages pour lesquels aucune teneur en  $\text{NO}_3$  n'était indiquée.

Ces corrections ont été effectuées en collaboration avec le conseil général. Après correction on dispose de 347 données :

- 54 captages dans les calcaires de Beauce,
- 224 captages dans la craie séno-turonienne,
- 48 captages dans l'aquifère cénomanien,
- 8 captages prélevant à la fois dans les calcaires de Beauce et dans la craie séno-turonienne,
- 7 captages dans le Stampien,
- 3 captages prélevant à la fois dans les alluvions et dans la craie séno-turonienne,
- 1 captage dans les alluvions,
- 1 captage dans le Jurassique,
- 1 captage dans l'Eure.

Seuls les 3 premiers types de captages sont pris en compte pour l'interpolation des teneurs, soit 326 données. Les autres captages concernent soit des mélanges de plusieurs aquifères, soit des aquifères non pris en compte dans l'étude. Ils ont donc été éliminés.

Les caractéristiques statistiques des teneurs en nitrate dans les trois aquifères retenus sont les suivantes :

| Aquifère                                          | Calcaire de Beauce | Craie sénonturonienne | Cénomanién |
|---------------------------------------------------|--------------------|-----------------------|------------|
| Nombre de captages                                | 54                 | 224                   | 48         |
| NO <sub>3</sub> : moyenne (mg/l)                  | 50                 | 40                    | 30         |
| NO <sub>3</sub> : écart-type <sup>12</sup> (mg/l) | 12                 | 12                    | 12         |
| NO <sub>3</sub> : min-max (mg/l)                  | [12 - 78]          | [0 - 67]              | [0 - 48]   |

**Tabl. 8 - Caractéristiques statistiques et géostatistiques des teneurs en nitrate dans les trois principaux aquifères.**

En moyenne c'est l'aquifère des calcaires de Beauce qui est le plus chargé en nitrates.

En ce qui concerne la variabilité spatiale, on peut formuler les remarques suivantes :

- pour chacun des trois aquifères, on observe de fortes discontinuités locales liées à des pics de teneur. Il est donc difficile de prévoir les variations de teneurs à petite échelle ;
- dans les aquifères de Beauce et du Cénomanién, les teneurs sont moins bien corrélées, à l'échelle de quelques kilomètres, que dans l'aquifère de la Craie. Ceci implique que l'estimation des teneurs est plus précise dans l'aquifère de la Craie.

L'interpolation des teneurs en nitrate est effectuée séparément pour chaque aquifère. La méthode d'interpolation choisie fait appel à la "géostatistique". Cette technique réalise une interpolation optimale qui se base sur les corrélations des teneurs. Le lecteur désireux d'obtenir des renseignements à ce sujet pourra se reporter à l'annexe 3 consacrée à la géostatistique. Compte tenu des corrélations de teneurs observées, la carte est globalement plus précise dans l'aquifère de la Craie et moins précise dans l'aquifère des calcaires de Beauce (voir détails en annexe 3).

La carte des teneurs en nitrates est reproduite planche 19. Par rapport à la carte de la vulnérabilité intrinsèque, on observe des similitudes, notamment sur la Beauce et sur le Perche et certaines différences, notamment dans le Drouais et au nord de Bonneval entre Chartres et Châteaudun. Le recouvrement d'argiles à silex susceptible de protéger la nappe sous-jacente n'est pas suffisant pour limiter la migration des pollutions. La localisation des anomalies semble indiquer une contribution des fonds des vallées sèches comme collecteurs et vecteurs de la contamination. Ainsi, dans le cas de pollutions diffuses et chroniques les transferts latéraux par écoulement de surface ou de subsurface semblent significatifs. Ils doivent être pris en compte dans l'établissement des périmètres de protection éloignés (ou de vigilance).

<sup>12</sup> L' écart-type est une quantité liée aux écarts des teneurs par rapport à leur moyenne. Plus l'écart-type est grand, et plus il y a de valeurs extrêmes, c'est-à-dire faibles et fortes par rapport à la moyenne. Plus l'écart-type est faible, et plus les teneurs sont proches de leur moyenne.



### **3.2. LES POLLUTIONS POTENTIELLES ACCIDENTELLES**

Les pollutions accidentelles des eaux de surface et souterraines peuvent avoir des causes multiples. La pollution peut être créée dans un établissement ou un entrepôt industriel, commercial ou agricole, sur les aires de stockage de produits en vrac, ou conditionnés en emballages divers. Elle peut se produire en cours de transport des produits par route, chemin de fer ou canalisations souterraines. Elle peut être due à des vidanges ou déversements délibérés de produits divers. Elle peut être engendrée lors d'inondations par débordement de citernes ou lessivage des produits en stock.

Des enquêtes relatives aux pollutions accidentelles en France, indiquent que le secteur industriel est identifié comme l'origine principale des pollutions. Les principaux polluants identifiés sont les hydrocarbures et les produits chimiques. Les nappes d'eau souterraines sont parmi les cibles courantes.

A partir de ce constat, nous avons intégré les sites susceptibles de représenter une menace de pollution des sols et des eaux souterraines. Chaque site implanté sur fond topographique au 1/25 000 a fait l'objet du calcul des coordonnées cartographiques en Lambert 2 étendu pour être représenté dans la cartographie informatique. Dans certains cas, des plans ont été digitalisés avant d'être intégrés dans la cartographie.

#### **3.2.1. Les installations classées en activité contrôlées par la DRIRE**

Une sélection établie en concertation avec la DRIRE en juin 1998 (cf. annexe 4), fait état de 37 établissements répartis sur 22 communes. Les principales activités retenues concernent : les centres d'enfouissements techniques de classe 2 (CET 2), le traitement de déchets, les produits de vidange et l'épandage de boues industrielles, les traitements de surface, les plastiques, les composants électroniques, les produits chimiques, phytosanitaires, pharmaceutiques, les parfums et cosmétiques, les peintures et alcools, l'industrie du sucre.

#### **3.2.2. Les sites pollués connus et recensés par la DRIRE**

L'inventaire des sites et sols pollués réalisé par la DRIRE en 1994 a été réactualisé en 1996 (cf. annexe 5), et publié par le ministère de l'Environnement en novembre 1997. Des études et des travaux ont été engagés. Le site de Chromix à Saint-Piat est libre d'usage. Une recherche de responsabilité est nécessaire pour connaître les causes de pollution des captages pollués et fermés de Charpont Ecluzelles (dépôts de déchets de Charpont, d'Ecluzelles, du Boullaye - Mivoye, de Mézières en Drouais), et de Dreux en vallée de l'Avre (décharge de l'Arche du Gazon, déposante du Chêne Saint-Louis).

### 3.2.3. Les décharges recensées

D'après la liste établie par le Conseil général (cf. annexe 6), 189 sites de décharges ont été recensés sur 130 communes entre juin 1993 et mai 1997.

| Décharges<br>Eure-et-Loir | Importantes | Moyennes | Petites | Indifférenciées | Total |
|---------------------------|-------------|----------|---------|-----------------|-------|
| actives                   | 12          | 36       | 84      | 2               | 134   |
| fermées                   | 1           | 6        | 24      | 1               | 32    |
| réhabilitées              | 5           | 4        | 7       |                 | 16    |
| sauvages actives          |             |          | 6       |                 | 6     |
| sauvages fermées          |             |          | 1       |                 | 1     |
| Total recensé             | 18          | 46       | 122     | 3               | 189   |

*Tabl. 9 - Décharges recensées (cf. annexe 6) (source : Conseil général, 1997).*

### 3.2.4. Les dépôts d'engrais liquide

D'après la liste établie par le Conseil général (cf. annexe 7), 163 dépôts d'engrais liquide sont répartis sur 118 communes et gérés par 13 coopératives. Les 123 dépôts dont la capacité est connue correspondent à un total de 40 763 m<sup>3</sup>.

| Capacité en m <sup>3</sup> | Nombre de<br>dépôts<br>recensés |
|----------------------------|---------------------------------|
| 100 à 200                  | 73                              |
| 210 à 300                  | 16                              |
| 320 à 430                  | 12                              |
| 494 à 830                  | 12                              |
| 1000 à 2000                | 9                               |
| 2350                       | 1                               |
| inconnue                   | 40                              |

*Tabl. 10 - Dépôts d'engrais liquide (cf. annexe 7)  
(source : Conseil général, mai 1997).*

### 3.2.5. Les stations d'épuration

D'après la liste établie par le Conseil général modifiée le 08-11-1996 (cf. annexe 8), 152 stations d'épuration ont été recensées sur 138 communes entre 1960 et 1996.

| Capacité installée | Nombre |
|--------------------|--------|
| de 100 à 450       | 49     |
| 500 - 800          | 44     |
| 1000 - 1500        | 25     |
| 2000 - 4500        | 19     |
| 5000 - 8000        | 10     |
| 12000 - 17500      | 3      |
| 10000 - 140000     | 2      |

*Tabl. 11 - Stations d'épuration recensées (cf. annexe 8)  
(source : Conseil général, 1997).*

### 3.2.6. Les canalisations de transport d'hydrocarbures liquides

Les pipe lines exploités par TRAPIL (Société des Transports Pétroliers par Pipe-Line) ont été digitalisés à 1/250 000 à partir des plans transmis par le Conseil général et la société TRAPIL. Ces canalisations transportent des hydrocarbures raffinés tels que : carburant auto, supercarburant, carburéacteurs JPL, gazole et fioul domestique.

La canalisation Dondes - Metz a un diamètre de 305 mm et est enterrée à 80 cm de profondeur. Elle traverse d'ouest en est les localités suivantes : Arrou, Châtillon-en-Dunois, Logron, Gohory, Dangeau, Montharville, Bonneval, Moriers, Pré-Saint-Martin, Le Gault-Saint-Denis, Villars, Villeau, Voves, Prasvilles, Moutiers, Louville-la-Chenard, Levesville-la-Chenard, Baudreville, Gommerville, (Granville-Gaudreville). Cette canalisation traverse L'Yerre à Arrou et le Loir à Bonneval.

La canalisation Coignières (78) - Semoy (45) - Saint-Pierre-des-Coprs (37) a un diamètre de 406 mm et est enterrée à 80 cm de profondeur. Elle traverse du nord au sud les localités suivantes : Aunay-sous-Auneau, Sainville, Maisons, Lethuin, Gouillons, Levesville-la-Chenard, Neuvy-en-Beauce, Trancrainville, Onville-Saint-Liphard, Poinville-Santilly.

### 3.2.7. Les zones urbaines, industrielles et commerciales

Les périmètres des zones urbaines, industrielles et commerciales ont été cartographiés à partir de la base Corine Land cover, mise à disposition par l'IFEN.

### 3.2.8. Les voies de communication

Le long des voies de communication les sources de pollutions accidentelles sont mobiles et aléatoires dans l'espace et dans le temps. Sur le réseau routier et autoroutier, l'aléa de pollution est en partie lié au trafic enregistré. La cartographie intègre les données relatives au réseau routier et au trafic moyen journalier en 1995 d'après la DDE et conseil général. Le nombre de véhicules par jour est représenté par différentes classes : 0 à 500, 500 à 2000, 2000 à 5000, 5000 à 10000 et supérieur à 10000. L'autoroute A 11 et le réseau ferroviaire ont été digitalisés pour intégration dans la base de données.

### 3.2.9. Autres vecteurs potentiels de pollution

Le risque d'inondation est un aléa important ; il concerne essentiellement les vallées de l'Eure, du Loir, de l'Huisne de l'Avre avec une partie de leurs affluents. La DDE a reporté sur carte à 1/100 000 le contour des périmètres inondables d'après les plans de prévention des risques (PPR), ou des documents ayant la même valeur réglementaire : plans d'exposition aux risques (PER), plans de surfaces submersibles (PSS). Ces contours ont été numérisés au BRGM pour être intégrés dans la cartographie.

Les nappes des plaines alluviales et les nappes libres en général sont des milieux naturellement vulnérables souvent utilisés pour l'alimentation en eau potable. Les carrières ouvertes dans les nappes alluviales, ou les carrières situées à l'aplomb immédiat des nappes libres représentent des vecteurs susceptibles de favoriser le transfert ou la propagation d'une éventuelle pollution. A ce titre, la cartographie intègre les carrières en activité recensées par la DRIRE pour l'élaboration du schéma départemental des carrières, ainsi que les carrières digitalisées à partir des cartes géologiques du BRGM.

Le point de vue de l'utilisateur d'un forage d'eau est principalement d'amener l'eau du sous-sol à la surface, au coût le moins élevé possible. Cette conception ne prend pas suffisamment en compte la nécessité de préserver l'intégrité de la ressource, en évitant que les forages soient des vecteurs de contamination et de mélange d'eaux de différents niveaux aquifères. A ce titre, la cartographie intègre l'ensemble des forages agricoles ou industriels, les puits et les ouvrages absorbants recensés à ce jour dans la banque du sous-sol du BRGM. Bien entendu, ces informations ne désignent pas des faits avérés de contamination, mais simplement des potentialités. L'état des connaissances ainsi exposé est partiel et n'a pas d'autre objet que de sensibiliser les acteurs concernés.

Il est recommandé la réalisation d'un inventaire exhaustif, au niveau des communes du département, des forages, puits, puisards d'eau pluviales, puisards de drainage des terres agricoles.

## Conclusion

Dans le cadre d'une convention établie avec le conseil général d'Eure-et-Loir, le BRGM a réalisé un travail de cartographie montrant les différents aspects de fragilité ou de vulnérabilité des eaux souterraines du Département. Ce travail a nécessité l'identification, la collecte et l'informatisation d'un grand nombre de données existantes.

La présentation des résultats sous la forme de tableaux ou de cartes doit contribuer à une meilleure communication de l'information publique existante pour une sensibilisation des acteurs concernés. La base de données constituée, sous réserve d'un enrichissement continu à prévoir à l'avenir, représente un outil de gestion et d'aide à la décision pour les aménagements et les infrastructures du Département. Cette base a été construite avec des données dont la précision est variable (échelles 1/25 000 à 1/100 000 ; parfois plus imprécises lorsque l'information de base est rare). Les cartographies qui en sont dérivées sont des cartographies d'orientation qui ne peuvent tolérer des effets de rapprochement successifs pour argumenter un état ponctuel. Néanmoins la base peut très bien intégrer à l'avenir des données de plus en plus précises et autoriser des documents cartographiques plus focalisés.

Un état des connaissances a été réalisé sur les milieux physiques et l'occupation des sols. Plusieurs disciplines ont été sollicitées : climatologie, topographie, pédologie, agronomie, géologie, hydrogéologie, etc. Pour évaluer et cartographier la partie de la pluie qui s'infiltre ou qui ruisselle, on a calculé le bilan hydrique tenant compte des pratiques culturales. L'exercice a mis en évidence des lacunes de connaissance de base, notamment l'absence de levers de la carte pédologique à 1/100 000 dans une grande partie du département. Au niveau de la géologie, les indices karstiques ponctuels recensés (gouffres, effondrements, pertes, résurgence, grottes, dépressions, dolines), sont inégalement connus. Leur importance en termes d'impact sur les eaux souterraines justifie la réalisation d'un inventaire exhaustif dans chaque commune et la constitution d'une base de données contenant, notamment, les références des études et des traçages réalisés. La carte piézométrique sur l'ensemble du département a pu être reconstituée au moyen des cartes partielles correspondant à différentes campagnes de mesure. La carte de la vulnérabilité intrinsèque des nappes a été réalisée après combinaison des différents niveaux d'information ayant tous le même poids. Au fil du temps, le modèle proposé pourra être précisé en fonction des connaissances nouvelles. Les formations de Beauce apparaissent les plus vulnérables, surtout à l'aplomb des dépressions et des fonds des vallées sèches. Apparaissent aussi comme très vulnérables les vallées de l'Eure et de ses affluents ainsi que les zones concernées par les affleurements des sables de Fontainebleau et de la craie dans le Drouais.

La collecte des données a aussi porté sur les contaminations chroniques et diffuses par les nitrates. L'interpolation des teneurs en nitrate a été effectuée séparément pour chaque aquifère et a fait appel à la "géostatistique" ; méthode d'interpolation optimale qui se

base sur les corrélations des teneurs. L'aquifère des calcaires de Beauce est le plus chargé en nitrates. Dans le Drouais et au nord de Bonneval entre Chartres et Châteaudun, la présence d'anomalies suggère une contribution des fonds de vallées comme collecteurs et vecteurs de la contamination. Ainsi, dans le cas de pollutions diffuses et chroniques les transferts latéraux par écoulement de surface ou de subsurface semblent significatifs. Ils doivent être pris en compte dans l'établissement des périmètres de protection éloignés (ou de vigilance).

Les informations ont été collectées sur les principales formes de pollutions accidentelles, avérées ou potentielles : décharges d'ordures ménagères, dépôts d'engrais liquides, sites pollués connus, stations d'épuration, installations classées, réseaux de transports routiers et ferroviaires, oléoducs, zones urbaines, industrielles et commerciales, carrières, forages, sondages, puits, zones inondables, etc. On peut envisager dans un proche avenir la réalisation d'un inventaire historique et la constitution d'une base de données des anciens sites industriels potentiellement pollués. Pour préserver l'intégrité de la ressource en eau en évitant que les forages soient des vecteurs de contamination et de mélange d'eaux de différents niveaux aquifères, un inventaire communal des forages est recommandé. Cet inventaire prendrait aussi en compte les puits, les puisards d'eau pluviales, les puisards de drainage des terres agricoles, les excavations de toute nature, carrières, souterrains, cavités karstiques (mentionnées plus haut) qui mettent ou peuvent mettre la surface en liaison avec la nappe libre. Une base de données informatisées permettrait de trier les sites pour le traitement à des degrés divers des problèmes rencontrés.

Le travail de synthèse propose une cartographie de sensibilisation et d'aide à la décision pour l'aménagement du territoire départemental. Il ouvre la voie à une valorisation des données acquises et souligne les déficits de connaissance qui méritent d'être compensés pour assurer une gestion équilibrée de l'espace.

## Bibliographie

Carte géologique de la France à 1/50 000 :

- Saint-André-de-l'Eure n° 180, édition 1977 ;
- Houdan n° 181, édition, 1977 ;
- Verneuil n° 215, maquette, édition en cours ;
- Dreux n° 216, édition 1994 ;
- Nogent-le-Roi n° 217, édition 1971 ;
- La Loupe n° 253, (non levée, remplacée par le 1/80 000 Mortagne édition 1967) ;
- Couville-sur-Eure n° 254, édition 1990 ;
- Chartres n° 255, édition 1971 ;
- Dourdan n° 256, édition 1969 ;
- Nogent-le-Rotrou n° 289, édition 1989 ;
- Illiers-Combray n° 290, édition 1983 ;
- Voves n° 291, édition 1976 ;
- Méréville n° 292, édition 1980 ;
- Authon-du-Perche n° 324, (non levée, remplacée par le 1/80 000 Nogent-le-Rotrou édition 1948) ;
- Châteaudun n° 325, édition 1977 ;
- Orgères-en-Beauce n° 326, édition 1975 ;
- Neuville-aux-Bois n° 327, édition 1978 ;
- Cloyes-sur-le-Loir n° 361, édition 1982 ;
- Patay n° 362, édition 1973.

1973 - Le calcaire de Beauce. Géologie - hydrogéologie - applications en construction routière et génie civil. Compte rendu des journées d'études des 8 et 9 juin 1972 à Blois. *Bull. liaison Labo. Ponts et Chaussées*, spécial U.

1974 - Les formations du groupe de Beauce (Aquitarien du Bassin de Paris). Caractéristiques-Utilisations. Diplôme d'études supérieures de sciences naturelles. Université de Paris ; F. Trautmann.

1975 - Calcaire de Beauce. Essai de synthèse des niveaux durs. Carte à 1/250 000 et notice explicative. Ministère de l'Équipement, C.E.T.E. de Rouen, Laboratoire régional de Blois ; J.M. Lorain.

1977 - Calcaires lacustres de la région parisienne. *Bull. liaison Labo. Ponts et Chaussées*, spécial, IV ; J. Aubert et J.-M. Lorain.

1980 - Synthèse géologique du bassin de Paris. Sous la direction de Claude Mégrien. Mémoires BRGM n° 101, 102 et 103.

- 1988 - Atlas Agroclimatique d'Eure-et-Loir. Conseil général, Centre départemental de la Météorologie, chambre d'Agriculture, Direction départementale de l'Agriculture et de la Forêt. Ministère des Transports ; Direction de la Météorologie nationale.
- 1990 - Département de l'Hérault. Approche globale de la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution. Rap. BRGM R 31906 LRO 4S 90.
- 1991 - La vulnérabilité des eaux souterraines aux pollutions. Conception - Estimation - Cartographie. Institut européen de l'eau ; J. Margat.
- 1993 - Prévention des pollutions accidentelles des eaux souterraines. Rap. BRGM R 37726.
- 1994 - Les formations à silex. 1. Définition et typologie. 2. Impacts potentiels d'une exploitation en carrière. Départements d'Eure-et-Loir et du Loiret. DIREN Centre et Université Paris 7 ; DESS "Espaces et Milieux" ; Alain Charpentier.
- 1994 - Nappe de la Craie. Secteur Ouest de l'Eure entre Avre et Blaise. Carte piézométrique de Basses Eaux (septembre 1994). Nicolas Monie - Maîtrise de Sciences de la Terre (Paris VI).
- 1995 - Les Terres de Beauce. Typologie des sols. B. Alliot, B. Verbèque et Ch. Goussault. chambres d'agriculture d'Eure-et-Loir, du Loiret et du Loir-et-Cher.
- 1995 - Les pollutions accidentelles des eaux continentales. Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau. Documentation technique FNDAE Hors Série N° 9. Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation.
- 1995 - La qualité des eaux souterraines et sa relation avec la vulnérabilité à la pollution des aquifères. Un exemple en Toscane (Italie) : la plaine de Florence. A. Bencini, G. Cazzaroli, A. Gargini, G. Pranzini. Université de Florence. *Hydrogéologie*, n° 3, 1995, pp. 59-72.
- 1995 - Piézométrie du système aquifère de Beauce - Basses eaux 1994. Rap. BRGM R 38572.
- 1995 - Nappe du Cénomanién du bassin Loire-Bretagne ; Piézométrie 1994. Rap. BRGM R 38582.
- 1996 - Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux du bassin Loire-Bretagne. Adopté par le Comité de bassin le 4 juillet 1996.
- 1996 - Bassin Seine-Normandie. Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux. Approuvé le 20 septembre 1996. Comité de bassin Seine-Normandie.



- 1996 - Représentation cartographique de la sensibilité des sols à l'infiltration hydrique verticale. C. Cam, D. Froger, J. Moulin, J. Rassaineux, J. Servant ; chambres d'agriculture de la Vienne, de l'Indre-et-Loire, de l'Indre et du Cher. Etude et gestion des sols, 3, 2, 1996 pp. 97-112.
- 1996 - Vulnérabilité des nappes d'eau en Eure-et-Loir. Mémoire de stage de DEA Environnement ; Michel Perraudin ; Université d'Orléans et Muséum National d'Histoire Naturelle.
- 1996 - Pollution des eaux intérieures - Plan de secours spécialisé - Préfecture d'Eure-et-Loir - Service interministériel de défense et de protection civile (SIDPC) - Arrêté N° 1047 du 20 juin 1996 relatif au plan pollution des eaux intérieures.
- 1996 - Contribution à une normalisation des critères d'établissement des cartes de vulnérabilité aux pollutions des eaux souterraines. Rap. BRGM R 38846.
- 1996 - Cartographie multicritère : guide méthodologique. Rap. BRGM R 39146.
- 1996 - Modélisation géochimique d'un aquifère : la nappe de l'Oligocène en Beauce et l'altération des sables de Fontainebleau. Anne Bariteau ; Ecole des Mines de Paris ; Mémoire des sciences de la Terre N°28
- 1997 - La protection régionale des eaux souterraines. 4<sup>e</sup> journée technique du Comité national français de l'Association Internationale des Hydrogéologues. Rapports généraux et résumés des communications. Documents du BRGM, n° 275.
- 1997 - Influence des modifications anthropiques de la couverture du sol sur l'alimentation des nappes d'eau souterraine. Rap. BRGM R 38852.

## Annexe 1

### Détail du calcul des coefficients culturaux pour les terres arables

Sources : MÉTÉO-FRANCE et chambre d'agriculture d'Eure-et-Loir - 1997

| MOIS      | Décade | Coefficients Cultureux<br>(Modèle Agronoé - METEO-FRANCE) |                         |                         |                     | Moyennes par périodes |          |
|-----------|--------|-----------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|----------|
|           |        | Blé (sols couverts)                                       | Maïs-Bett<br>(sols nus) | Pois-Légu<br>(sols nus) | Moyenne<br>sols nus | sols couverts         | sols nus |
| Septembre | 1      | 0,5                                                       | 1                       | 0,5                     | 0,75                | 0,73                  | 0,58     |
|           | 2      | 0,5                                                       | 0,9                     | 0,5                     | 0,7                 |                       |          |
|           | 3      | 0,5                                                       | 0,9                     | 0,5                     | 0,7                 |                       |          |
| Octobre   | 1      | 0,6                                                       | 0,7                     | 0,5                     | 0,6                 |                       |          |
|           | 2      | 0,7                                                       | 0,5                     | 0,5                     | 0,5                 |                       |          |
|           | 3      | 0,8                                                       | 0,5                     | 0,5                     | 0,5                 |                       |          |
| Novembre  | 1      | 1                                                         | 0,5                     | 0,5                     | 0,5                 |                       |          |
|           | 2      | 1                                                         | 0,5                     | 0,5                     | 0,5                 |                       |          |
|           | 3      | 1                                                         | 0,5                     | 0,5                     | 0,5                 |                       |          |
| Décembre  | 1      | 1                                                         | 0,5                     | 0,5                     | 0,5                 | 1                     | 0,5      |
|           | 2      | 1                                                         | 0,5                     | 0,5                     | 0,5                 |                       |          |
|           | 3      | 1                                                         | 0,5                     | 0,5                     | 0,5                 |                       |          |
| Janvier   | 1      | 1                                                         | 0,5                     | 0,5                     | 0,5                 |                       |          |
|           | 2      | 1                                                         | 0,5                     | 0,5                     | 0,5                 |                       |          |
|           | 3      | 1                                                         | 0,5                     | 0,5                     | 0,5                 |                       |          |
| Février   | 1      | 1                                                         | 0,5                     | 0,5                     | 0,5                 |                       |          |
|           | 2      | 1                                                         | 0,5                     | 0,5                     | 0,5                 |                       |          |
|           | 3      | 1                                                         | 0,5                     | 0,5                     | 0,5                 |                       |          |
| Mars      | 1      | 1                                                         | 0,5                     | 0,5                     | 0,5                 | 1                     | 0,5      |
|           | 2      | 1                                                         | 0,5                     | 0,5                     | 0,5                 |                       |          |
|           | 3      | 1                                                         | 0,5                     | 0,5                     | 0,5                 |                       |          |

| MOIS      | Décade | Coefficients Cultureux<br>(Modèle Irricarte - chambre d'agriculture) |                         |                         |                     | Moyennes par périodes |          |
|-----------|--------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|----------|
|           |        | Blé (sols couverts)                                                  | Maïs-Bett<br>(sols nus) | Pois-Légu<br>(sols nus) | Moyenne<br>sols nus | sols couverts         | sols nus |
| Septembre | 1      | 0,4                                                                  | 0,9                     | 0,4                     | 0,65                | 0,47                  | 0,47     |
|           | 2      | 0,4                                                                  | 0,8                     | 0,4                     | 0,6                 |                       |          |
|           | 3      | 0,4                                                                  | 0,7                     | 0,4                     | 0,55                |                       |          |
| Octobre   | 1      | 0,4                                                                  | 0,4                     | 0,4                     | 0,4                 |                       |          |
|           | 2      | 0,4                                                                  | 0,4                     | 0,4                     | 0,4                 |                       |          |
|           | 3      | 0,4                                                                  | 0,4                     | 0,4                     | 0,4                 |                       |          |
| Novembre  | 1      | 0,6                                                                  | 0,4                     | 0,4                     | 0,4                 |                       |          |
|           | 2      | 0,6                                                                  | 0,4                     | 0,4                     | 0,4                 |                       |          |
|           | 3      | 0,6                                                                  | 0,4                     | 0,4                     | 0,4                 |                       |          |
| Décembre  | 1      | 0,7                                                                  | 0,4                     | 0,4                     | 0,4                 | 0,7                   | 0,4      |
|           | 2      | 0,7                                                                  | 0,4                     | 0,4                     | 0,4                 |                       |          |
|           | 3      | 0,7                                                                  | 0,4                     | 0,4                     | 0,4                 |                       |          |
| Janvier   | 1      | 0,7                                                                  | 0,4                     | 0,4                     | 0,4                 |                       |          |
|           | 2      | 0,7                                                                  | 0,4                     | 0,4                     | 0,4                 |                       |          |
|           | 3      | 0,7                                                                  | 0,4                     | 0,4                     | 0,4                 |                       |          |
| Février   | 1      | 0,7                                                                  | 0,4                     | 0,4                     | 0,4                 |                       |          |
|           | 2      | 0,7                                                                  | 0,4                     | 0,4                     | 0,4                 |                       |          |
|           | 3      | 0,7                                                                  | 0,4                     | 0,4                     | 0,4                 |                       |          |
| Mars      | 1      | 1                                                                    | 0,4                     | 0,4                     | 0,4                 | 1                     | 0,4      |
|           | 2      | 1                                                                    | 0,4                     | 0,4                     | 0,4                 |                       |          |
|           | 3      | 1                                                                    | 0,4                     | 0,4                     | 0,4                 |                       |          |

## Annexe 2

### Calcul de R + r sur les bassins versants de l'Ozanne à Trizay et de la Rhône à Nogent-le-Rotrou

Ces deux bassins diffèrent au plan hydrologique puisque le bassin de l'Ozanne apparaît comme nettement moins perméable que celui de la Rhône, comme le montre la comparaison des débits caractéristiques d'étiage : respectivement 0,3 et 2,9 l/s/km<sup>2</sup> pour le QMNA quinquennal, même si l'on peut penser que les débits de l'Ozanne sont influencés par les prélèvements pour irrigation en été.

- Calcul par bilan hydrique simplifié :

Le calcul a été fait par la formule  $R + r = \Sigma (P - ETM) - \Delta Ru_{\max}$

Cette formule a été évaluée au droit des nœuds tombant à l'intérieur des limites des bassins versants à partir des valeurs de P, ETM et  $Ru_{\max}$  interpolées à la maille de 250 x 250 m.

On a ainsi retenu 1268 nœuds pour le bassin versant de la Rhône, soit près de 80 km<sup>2</sup>, et 4321 nœuds pour le bassin versant de l'Ozanne, soit 270 km<sup>2</sup>.

Les valeurs de R + r trouvées sont respectivement de :

- 190 mm pour l'Ozanne,
- 220 mm pour la Rhône.

En ce qui concerne l'Ozanne, les valeurs utilisées sont les suivantes (moyenne sur le bassin versant) :

|              | Pluie (mm) | ETP (mm) | Coeff. culturaux | ETM (mm)   |
|--------------|------------|----------|------------------|------------|
| Automne      | 198        | 121      | 0,74             | 89         |
| Hiver        | 204        | 30       | 0,87             | 26         |
| Mars         | 62         | 44       | 0,87             | 38         |
| <b>TOTAL</b> | <b>464</b> |          |                  | <b>153</b> |

Surface  $\cong$  270 km<sup>2</sup> - 4371 pixels de 250 x 250 m

% sol nu moyen = 26,5 %

$\Delta Ru_{\max}$  moyen = 120 mm

$\Sigma (P - ETM) - \Delta Ru_{\max} = 190$  mm

Pour la Rhône, les valeurs moyennes utilisées sont de :

|              | Pluie (mm) | ETP (mm) | Coef. culturaux | ETM (mm)   |
|--------------|------------|----------|-----------------|------------|
| Automne      | 205        | 121      | 0,79            | 95         |
| Hiver        | 227        | 33       | 0,91            | 30         |
| Mars         | 69         | 45       | 0,91            | 41         |
| <b>TOTAL</b> | <b>501</b> |          |                 | <b>166</b> |

Surface  $\cong$  80 km<sup>2</sup> - 1268 pixels de 250 x 250 m

% sol nu moyen = 22 %

$\Delta Ru_{\max}$  moyen = 115 mm

$\Sigma(P-ETM) - \Delta Ru_{\max} = 220$  mm

- Calcul par mesures d'écoulement des rivières

Les écoulements annuels moyens ont été calculés sur des périodes supérieures à 20 ans. Ceci permet de négliger les variations des stocks des nappes de ces bassins. Par contre, les écoulements mesurés aux stations de jaugeage ne prennent pas en compte les écoulements vers les nappes profondes, ce qui pourrait conduire à une sous-estimation vraisemblablement légère, de  $R + r$ .

## Annexe 3

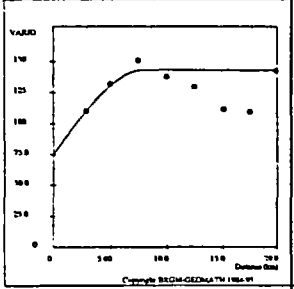
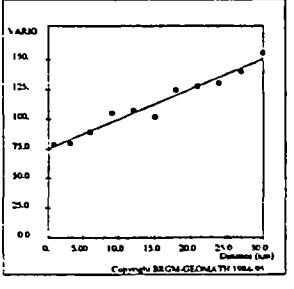
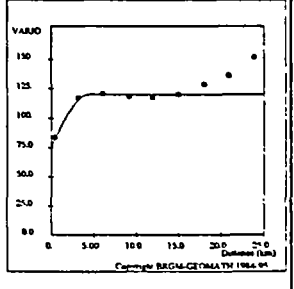
### Interpolation des teneurs en nitrates par la géostatistique

Cette annexe comprend 2 parties :

- la première fournit quelques compléments au chapitre 2.5.1 : "Carte des teneurs en nitrates". En particulier, elle résume l'analyse géostatistique des teneurs en nitrates ;
- la seconde donne quelques éléments théoriques sur la géostatistique pour le lecteur désireux d'approfondir ce sujet. On y trouve notamment la définition de ce que sont la géostatistique, ainsi que ses principaux outils : le variogramme et le krigeage.

#### 1. INTERPOLATION DES TENEURS PAR GÉOSTATISTIQUE

Les caractéristiques statistiques et géostatistiques des teneurs en nitrate dans les 3 aquifères retenus sont les suivantes :

| Aquifère                                  | Calcaire de Beauce                                                                  | Craie séno-turonienne                                                                | Cénomanien                                                                            |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Nb de captages                            | 54                                                                                  | 224                                                                                  | 48                                                                                    |
| NO <sub>3</sub> : moyenne (mg/l)          | 50                                                                                  | 40                                                                                   | 30                                                                                    |
| NO <sub>3</sub> : écart-type (mg/l)       | 12                                                                                  | 12                                                                                   | 12                                                                                    |
| NO <sub>3</sub> : min-max (mg/l)          | [12 - 78]                                                                           | [0 - 67]                                                                             | [0 - 48]                                                                              |
| variogramme expérimental et modèle ajusté |  |  |  |
| Expression du modèle de variogramme       | 75 + 68 Sph(8 km)                                                                   | 75 + 2,5 h                                                                           | 75 + 45 Sph(4,5 km)                                                                   |

*Caractéristiques statistiques et géostatistiques des teneurs en nitrate dans les 3 principaux aquifères.*

En ce qui concerne la variabilité spatiale, exprimée à travers le variogramme expérimental, on peut formuler les remarques suivantes :

- pour chacun des 3 aquifères, on observe un fort effet de pépité, de  $75 \text{ (mg/l)}^2$ . Cela signifie que l'on observe de fortes discontinuités locales liées à des pics de teneur et qu'il est difficile de prévoir les variations de teneurs à petite échelle ;
- dans les aquifères de Beauce et du Cénomanién, on observe un variogramme avec un palier situé autour de  $125 \text{ (mg/l)}^2$ , et atteint à partir de 5 à 8 km. Pour l'aquifère de la craie, la valeur de  $125 \text{ (mg/l)}^2$  n'est atteinte que vers une distance de 20 km, ce qui montre une meilleure corrélation des teneurs à l'échelle de quelques kilomètres. Ceci conduira donc à une estimation des teneurs plus précise dans l'aquifère de la craie.

L'interpolation des teneurs en nitrate est effectuée séparément pour chaque aquifère, en utilisant le modèle de variogramme indiqué dans le tableau ci-dessus. L'équation de chaque modèle est donnée dans ce tableau par une expression de la forme :

$$\gamma(h) = P + C \text{ Sph}(a) \text{ ou } \gamma(h) = P + k h, \quad \text{où :}$$

- $\gamma(h)$  est la valeur du modèle ajusté au variogramme à la distance  $h$  ;  
**P** représente l'effet de pépité (discontinuité à l'origine du variogramme) ;  
**C Sph(a)** représente une composante sphérique<sup>13</sup> d'amplitude C et de portée a.  
 La portée a représente la distance à partir de laquelle on observe un palier ;  
**k h** est une droite de pente k (appelée composante linéaire en géostatistique).

Les points où l'écart-type d'estimation est supérieur à 10 mg/l sont éliminés du résultat final. Pour les points restant l'écart-type d'estimation<sup>14</sup> varie de 3 mg/l (principalement dans l'aquifère de la Craie) à 10 mg/l (principalement dans l'aquifère des calcaires de Beauce). Les zones où l'erreur d'estimation est la plus forte sont principalement situées dans l'aquifère des calcaires de Beauce.

## 2. LES MÉTHODES DE LA GÉOSTATISTIQUE

La géostatistique classique utilise 2 outils fondamentaux :

- le variogramme ;
- le krigeage.

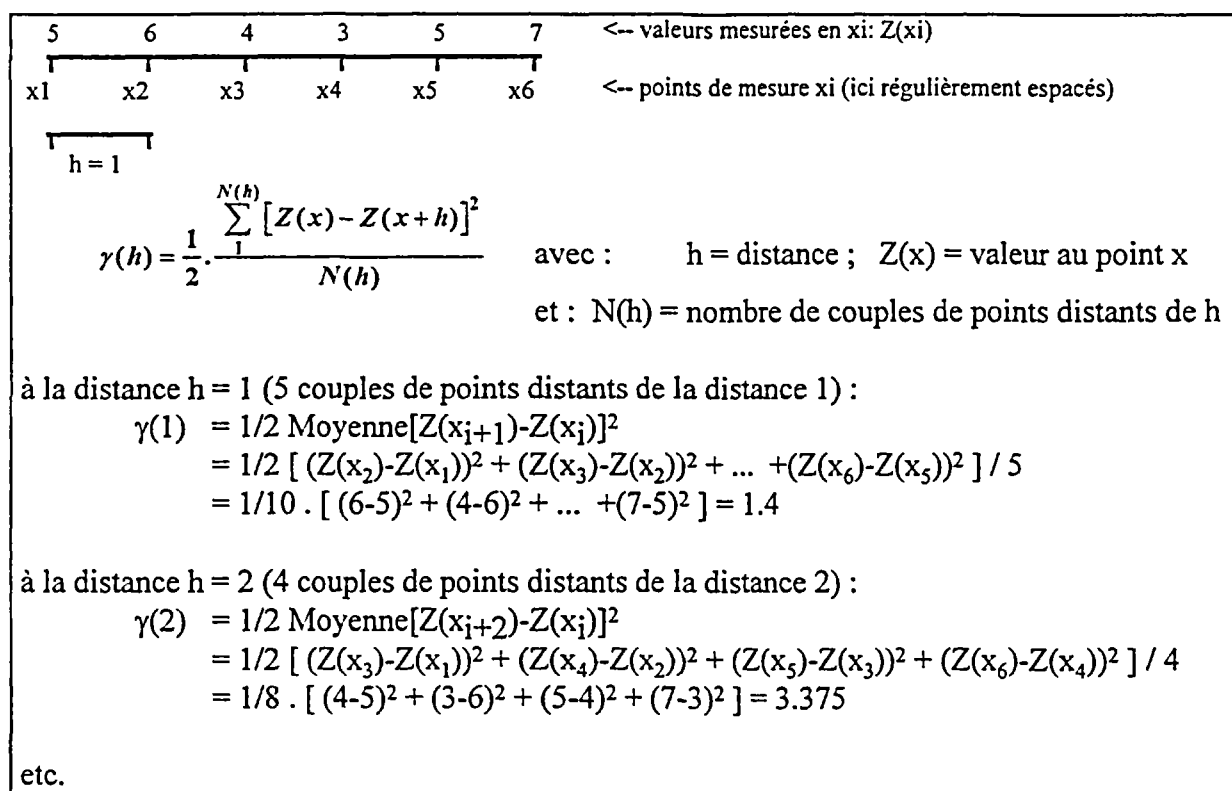
<sup>13</sup> Une composante sphérique est un polynôme de degré 3 fonction de la distance  $h$ , qui a comme expression :

$$\gamma(h) = (3/2 d - 1/2 d^3) \quad \text{si } h \leq a, \quad \text{et } \gamma(h) = 1 \quad \text{si } h \geq a, \quad \text{avec } a = \text{portée et } d = h/a$$

<sup>14</sup> Pour un écart-type d'estimation de 3 mg/l, il y a environ 66 % de probabilité pour que la teneur réelle soit égale à la teneur estimée, plus ou moins 3 mg/l. Il y a environ 95 % de probabilité pour que la teneur réelle soit égale à la teneur estimée, plus ou moins 2 fois mg/l, c'est-à-dire plus ou moins 6 mg/l.

## Le variogramme

Dans un phénomène naturel comme la topographie, les cotes mesurées en différents points, bien que variables d'un point à l'autre, ne sont pas indépendantes de leur localisation. La différence de cote  $Z$  entre deux points  $x$  et  $x + h$  est d'autant plus faible que la distance  $h$  qui les sépare est petite. D'un point de vue statistique, il y a une corrélation spatiale entre les données. Cette corrélation est d'autant plus forte que les points expérimentaux sont rapprochés et que le phénomène est continu et régulier. Pour quantifier le degré de corrélation spatiale, ou plutôt la détérioration de cette corrélation avec la distance, la géostatistique fait appel à la fonction variogramme  $\gamma(h)$ . Cette fonction donne, en fonction de la distance  $h$  qui sépare deux points, la valeur moyenne de  $1/2[Z(x+h)-Z(x)]^2$ . La figure ci-dessous illustre ce calcul.



### Principe de calcul du variogramme

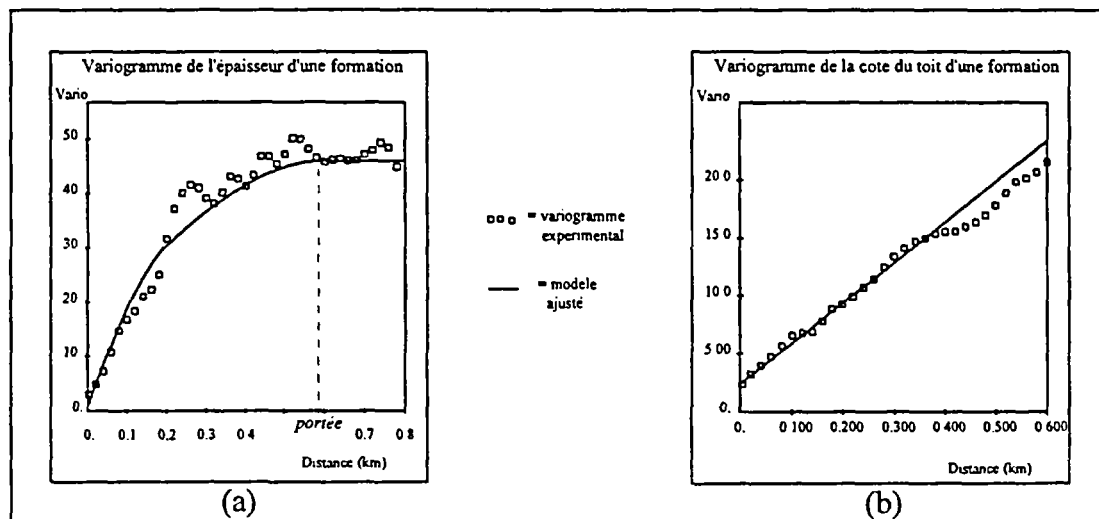
Le variogramme est d'abord un outil d'analyse des phénomènes naturels. En effet, l'allure et le comportement du variogramme expérimental fournissent une image synthétique des principaux traits structuraux du phénomène étudié :

- continuité à l'origine. En principe  $Z(x)$  et  $Z(x+h)$  sont égaux quand  $h$  tend vers 0. En pratique toutefois, ceci n'est pas toujours vérifié. En effet, il peut exister une discontinuité apparente à l'origine, qui peut être liée soit à une erreur de mesure, soit à des variations à "petites distances", en tout cas à des distances inférieures à la maille d'échantillonnage. Cette discontinuité à l'origine est appelée "effet de pépite". Elle



traduit la part de variabilité du phénomène que l'on ne peut expliquer soit en raison de la maille d'échantillonnage, qui ne permet pas de mettre en évidence des variabilités locales, soit en raison d'erreurs de mesure. La figure (b) ci-dessous montre un exemple d'effet de pépité ;

- continuité spatiale au-delà de l'origine, traduite par les observations suivantes :
  - . portée (distance de corrélation), phénomène stationnaire - figure (a) ci-dessous ; classiquement la valeur du variogramme est plus faible à l'origine :  $Z(x)$  et  $Z(x+h)$  sont voisins quand  $h$  est faible, donc la valeur du variogramme est faible) et augmente quand la distance augmente. Au bout d'une certaine distance entre points de mesure, la différence entre  $Z(x)$  et  $Z(x+h)$  n'augmente plus statistiquement, car les points ne sont plus corrélés. Cette distance limite est appelée portée (distance maximale jusqu'à laquelle des points peuvent être corrélés). A partir de cette distance, la valeur du variogramme se stabilise autour d'un palier,
  - . anisotropie,
  - . imbrication d'échelles de variabilité,
  - . absence de portée finie - figure (b) ci-dessous, dérive ou tendance régionale, phénomène non stationnaire.



*Exemples types de variogrammes : (a) : variable stationnaire avec portée visible ; (b) : variable non stationnaire, sans portée.*

## Le krigeage

La méthode d'interpolation de la géostatistique est le krigeage. Par rapport aux autres méthodes d'interpolation automatique, le krigeage présente l'avantage de reposer sur une interprétation du phénomène : l'étude variographique préalable. Le krigeage présente un double intérêt :

1. Il remplace le dessin par un calcul qui permet d'estimer en tout point la valeur la plus probable du paramètre étudié. Cette interpolation prend en compte :
  - la densité et la répartition des données sur le domaine étudié ;
  - la plus ou moins grande continuité spatiale modélisée par le variogramme ;
  - les diverses erreurs de mesure et incertitudes associées aux données.
2. Il quantifie l'incertitude qui entache toute valeur interpolée. Cette incertitude, qui est une mesure de la qualité locale de la carte obtenue, est essentielle dans tous les projets où les risques encourus doivent être connus, et minimisés le cas échéant par de nouvelles mesures.

### *Formalisme du krigeage "ordinaire"*

Le krigeage le plus utilisé est le "krigeage ordinaire". Il s'agit d'une interpolation par combinaison linéaire des données de base  $Z(x_i)$ . La valeur interpolée au point  $x$ , notée  $Z^*(x)$ , est donnée par :

$$Z^*(x) = \sum_{i=1,n} \lambda_i Z(x_i)$$

Le non biais est assuré à la condition que la somme des poids ou pondérateurs  $\lambda_i$  soit égale à 1 :

$$\sum_{i=1,n} \lambda_i = 1$$

Les pondérateurs sont alors choisis de façon à minimiser la variance d'estimation. Ceci conduit aux équations du krigeage ordinaire suivantes :

$$\begin{aligned} \sum_{j=1,n} \lambda_j \gamma(x_i, x_j) + \mu &= \gamma(x_i, x) & \forall i \text{ (n équations)} \\ \sum_{i=1,n} \lambda_i &= 1 \end{aligned}$$

|                               |   |                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $n$                           | = | nombre d'informations disponibles                                                                                                                                   |
| $i, j$                        | = | indices des points de mesure ; $i$ et $j$ varient de 1 à $n$                                                                                                        |
| $x_i, x_j$                    | = | points de mesure $x_i$ et $x_j$                                                                                                                                     |
| $Z(x_i), Z(x_j)$              | = | valeurs mesurées en $x_i$ et $x_j$                                                                                                                                  |
| $x$                           | = | volume à estimer (point ou bloc)                                                                                                                                    |
| $\lambda_i$ (ou $\lambda_j$ ) | = | pondérateur (ou poids) affecté à la valeur mesurée en $x_i$                                                                                                         |
| $\mu$                         | = | paramètre de Lagrange                                                                                                                                               |
| $\gamma(x_i, x_j)$            | = | valeur du variogramme $\gamma(h)$ pour $h$ =distance entre $x_i$ et $x_j$                                                                                           |
| $\gamma(x_i, x)$              | = | valeur du variogramme $\gamma(h)$ pour $h$ =distance entre $x_i$ et $x$ ,<br>si $x$ est un volume, on prend la valeur moyenne de $\gamma$ entre $x_i$ et ce volume. |

Enfin la variance de l'erreur d'estimation, appelée **variance d'estimation** ou **variance de krigeage**, vaut :

$$S_k^2 = \sum_{i=1,n} \lambda_i \gamma(x_i, x) - \bar{\gamma}(x, x) + \mu$$

$\bar{\gamma}(x, x)$  est la valeur moyenne du variogramme entre deux points appartenant au volume  $x$ . Si le volume se réduit à un point, la distance qui sépare ces points est nulle et on a  $\bar{\gamma}(x, x) = 0$ .

Dans les expressions ci-dessus on voit que dans le krigeage interviennent :

- les positions des informations  $x_i$  par rapport au volume ou au point à estimer  $x$ , par le biais des valeurs de  $\gamma(x_i, x)$  ;
- la répartition des informations, par le biais des valeurs de  $\gamma(x_i, x_j)$  ;
- la fonction structurale variogramme  $\gamma$ .

### *Exemple de krigeage ordinaire avec 2 points*

Pour une estimation d'un point  $x$  à partir de deux informations ponctuelles situées en  $x_1$  et  $x_2$ , la valeur estimée au point  $x$  vaut  $Z^*(x) = \lambda_1 Z(x_1) + \lambda_2 Z(x_2)$  et le système s'écrit :

$$\begin{aligned} \lambda_1 \gamma(x_1, x_1) + \lambda_2 \gamma(x_1, x_2) + \mu &= \gamma(x_1, x) \\ \lambda_1 \gamma(x_2, x_1) + \lambda_2 \gamma(x_2, x_2) + \mu &= \gamma(x_2, x) \\ \lambda_1 + \lambda_2 &= 1 \end{aligned}$$

$\gamma(x_1, x_1)$  vaut 0 puisque la distance entre  $x_1$  et lui-même vaut 0. De même pour  $\gamma(x_2, x_2)$ . Par ailleurs,  $\gamma(x_1, x_2)$  et  $\gamma(x_2, x_1)$  sont égaux à la valeur de  $\gamma(h)$  pour  $h$  = distance entre  $x_1$  et  $x_2$ .

Le système se simplifie de la façon suivante :

$$\begin{aligned} \lambda_2 \gamma(x_1, x_2) + \mu &= \gamma(x_1, x) \\ \lambda_1 \gamma(x_1, x_2) + \mu &= \gamma(x_2, x) \\ \lambda_1 + \lambda_2 &= 1 \end{aligned}$$

La variance de krigeage vaut :

$$S_k^2 = \lambda_1 \gamma(x_1, x) + \lambda_2 \gamma(x_2, x) + \mu$$

### ***Variantes du krigage***

Des variantes du krigage ordinaire permettent de traiter des phénomènes présentant une tendance ou dérive (krigage universel), d'estimer la probabilité de dépassement d'un seuil (krigage d'indicatrice, krigage disjonctif), ou sont adaptées à des distributions particulières (krigage lognormal).

De plus, les techniques de krigage se sont enrichies pour tenir compte des interprétations des autres spécialistes : un exemple courant est celui de la prise en compte des failles et discontinuités reconnues.

## Annexe 4

### Installations classées, en activité, sélectionnées par la DRIRE

Source DRIRE - 10.06.1998

|    | Repère/<br>cartes | Etablissement                             | Commune                     | Activité                                                                    | Coordonnées<br>LAMBERT II |           |
|----|-------------------|-------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------|
|    |                   |                                           |                             |                                                                             | X (m)                     | Y (m)     |
| 1  | 2                 | DELPierre<br>HENAULT                      | AUNEAU                      | Produits phytosanitaires et<br>produits inflammables                        | 558 100                   | 2384563   |
| 2  |                   | APS PROTASUR                              | AUNEAU                      | Traitement de surface                                                       | 558 225                   | 2 384 600 |
| 3  |                   | REVELEC                                   | AUNEAU                      | Traitement de surface                                                       | 557 790                   | 2 384 660 |
| 4  |                   | STANEXEL                                  | BAILLEAU-<br>ARMENONVILLE   | C.E.T 2                                                                     | 548 350                   | 2 393 075 |
| 5  | 6                 | Sté FIBA (S.A)                            | BEVILLE LE COMTE            | Peinture, alcools                                                           | 553 713                   | 2 381 650 |
| 6  | 10                | BENCKISER-ST<br>MARC                      | BONNEVAL                    | Fabrication de produits<br>d'entretien                                      | 530 187                   | 2 356 025 |
| 7  | 16                | Sté PACO-<br>RABANNE                      | CHARTRES                    | Parfums, produits<br>aromatiques pour<br>cosmétiques                        | 538 900                   | 2 381 912 |
| 8  | 17                | Sté GUERLAIN                              | CHARTRES                    | Cosmétiques                                                                 | 539 125                   | 2 381 650 |
| 9  | 19                | Sté LANCASTER                             | CHARTRES                    | Parfums                                                                     | 539 475                   | 2 381 887 |
| 10 | 22                | S.A. TRIEFUS<br>FRANCE                    | CHARTRES                    | Traitement de surface<br>intégré                                            | 538 837                   | 2 381 850 |
| 11 | 25                | Sté MAFCA                                 | CHATEAUDUN                  | Transformation des métaux,<br>peintures                                     | 526 400                   | 2 343 450 |
| 12 |                   | PAULSTRA                                  | CHATEAUDUN                  | Caoutchouc et traitement de<br>surface intégré                              | 525 730                   | 2 342 870 |
| 13 | 26                | SURMETAUX                                 | CHATEAUNEUF-EN-<br>THYMERAI | Traitement de surface                                                       | 519 175                   | 2 399 175 |
| 14 |                   | RVM                                       | COULOMBS                    | Traitement déchets                                                          | 541 500                   | 2 408 850 |
| 15 | 27                | Métalor Contact<br>France                 | COURVILLE SUR EURE          | Traitement de surface<br>intégré                                            | 518 337                   | 2 384 525 |
| 16 | 28                | PERFECT CIRCLE<br>EUROPE                  | DREUX                       | Fabrication de segments<br>pour moteurs et traitement<br>de surface intégré | 528 675                   | 2 416 900 |
| 17 | 30                | Philips Composants et<br>semi conducteurs | DREUX                       | Traitement de surface<br>intégré                                            | 531 200                   | 2 417 237 |
| 18 | 31                | Laboratoires<br>BEAUFOR IPSEN             | DREUX                       | Produits pharmaceutiques                                                    | 529 850                   | 2 416 775 |
| 19 | 34                | Expanscience<br>pharmascience             | EPERNON                     | Produits pharmaceutiques                                                    | 551 500                   | 2 400 425 |
| 20 | 35                | Sté GRACE                                 | EPERNON                     | Films plastiques et produits<br>chimiques                                   | 551 475                   | 2 400 337 |
| 21 | 36                | SOFCA                                     | EPERNON                     | Produits actifs<br>pharmaceutiques                                          | 552 075                   | 2 400 137 |

## Annexe 5

### Sites pollués recensés

Source DRIRE - janvier 1997

| Site                             | N° INSEE commune | Commune               | Polluant                    | X       | Y        | Z   |
|----------------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------------|---------|----------|-----|
| ESSO FINA (THERMOFINA)           | 28 023           | BAILLEAU-ARMENONVILLE | Hydrocarbures               | 552,15  | 2391,185 | 115 |
| SOFCA                            | 28 140           | ÉPERNON               | Organochlorés               | 551,92  | 2400,32  | 142 |
| Station service LE RELAIS D'ANET | 28 007           | ANET                  | Hydrocarbures               | 534,8   | 2429,47  | 64  |
| FLOQUET MONOPOLE                 | 28 134           | DREUX                 | Hydrocarbures Chrome        | 528,72  | 2416,97  | 132 |
| Usine à gaz                      | 28 280           | NOGENT-LE-ROTRON      | BTX et CN Hydrocarbures     | 486,82  | 2370,62  | 103 |
| Usine à gaz                      | 28 085           | CHARTRES              | BTX et CN Hydrocarbures     | 537,79  | 2383,38  | 126 |
| CHROMIX                          | 28 357           | SAINT PIAT            | Métaux                      | 544,74  | 2393,93  | 110 |
| Décharge de l'ARCHE DU GAZON     | 28 134           | DREUX                 | Hydrocarbures Cl            | 525,59  | 2416,41  | 122 |
| Déposante LEMÉE MOREAU           | 28 134           | DREUX                 | Hydrocarbures Organochlorés | 526,01  | 2416,86  | 133 |
| Etang de MEZIERES EN DROUAIS     | 28 251           | MEZIERES EN DROUAIS   | Organochlorés               | 533,31  | 2415,19  | 112 |
| Etang de CHARPONT                | 28 082           | CHARPONT              | Chlorofluorocarbène         | 534,475 | 2411,75  | 85  |
| Etang d'ECLUZELLES               | 28 136           | ECLUZELLES            | Organochlorés               | 534     | 2412,45  | 83  |

## **Annexe 6**

### **Décharges recensées**

**Source Conseil général, juin 1993 - mai 1997**





| NOM COMMUNE              | observ | SITE DE DECHARGES |            |         |            | NATURE |                 |        |           |                  |         |       |        | Coordonnées<br>Lambert 2 étendu |          |
|--------------------------|--------|-------------------|------------|---------|------------|--------|-----------------|--------|-----------|------------------|---------|-------|--------|---------------------------------|----------|
|                          |        | Communale         | Entreprise | Sauvage | Importance | divers | deb.<br>gravats | demol. | dib       | dang             | ménager | végét | encomb | X (en m)                        | Y (en m) |
| ABONDANT                 | Sep-95 | actif             |            |         | important  |        | 1               | 1      | 1         |                  | 1       | 1     | 1      | 532620                          | 2420214  |
| AMILLY                   | Mai-97 | réhabilité        |            |         | important  | 1      |                 |        |           |                  |         |       |        | 532632                          | 2385350  |
| ANET                     | Sep-95 | actif             |            |         | important  | 1      |                 |        |           | Vidange          | 1       | 1     | 1      | 535312                          | 2429996  |
| AUNAY SOUS AUNEAU        | Jan-95 | actif             |            |         | important  |        | 1               |        |           |                  | 1       | 1     | 1      | 561756                          | 2382061  |
| AUNAY SOUS CRECY         | Nov-94 |                   | fermé      |         | moyen      |        |                 | 1      | Fer       |                  |         |       | 1      | 524542                          | 2408369  |
| AUNEAU                   | Fév-95 |                   | actif      |         | moyen      |        |                 |        | Fer       |                  |         |       |        | 556638                          | 2386510  |
| AUNEAU                   | Fév-95 |                   | actif      |         | moyen      |        |                 |        | Fer       | Brulage          |         |       | 1      | 557289                          | 2385385  |
| AUNEAU                   | Jan-95 | actif             |            |         | important  |        |                 | 1      |           |                  |         | 1     | 1      | 556838                          | 2387176  |
| AUTHON DU PERCHE         | Mar-95 | fermé             |            |         | petit      | 1      |                 |        |           |                  | 1       | 1     | 1      | 491079                          | 2357144  |
| BAIGNEAUX                | Mar-95 | actif             |            |         | petit      | 1      | 1               |        |           |                  |         | 1     |        | 562221                          | 2347107  |
| BAILLEAU ARMENONVILLE    | STANEX |                   | actif      |         | important  | 1      | 1               | 1      | 1         | Bidons           | 1       | 1     | 1      | 548433                          | 2393034  |
| BAZOCHE GOUET            | Mar-95 |                   | fermé      |         | petit      |        | 1               |        |           |                  |         |       |        | 497959                          | 2350714  |
| BELHOMERT GUEHOUVILLE    | Mar-95 |                   | actif      |         | moyen      |        | 1               |        |           |                  |         | 1     |        | 506707                          | 2391071  |
| BERCHERES ST GERMAIN     | Jan-95 | actif             |            |         | moyen      |        | 1               |        |           |                  | 1       | 1     | 1      | 536874                          | 2394655  |
| BERCHERES ST GERMAIN     | Jan-95 | actif             |            |         | petit      |        |                 |        |           |                  |         | 1     | 1      | 533339                          | 2393118  |
| BERCHERES ST GERMAIN     | Jan-95 |                   |            | actif   | petit      | 1      |                 |        |           |                  |         | 1     |        | 533409                          | 2392878  |
| BERCHERES LES PIERRES    | Mar-95 | fermé             |            |         | petit      |        |                 |        | Fer       |                  |         |       | 1      | 542989                          | 2375843  |
| BERCHERES LES PIERRES    | Sep-95 |                   | fermé      |         | petit      |        |                 |        | Fer       | Brulage          |         |       |        | 542875                          | 2374663  |
| BERCHERES SUR VESGRE     | Déc-94 | actif             |            |         | petit      |        |                 |        |           |                  | 1       | 1     |        | 541332                          | 2426216  |
| BETHONVILLIERS           | Jun-93 | fermé             |            |         | petit      |        |                 |        |           |                  |         | 1     | 1      | 494143                          | 2358501  |
| BEVILLE LE COMTE         | Jan-95 | actif             |            |         | moyen      |        |                 | 1      |           | 1                | 1       |       | 1      | 552654                          | 2382008  |
| BEVILLE LE COMTE         | Jan-95 |                   | actif      |         | petit      |        |                 |        | Déposante | Vidange          |         |       |        | 552234                          | 2382193  |
| BEVILLE LE COMTE         | Jan-95 |                   | fermé      |         | petit      |        |                 |        | Déposante | Vidange          |         |       |        | 555329                          | 2381984  |
| BOISVILLE LA ST PERE     | Oct-94 | réhabilité        |            |         | petit      | 1      |                 |        |           |                  |         |       |        | 555219                          | 2369061  |
| BONCE                    | Mar-95 | actif             |            |         | petit      | 1      |                 |        |           |                  |         |       |        | 537517                          | 2367854  |
| BONCOURT                 | Aoû-95 | actif             |            |         | petit      | 1      |                 |        |           |                  |         |       |        | 535073                          | 2426834  |
| BONCOURT                 | Aoû-95 |                   |            | fermé   | petit      | 1      |                 |        |           |                  |         |       |        | 536158                          | 2427319  |
| BONNEVAL                 | Aoû-95 | actif             |            |         | petit      | 1      |                 |        |           |                  |         | 1     |        | 529298                          | 2352734  |
| BOULLAY LES DEUX EGLISES | Nov-94 | actif             |            |         | petit      |        |                 | 1      |           |                  |         | 1     | 1      | 524815                          | 2403582  |
| BOULLAY MIVOYE           | Nov-94 |                   | actif      |         | petit      |        | 1               | 1      |           |                  | 1       | 1     |        | 531691                          | 2407417  |
| BOULLAY MIVOYE           | Nov-94 |                   | actif      |         | moyen      |        | 1               | 1      |           | Peinture,<br>fer |         |       |        | 531826                          | 2407442  |
| BOULLAY MIVOYE           | Nov-94 |                   | actif      |         | moyen      |        | 1               | 1      |           | Peinture,<br>fer |         |       |        | 531896                          | 2407317  |

| NOM COMMUNE             | observ | SITE DE DECHARGES |            |         |            | NATURE |                 |        |           |                  |         |       |        | Coordonnées<br>Lambert 2 étendu |          |
|-------------------------|--------|-------------------|------------|---------|------------|--------|-----------------|--------|-----------|------------------|---------|-------|--------|---------------------------------|----------|
|                         |        | Communale         | Entreprise | Sauvage | Importance | divers | deb.<br>gravats | demol. | dib       | dang             | ménager | végét | encomb | X (en m)                        | Y (en m) |
| BOULLAY MIVOYE          | Nov-94 | fermé             |            |         | petit      | 1      |                 |        |           |                  |         |       |        | 531676                          | 2407357  |
| BOUTIGNY PROUAIS        | Déc-94 | réhabilité        |            |         | petit      | 1      |                 |        |           |                  |         |       |        | 539621                          | 2413624  |
| BOUTIGNY PROUAIS        | Fév-95 | actif             |            |         | moyen      | 1      |                 |        | 1         |                  |         | 1     |        | 545203                          | 2415297  |
| BOUTIGNY PROUAIS        | Fév-95 |                   | actif      |         | petit      |        |                 | 1      | 1         |                  | 1       | 1     | 1      | 547464                          | 2416293  |
| BOUVILLE                | Mar-95 | actif             |            |         | petit      |        |                 |        |           |                  |         | 1     | 1      | 531514                          | 2361271  |
| BREZOLLES               | Sep-95 | actif             |            |         | moyen      | 1      | 1               | 1      | Imprim    | Vidange          | 1       | 1     | 1      | 505818                          | 2410808  |
| BREZOLLES               | Nov-94 |                   | actif      |         | petit      |        |                 |        |           | Peinture         |         |       |        | 507908                          | 2411970  |
| BREZOLLES               | Nov-94 |                   | actif      |         | moyen      |        |                 |        | Fer       |                  |         |       |        | 507208                          | 2411379  |
| BROU                    | Mar-95 | actif             |            |         | important  | 1      | 1               | 1      |           |                  |         |       |        | 512979                          | 2358835  |
| BROUE                   | Déc-94 |                   | actif      |         | important  |        | 1               |        |           |                  |         |       |        | 539660                          | 2417346  |
| BROUE                   | Déc-94 |                   | actif      |         | moyen      |        | 1               |        |           |                  |         |       |        | 539920                          | 2417291  |
| BROUE                   | Déc-94 |                   | actif      |         | moyen      |        | 1               |        |           |                  |         |       |        | 539940                          | 2417541  |
| BROUE                   | Déc-94 | actif             |            |         | petit      |        |                 | 1      |           |                  | 1       | 1     | 1      | 539540                          | 2417451  |
| BU                      | Déc-94 | actif             |            |         | petit      |        |                 | 1      |           |                  | 1       | 1     | 1      | 537381                          | 2423403  |
| BU                      | Déc-94 | fermé             |            |         | moyen      | 1      |                 |        |           |                  |         |       |        | 537181                          | 2423228  |
| CHALLET                 | Déc-94 | fermé             |            |         | petit      |        |                 | 1      |           |                  |         | 1     |        | 534233                          | 2395594  |
| CHAMPHOL                | Jan-95 |                   | actif      |         | petit      |        |                 |        |           |                  |         | 1     |        | 538658                          | 2386978  |
| CHAMPHOL                | Jan-95 |                   | actif      |         | petit      |        | 1               |        |           |                  |         | 1     |        | 538663                          | 2387124  |
| CHAMPHOL                | Jan-95 |                   | actif      |         | petit      |        |                 | 1      |           |                  | 1       |       | 1      | 538708                          | 2387179  |
| CHAPELLE FORAINVILLIERS | Déc-94 |                   | actif      |         | petit      | 1      | 1               | 1      |           | Peinture,<br>fer |         |       |        | 537995                          | 2414138  |
| CHAPELLE FORAINVILLIERS | Déc-94 | fermé             |            |         | petit      | 1      | 1               |        |           |                  |         |       |        | 537710                          | 2414433  |
| CHAPELLE ROYALE         | Mar-95 | actif             |            |         | petit      |        |                 |        |           |                  | 1       |       | 1      | 502215                          | 2350502  |
| CHARPONT                | Sep-95 | actif             |            |         | petit      |        |                 |        |           |                  |         | 1     | 1      | 533284                          | 2411795  |
| CHATEAUDUN              | Mar-95 | actif             |            |         | moyen      |        | 1               |        |           |                  |         | 1     |        | 524440                          | 2340550  |
| CHAUSSÉE D'IVRY         | Mar-95 |                   |            | actif   | petit      | 1      |                 |        | 1         |                  |         |       |        | 539903                          | 2431929  |
| CHERISY                 | Sep-95 | actif             |            |         | petit      |        |                 |        |           |                  | 1       | 1     | 1      | 534162                          | 2417838  |
| CIVRY                   | Mar-95 | actif             |            |         | petit      |        |                 |        |           |                  | 1       | 1     | 1      | 535903                          | 2343412  |
| CORMAINVILLE            | Mar-95 | actif             |            |         | petit      | 1      | 1               |        |           |                  |         |       | 1      | 547115                          | 2350362  |
| COUDRAY AU PERCHE       | Mar-95 | actif             |            |         | petit      | 1      |                 | 1      |           |                  |         | 1     | 1      | 489731                          | 2361368  |
| COUDRECEAU              | Mai-97 |                   | actif      |         |            |        |                 |        | Fer       |                  |         |       |        | 495607                          | 2372904  |
| COULOMBS                | Déc-94 |                   | actif      |         | petit      |        |                 | 1      | Fer plast |                  |         |       |        | 543602                          | 2405577  |
| COULOMBS                | Déc-94 |                   | actif      |         | petit      | 1      |                 |        | 1         |                  |         |       | 1      | 543702                          | 2405537  |

|                        |        | SITE DE DECHARGES |            |         |            | NATURE |                 |        |          |         |         |       |        | Coordonnées<br>Lambert 2 étendu |          |
|------------------------|--------|-------------------|------------|---------|------------|--------|-----------------|--------|----------|---------|---------|-------|--------|---------------------------------|----------|
| NOM COMMUNE            | observ | Communale         | Entreprise | Sauvage | Importance | divers | deb.<br>gravats | demol. | dib      | dang    | ménager | végét | encomb | X (en m)                        | Y (en m) |
| COULOMBS               | Déc-94 |                   | actif      |         | petit      |        | 1               |        | 1        |         |         | 1     |        | 542201                          | 2406437  |
| COULOMBS               | Déc-94 |                   | actif      |         | petit      |        | 1               |        | 1        |         |         |       |        | 542241                          | 2406312  |
| COURBEHAYE             | Mar-95 | actif             |            |         | petit      | 1      | 1               |        |          |         |         |       | 1      | 547025                          | 2350402  |
| CRUCEY VILLAGES        | Sep-95 | actif             |            |         | petit      |        |                 |        |          |         | 1       | 1     | 1      | 513218                          | 2408097  |
| CRUCEY VILLAGES        | Mai-97 |                   | actif      |         | petit      | 1      | 1               | 1      |          |         |         |       |        | 506165                          | 2407432  |
| DAMBRON                | Mar-95 | actif             |            |         | petit      | 1      |                 | 1      |          |         |         |       |        | 564166                          | 2345098  |
| DAMMARIE               | Mai-97 |                   | actif      |         | petit      |        |                 |        |          | Suspect |         |       |        | 541066                          | 2370681  |
| DANGEAU                | Mai-97 |                   | actif      |         | moyen      |        |                 |        | Machefer |         |         |       |        | 523195                          | 2358106  |
| DIGNY                  | Mar-95 | fermé             |            |         | petit      |        |                 | 1      |          |         |         |       |        | 510721                          | 2393440  |
| DIGNY                  | Mai-97 |                   | fermé      |         | moyen      |        |                 |        | Machefer |         |         |       |        | 508422                          | 2391758  |
| DONNEMAIN ST MAMES     | Mai-97 | fermé             |            |         | petit      | 1      |                 |        | Machefer |         |         |       |        | 527487                          | 2346113  |
| DOUY                   | Mai-97 | actif             |            |         | petit      | 1      | 1               |        |          |         |         |       |        | 521650                          | 2338050  |
| DREUX                  | Déc-94 | fermé             |            |         | important  | 1      | 1               | 1      | 1        | 1       | 1       | 1     | 1      | 525423                          | 2416408  |
| ERMENONVILLE LA PETITE | Mar-95 | fermé             |            |         | petit      |        |                 | 1      |          |         |         |       | 1      | 527072                          | 2365244  |
| FERTE VIDAME           | Aoû-96 | actif             |            |         | petit      |        | 1               | 1      |          |         |         | 1     |        | 494567                          | 2404637  |
| FLACEY                 | Jul-93 | actif             |            |         | petit      | 1      |                 |        |          |         |         |       | 1      | 522579                          | 2351605  |
| FONTAINE LA GUYON      | Mar-95 | fermé             |            |         | petit      | 1      | 1               | 1      |          |         |         | 1     |        | 524564                          | 2387111  |
| GARNAY                 | Mai-97 | fermé             |            |         | petit      | 1      |                 |        |          |         |         |       |        | 525866                          | 2412161  |
| GASVILLE               | Jan-95 | actif             |            |         | petit      |        | 1               | 1      |          |         |         | 1     | 1      | 542604                          | 2388006  |
| GAULT ST DENIS         | Mar-95 |                   | réhabilité |         | petit      |        | 1               |        |          |         |         |       |        | 533674                          | 2362257  |
| GERMIGNONVILLE         | Mar-95 | actif             |            |         | petit      | 1      | 1               |        |          |         | 1       |       | 1      | 555623                          | 2357005  |
| GOUILLONS              | Jan-95 | actif             |            |         | petit      | 1      | 1               |        |          |         |         |       |        | 563509                          | 2371444  |
| GOUSSAINVILLE          | Sep-95 | actif             |            |         | petit      | 1      |                 | 1      |          |         | 1       | 1     | 1      | 541520                          | 2419878  |
| GUE DE LONGROI         | Jan-95 | actif             |            |         | petit      |        |                 | 1      |          |         |         | 1     | 1      | 554797                          | 2388435  |
| HANCHES                | Mai-97 |                   | actif      |         | moyen      |        | 1               |        | Remblais |         |         |       |        | 551282                          | 2398687  |
| HANCHES                | Mai-97 |                   | réhabilité |         | moyen      | 1      |                 |        |          |         | 1       |       |        | 549891                          | 2401963  |
| HANCHES                | STANEX |                   | actif      |         | important  | 1      | 1               | 1      | 1        | 1       | 1       | 1     | 1      | 549680                          | 2402613  |
| HAVELU                 | Déc-94 | actif             |            |         | petit      |        |                 |        |          |         | 1       | 1     | 1      | 542109                          | 2421869  |
| JANVILLE               | Mar-95 | actif             |            |         | petit      | 1      |                 |        |          |         |         | 1     | 1      | 567059                          | 2354323  |
| LETHUIN                | Jan-95 | actif             |            |         | petit      |        |                 |        |          |         | 1       | 1     | 1      | 564709                          | 2374215  |
| LEVES                  | Nov-94 | actif             |            |         | petit      | 1      |                 |        |          |         | 1       | 1     | 1      | 535842                          | 2387037  |
| LOUPE                  | Mai-97 | réhabilité        |            |         | petit      | 1      |                 |        |          |         |         |       |        | 501703                          | 2386792  |

| NOM COMMUNE            | observ | SITE DE DECHARGES |            |         |            | NATURE |                 |        |          |       |         |       |        | Coordonnées Lambert 2 étendu |          |
|------------------------|--------|-------------------|------------|---------|------------|--------|-----------------|--------|----------|-------|---------|-------|--------|------------------------------|----------|
|                        |        | Communale         | Entreprise | Sauvage | Importance | divers | deb.<br>gravats | demol. | dib      | dang  | ménager | végét | encomb | X (en m)                     | Y (en m) |
| LUCE                   | Mar-97 | actif             |            |         | moyen      | 1      | 1               |        |          |       |         | 1     |        | 533865                       | 2380975  |
| MAILLEBOIS             | Nov-94 | fermé             |            |         | petit      | 1      | 1               | 1      |          |       |         | 1     |        | 514295                       | 2405797  |
| MAINTENON              | Sep-95 | actif             |            |         | moyen      | 1      | 1               | 1      | 1        |       | 1       | 1     | 1      | 541665                       | 2396148  |
| MAINTENON              | Sep-95 |                   | actif      |         | moyen      |        | 1               | 1      |          |       |         |       |        | 541670                       | 2396158  |
| MANOU                  | Mar-95 | réhabilité        |            |         | petit      | 1      |                 |        |          |       |         |       |        | 497116                       | 2394981  |
| MANOU                  | Mar-95 |                   | actif      |         | petit      |        | 1               |        |          |       |         |       |        | 498673                       | 2392816  |
| MARBOUE                | Mar-95 |                   | actif      |         | petit      |        | 1               | 1      |          | Pneux |         |       |        | 524607                       | 2345866  |
| MAROLLES LES BUIS      | Mar-95 | fermé             |            |         | petit      |        |                 | 1      |          |       |         |       | 1      | 494760                       | 2375189  |
| MEVOISINS              | Jan-95 |                   | actif      |         | petit      | 1      |                 | 1      |          |       |         |       |        | 545341                       | 2396559  |
| MEVOISINS              | Jan-95 | actif             |            |         | moyen      | 1      | 1               | 1      | 1        |       | 1       | 1     | 1      | 545281                       | 2396159  |
| MEZIERES EN DROUAI     | Sep-95 |                   |            | actif   | petit      | 1      |                 |        |          |       |         |       |        | 533118                       | 2414986  |
| MONTREUIL              | Déc-94 | fermé             |            |         | petit      | 1      |                 |        |          |       |         |       |        | 530004                       | 2418787  |
| MONTREUIL              | Déc-94 |                   | actif      |         | petit      | 1      | 1               |        |          |       |         |       |        | 530890                       | 2418672  |
| NERON                  | Sep-95 | fermé             |            |         | petit      | 1      | 1               |        |          |       |         | 1     | 1      | 539628                       | 2399203  |
| NOGENT LE PHAYE        | Jan-95 | actif             |            |         | moyen      | 1      | 1               | 1      |          |       |         | 1     | 1      | 544607                       | 2382575  |
| NOGENT LE PHAYE        | Jan-95 | actif             |            |         | petit      | 1      | 1               |        |          |       | 1       |       | 1      | 546061                       | 2383781  |
| NOGENT LE ROTROU       | Mar-95 |                   | actif      |         | moyen      | 1      |                 |        | Machefer |       |         |       |        | 489360                       | 2367858  |
| NONVILLIERS GRAND'HOUX | Mai-97 | fermé             |            |         | petit      | 1      |                 |        |          |       |         |       |        | 512316                       | 2371661  |
| ORGERES EN BEAUCE      | Mar-95 | actif             |            |         | petit      | 1      | 1               | 1      |          |       |         | 1     | 1      | 550365                       | 2349468  |
| OUARVILLE              | Jan-95 | actif             |            |         | petit      |        | 1               | 1      |          |       |         | 1     |        | 559948                       | 2374089  |
| OUARVILLE              | Mai 97 |                   | fermé      |         |            |        |                 |        | Machefer |       |         |       |        | 558173                       | 2371478  |
| OUERRE                 | Sep-95 |                   | actif      |         | petit      | 1      | 1               |        |          |       |         |       |        | 539441                       | 2413614  |
| OUERRE                 | Sep-95 |                   | actif      |         | petit      | 1      | 1               |        |          |       |         |       | 1      | 538451                       | 2413753  |
| OUERRE                 | Déc-94 |                   | actif      |         | petit      | 1      |                 |        |          |       | 1       | 1     | 1      | 538046                       | 2413878  |
| OUERRE                 | Sep-95 |                   | actif      |         | petit      | 1      | 1               |        |          |       |         | 1     | 1      | 536301                       | 2411136  |
| PEZY                   | Mar-95 | actif             |            |         | petit      |        | 1               | 1      |          |       |         |       | 1      | 543632                       | 2367827  |
| PINTHIERES             | Sep-95 | actif             |            |         | petit      | 1      |                 | 1      |          |       |         | 1     |        | 544649                       | 2412115  |
| PONTGOUIN              | Mai-97 |                   | réhabilité |         | important  |        |                 |        | Stanex   |       |         |       |        | 507672                       | 2390317  |
| PONTGOUIN              | Mai-97 |                   | actif      |         | important  |        |                 |        | Stanex   |       |         |       |        | 507522                       | 2390137  |
| POUPRY                 | Mar-95 | fermé             |            |         | petit      |        | 1               |        |          |       |         |       |        | 562716                       | 2345207  |
| PRASVILLE              | Jun-93 |                   | actif      |         | moyen      |        | 1               | 1      | 1        |       |         |       |        | 555195                       | 2364406  |

| NOM COMMUNE              | observ | SITE DE DECHARGES |            |         |            | NATURE |                 |        |       |                           |         |       |        | Coordonnées<br>Lambert 2 étendu |          |
|--------------------------|--------|-------------------|------------|---------|------------|--------|-----------------|--------|-------|---------------------------|---------|-------|--------|---------------------------------|----------|
|                          |        | Communale         | Entreprise | Sauvage | Importance | divers | deb.<br>gravats | demol. | dib   | dang                      | ménager | végét | encomb | X (en m)                        | Y (en m) |
| PRASVILLE                | Jun-93 |                   | actif      |         | important  | 1      |                 | 1      |       | Peinture, cendres, métaux |         |       |        | 553479                          | 2366535  |
| PRUDEMANCHE              | Mai-95 |                   | CET        |         | important  | 1      |                 |        |       |                           | 1       |       |        | 510086                          | 2415213  |
| ROINVILLE SOUS AUNEAU    | Jan-95 | actif             |            |         | petit      | 1      |                 |        |       |                           | 1       | 1     | 1      | 556275                          | 2382279  |
| ROUVRAY ST FLORENTIN     | Mar-95 |                   | actif      |         | petit      |        | 1               |        | 1     |                           |         |       |        | 543795                          | 2361991  |
| ROUVRES                  | Sep-95 | actif             |            |         | petit      |        |                 | 1      |       |                           |         | 1     | 1      | 538645                          | 2426415  |
| ST ANGE ET TORCAY        | Sep-95 | actif             |            |         | petit      |        | 1               | 1      |       |                           |         | 1     | 1      | 516670                          | 2407399  |
| STE GEMME MORONVAL       | Sep-95 | actif             |            |         |            |        |                 |        |       |                           | 1       | 1     | 1      | 531782                          | 2414736  |
| STE GEMME MORONVAL       | Fév-95 |                   | réhabilité |         | moyen      | 1      | 1               | 1      |       |                           |         |       |        | 532922                          | 2416072  |
| STE GEMME MORONVAL       | Fév-95 |                   | fermé      |         | petit      | 1      |                 |        |       |                           |         |       | 1      | 532887                          | 2415927  |
| STE GEMME MORONVAL       | Fév-95 |                   | actif      |         | moyen      |        | 1               | 1      |       |                           |         |       |        | 533047                          | 2416142  |
| ST ELIPH                 | Mar-95 | actif             |            |         | moyen      | 1      | 1               | 1      |       |                           |         | 1     |        | 501050                          | 2384356  |
| ST ELIPH                 | Mai-97 |                   | actif      |         | petit      |        |                 |        | Casse |                           |         |       |        | 502911                          | 2382791  |
| ST GEORGES SUR EURE      | Mai-97 |                   | réhabilité |         | important  | 1      | 1               | 1      |       |                           |         |       |        | 538396                          | 2379652  |
| ST JEAN DE REBERVILLIERS | Nov-94 |                   | réhabilité |         | moyen      |        | 1               | 1      |       |                           |         | 1     | 1      | 522409                          | 2403851  |
| ST LAURENT LA GATINE     | Sep-95 | réhabilité        |            |         | petit      | 1      | 1               | 1      | 1     |                           | 1       | 1     | 1      | 541824                          | 2409213  |
| ST LEGER DES AUBES       | Jan-95 | fermé             |            |         | moyen      | 1      |                 |        |       |                           |         |       |        | 556101                          | 2378108  |
| ST LUBIN DE LA HAYE      | Sep-95 | actif             |            |         | moyen      | 1      |                 | 1      |       |                           | 1       | 1     | 1      | 544044                          | 2425522  |
| ST LUBIN DES JONCHERETS  | Sep-95 | actif             |            |         | important  | 1      | 1               | 1      | 1     |                           | 1       | 1     | 1      | 514616                          | 2419163  |
| ST LUPERCE               | Mai-97 |                   | réhabilité |         | important  | 1      | 1               | 1      |       |                           |         |       |        | 522130                          | 2384504  |
| ST MAIXME HAUTERIVE      | Nov-94 |                   | actif      |         | moyen      |        | 1               |        | 1     |                           | 1       | 1     | 1      | 515269                          | 2398945  |
| ST MAUR SUR LE LOIR      | Aoû-95 |                   |            | actif   | petit      |        |                 | 1      |       |                           |         |       | 1      | 531300                          | 2350020  |
| ST PREST                 | Jan-95 |                   | actif      |         | petit      | 1      | 1               | 1      |       |                           |         | 1     |        | 537257                          | 2387933  |
| ST PREST                 | Jan-95 |                   | actif      |         | petit      |        | 1               | 1      |       |                           |         |       |        | 537092                          | 2387898  |
| ST PREST                 | Jan-95 |                   | actif      |         | petit      |        | 1               | 1      |       |                           |         |       |        | 537062                          | 2388128  |
| ST SAUVEUR MARVILLE      | Nov-94 | actif             |            |         | petit      |        |                 | 1      |       |                           |         | 1     |        | 523286                          | 2401130  |
| ST VICTOR DE BUTHON      | Mar-95 |                   | actif      |         | petit      |        | 1               |        |       |                           |         |       |        | 501439                          | 2378364  |
| SAINVILLE                | Jan-95 | actif             |            |         | moyen      | 1      | 1               | 1      |       |                           |         |       |        | 564832                          | 2381512  |
| SANTEUIL                 | Jan-95 | actif             |            |         | petit      | 1      |                 | 1      |       |                           |         | 1     | 1      | 554921                          | 2376928  |
| SANTEUIL                 | Jan-95 |                   | actif      |         | petit      | 1      | 1               |        |       |                           |         | 1     |        | 555256                          | 2377383  |
| SANTEUIL                 | Jan-95 |                   | actif      |         | petit      | 1      | 1               |        |       |                           |         | 1     |        | 555101                          | 2377208  |
| SANTILLY                 | Mar-95 |                   | actif      |         | petit      |        | 1               | 1      |       |                           |         |       | 1      | 567975                          | 2348009  |

| NOM COMMUNE           | observ | SITE DE DECHARGES |            |         |            | NATURE |              |        |       |         |         |       |        | Coordonnées Lambert 2 étendu |          |
|-----------------------|--------|-------------------|------------|---------|------------|--------|--------------|--------|-------|---------|---------|-------|--------|------------------------------|----------|
|                       |        | Communale         | Entreprise | Sauvage | Importance | divers | deb. gravats | demol. | dib   | dang    | ménager | végét | encomb | X (en m)                     | Y (en m) |
| SANTILLY              | Mar-95 | actif             | actif      |         | moyen      | 1      |              |        | Casse |         |         |       | 1      | 565249                       | 2353658  |
| SAUMERAY              | Mar-95 | fermé             |            |         | petit      | 1      | 1            |        |       |         |         |       |        | 524464                       | 2361217  |
| SAUMERAY              | Mar-95 |                   | actif      |         | petit      |        |              |        |       |         |         | 1     |        | 523053                       | 2362611  |
| SAUSSAY               | Sep-95 |                   | actif      |         | moyen      | 1      |              | 1      | 1     |         |         |       |        | 531930                       | 2428318  |
| SAUSSAY               | Sep-95 |                   | actif      |         | petit      | 1      | 1            |        |       |         |         |       |        | 531696                       | 2427818  |
| SENANTES              | Sep-95 | actif             |            |         | petit      | 1      |              | 1      |       |         | 1       | 1     | 1      | 545357                       | 2406283  |
| SENONCHES             | Mar-95 | actif             |            |         | moyen      | 1      |              |        |       |         |         | 1     |        | 502367                       | 2395705  |
| SENONCHES             | Mar-95 |                   | actif      |         | petit      |        | 1            | 1      |       |         |         |       |        | 505498                       | 2395977  |
| SENONCHES             | Mai-97 |                   | actif      |         | moyen      | 1      |              |        | Casse |         |         |       |        | 505736                       | 2398588  |
| SERAZEREUX            | Sep-95 |                   | actif      |         | petit      |        |              | 1      | 1     |         |         |       |        | 532576                       | 2398629  |
| SERAZEREUX            | Sep-93 | réhabilité        |            |         | petit      | 1      |              | 1      |       |         |         |       |        | 532850                       | 2400635  |
| SOREL MOUSSEL         | Sep-95 | actif             |            |         | petit      |        | 1            |        |       |         |         | 1     | 1      | 531301                       | 2426872  |
| SOURS                 | Jun-93 | actif             |            |         | moyen      | 1      | 1            |        | 1     |         |         | 1     |        | 544979                       | 2378104  |
| SOURS                 | Jun-93 |                   | actif      |         | moyen      |        |              |        | 1     |         |         |       |        | 544387                       | 2382005  |
| THIRON GARDAIS        | Mar-95 | réhabilité        |            |         | moyen      | 1      |              |        |       |         |         |       |        | 500661                       | 2369277  |
| THIVARS               | Mai-97 |                   | actif      |         | moyen      |        | 1            | 1      |       |         |         |       |        | 533562                       | 2375438  |
| THIVILLE              | Mar-95 | réhabilité        |            |         | important  | 1      |              |        |       |         |         |       |        | 530380                       | 2335780  |
| TILLY LE PENEUX       | Mar-95 | actif             |            |         | petit      | 1      | 1            |        |       |         | 1       |       |        | 556429                       | 2352455  |
| TREMBLAY LES VILLAGES | Déc-94 |                   | actif      |         | moyen      | 1      | 1            | 1      | 1     |         |         |       |        | 535262                       | 2397755  |
| TREON                 | Nov-94 | fermé             |            |         | moyen      | 1      |              | 1      |       |         |         | 1     | 1      | 526442                       | 2409996  |
| VER LES CHARTRES      | Mar-95 | fermé             |            |         | petit      |        | 1            |        |       |         |         | 1     |        | 537643                       | 2376136  |
| VIABON                | Mar-95 | actif             |            |         | petit      |        | 1            |        |       |         | 1       | 1     | 1      | 552712                       | 2358299  |
| VIABON                | Mar-95 |                   | actif      |         | moyen      |        | 1            | 1      |       |         |         |       |        | 553817                       | 2357150  |
| VILLEMEUX SUR EURE    | Nov-94 | actif             |            |         | petit      | 1      |              | 1      |       |         | 1       | 1     | 1      | 534972                       | 2407659  |
| VILLIERS LE MORHIER   | Fév-95 |                   | actif      |         | petit      |        | 1            | 1      | 1     |         |         |       |        | 542692                       | 2463498  |
| VILLIERS LE MORHIER   | Fév-95 |                   | actif      |         | petit      |        | 1            | 1      | 1     |         |         |       |        | 542647                       | 2403761  |
| VOISE                 | Jan-95 |                   |            | actif   | petit      | 1      |              |        |       |         | 1       |       | 1      | 551765                       | 2377252  |
| VOISE                 | Jan-95 | actif             |            |         | petit      |        | 1            |        |       |         |         | 1     | 1      | 552765                       | 2377827  |
| VOVES                 | Mar-95 | actif             |            |         | moyen      | 1      | 1            |        |       | Vidange |         | 1     |        | 548695                       | 2363273  |
| VOVES                 | Mai-97 |                   | fermé      |         | moyen      |        |              |        |       | Vidange |         |       |        | 548454                       | 2364338  |
| YEVRES                | Mar-95 | fermé             |            |         | petit      | 1      |              |        |       |         |         | 1     |        | 515216                       | 2355611  |

## **Annexe 7**

### **Dépôts d'engrais liquide recensés**

**Source Conseil général - 1997**





Vulnérabilité des nappes en Eure-et-Loir

| NOM COMMUNE                | Retention | Capacité<br>en m³ | COOPERATIVES | X Lambert<br>2 étendu<br>(m) | Y Lambert<br>2 étendu<br>(m) |
|----------------------------|-----------|-------------------|--------------|------------------------------|------------------------------|
| ALLONNES                   |           | ?                 | DUNOIS       | 550 508                      | 2 369 680                    |
| ANET                       |           | ?                 | CARD         | 535 412                      | 2 429 861                    |
| ARROU                      |           | 270               | DUNOIS       | 510 078                      | 2 345 403                    |
| AUNAY SOUS CRECY           |           | 370               | HUREL        | 524 587                      | 2 408 794                    |
| AUNEAU                     | X         | 830               | DUNOIS       | 558 139                      | 2 384 550                    |
| AUNEAU                     |           | 200               | SCAEL        |                              |                              |
| AUTHON DU PERCHE           |           | 115               | DUNOIS       | 492 400                      | 2 356 495                    |
| BAILLEAU LE PIN            |           | 100               | CABEP        | 525 286                      | 2 375 069                    |
| BAILLEAU LE PIN            |           | 400               | DUNOIS       | 525 011                      | 2 374 644                    |
| BAILLEAU LE PIN            |           | 100               | SCAEL        | 524 861                      | 2 374 369                    |
| BAILLEAU L'EVEQUE          |           | 500               | SCAEL        | 531 350                      | 2 388 525                    |
| BAILLEAU ARMENONVILLE      | X         | 100               | SCAEL        | 552 010                      | 2 391 115                    |
| BAUDREVILLE                |           | 494               | I.DE.FRA     | 567 595                      | 2 370 435                    |
| BAUDREVILLE                |           | 100               | SCAEL        | 567 595                      | 2 370 335                    |
| LA BAZOCHE GOUET           |           | ?                 | DUNOIS       | 499 675                      | 2 350 085                    |
| BEAUCHE                    |           | ?                 | VERNEUIL     | 498 780                      | 2 410 263                    |
| BEAUMONT LES AUTELS        |           | 150               | SCAEL        | 497 775                      | 2 363 129                    |
| BERCHERES LES PIERRES      |           | 225               | CABEP        | 542 518                      | 2 377 063                    |
| BERCHERES LES PIERRES      |           | 100               | SCAEL        | 542 864                      | 2 377 053                    |
| BEVILLE LE COMTE           |           | 100               | SCAEL        | 553 589                      | 2 381 783                    |
| BOISSY LES PERCHE          |           | 400               | DUNOIS       | 493 682                      | 2 410 834                    |
| BOISVILLE LA ST PERE       | X         | 1070              | DUNOIS       | 552 203                      | 2 370 656                    |
| LA BOURDINIERE ST LOUP     | X         | 200               | DUNOIS       | 532 240                      | 2 369 197                    |
| BONNEVAL                   |           | 1085              | C.BONN       | 529 511                      | 2 355 034                    |
| BONNEVAL                   |           | 340               | DUNOIS       | 529 472                      | 2 354 954                    |
| BONNEVAL                   |           | 150               | SCAEL        | 529 397                      | 2 354 874                    |
| BOUGLAINVAL                |           | 200               | SCAEL        | 539 105                      | 2 394 356                    |
| LE BOULLAY MIVOYE          |           | 700               | BONNET       | 531 572                      | 2 405 587                    |
| BOUTIGNY PROUAIS           |           | ?                 | CARD         | 544 923                      | 2 416 768                    |
| BOUVILLE                   |           | 135               | C.BONN       | 529 408                      | 2 362 525                    |
| BREZOLLES                  |           | 210               | CARD         | 507 483                      | 2 410 829                    |
| BREZOLLES                  | X         | 430               | DUNOIS       | 507 358                      | 2 410 919                    |
| BROU                       |           | 400               | SCAEL        | 512 396                      | 2 356 384                    |
| BROU                       |           | ?                 |              | 512 669                      | 2 358 334                    |
| BROUE                      |           | 170               | SODEM        | 540 270                      | 2 417 166                    |
| BU                         |           | ?                 | CARD         | 538 182                      | 2 422 493                    |
| CERNAY                     |           | 100               | SCAEL        | 518 609                      | 2 376 916                    |
| CHAMPROND EN GATINE        |           | 150               | SCAEL        | 507 145                      | 2 378 749                    |
| CHAMPROND EN PERCHET       |           | 745               | DUNOIS       | 492 935                      | 2 369 246                    |
| LA CHAPELLE FORAINVILLIERS |           | ?                 | CARD         | 536 770                      | 2 413 993                    |
| CHASSANT                   |           | ?                 | C.BONN       | 505 133                      | 2 366 845                    |
| CHATEAUDUN                 |           | ?                 | DUNOIS       | 525 754                      | 2 342 322                    |
| CHATEAUDUN                 |           | 120               | C.BONN       |                              |                              |
| CHATEAUDUN                 |           | ?                 | SCAEL        |                              |                              |
| CHAUDON                    |           | 100               | SCAEL        | 537 348                      | 2 407 570                    |
| LA CHAUSSEE D'IVRY         |           | 210               | SCAEL        | 536 961                      | 2 432 208                    |
| CIVRY                      |           | 120               | CORNET       | 536 029                      | 2 341 108                    |
| CIVRY                      |           | 570               | DUNOIS       | 536 254                      | 2 341 063                    |
| CIVRY                      |           | 200               | C.BONN       | 536 354                      | 2 341 048                    |
| CLEVILLIERS                |           | 130               | CARD         | 530 701                      | 2 397 163                    |
| CLOYES SUR LE LOIR         |           | ?                 | DUNOIS       | 518 480                      | 2 332 980                    |
| CLOYES SUR LE LOIR         |           | ?                 | C.BONN       | 518 610                      | 2 332 780                    |
| LES CORVEES LES YYS        |           | ?                 | CABEP        | 513 600                      | 2 372 742                    |

| NOM COMMUNE                      | Retention | Capacité<br>en m³ | COOPERATIVES | X Lambert<br>2 étendu<br>(m) | Y Lambert<br>2 étendu<br>(m) |
|----------------------------------|-----------|-------------------|--------------|------------------------------|------------------------------|
| COULOMBS                         |           | 165               | DUNOIS       | 542 516                      | 2 406 097                    |
| COURVILLE SUR EURE               |           | 120               | DUNOIS       | 518 610                      | 2 382 732                    |
| COURVILLE SUR EURE               |           | 150               | SCAEL        | 518 364                      | 2 384 292                    |
| DAMMARIE                         | X         | 200               | SCAEL        | 537 515                      | 2 372 175                    |
| DANGEAU                          |           | 230               | DUNOIS       | 521 646                      | 2 357 390                    |
| DANGEAU                          | X         | 200               | SCAEL        | 521 621                      | 2 357 300                    |
| DIGNY                            |           | 100               | SCAEL        | 512 757                      | 2 393 886                    |
| DIGNY                            |           | ?                 | CARD         | 512 302                      | 2 393 466                    |
| EPERNON                          |           | 100               | SCAEL        | 551 282                      | 2 400 743                    |
| FAINS LA FOLIE                   |           | 620               | DUNOIS       | 548 822                      | 2 358 373                    |
| LA FERTE VILLENEUIL              | X         | 430               | DUNOIS       | 525 990                      | 2 332 130                    |
| FESSANVILLIERS<br>MATTANVILLIERS |           | 200               | DUNOIS       | 503 581                      | 2 412 157                    |
| FESSANVILLIERS<br>MATTANVILLIERS |           | ?                 | CARD         |                              |                              |
| FLACEY                           |           | 125               | DUNOIS       | 526 610                      | 2 350 093                    |
| FRESNAY LE COMTE                 |           | 120               | C.BONN       | 535 942                      | 2 367 298                    |
| FRESNAY L'EVEQUE                 |           | 160               | DUNOIS       | 561 536                      | 2 362 932                    |
| FRESNAY L'EVEQUE                 | X         | 100               | SCAEL        | 561 536                      | 2 362 907                    |
| FRETIGNY                         |           | ?                 | C.BONN       | 499 357                      | 2 374 152                    |
| FRUNCE                           |           | 200               | DUNOIS       | 516 406                      | 2 380 380                    |
| GARANCIERES EN BEAUCE            |           | ?                 | I.DE.FRA     | 569 717                      | 2 383 613                    |
| GARANCIERES EN DROUAI            |           | ?                 | CARD         | 522 289                      | 2 412 725                    |
| GARNAY                           |           | ?                 | CARD         | 526 417                      | 2 410 256                    |
| GAS                              |           | ?                 | SCAEL        | 550 778                      | 2 397 377                    |
| LE GAULT ST DENIS                | X         | 120               | C.BONN       | 537 525                      | 2 359 968                    |
| LE GAULT ST DENIS                |           | 100               | SCAEL        | 537 190                      | 2 359 658                    |
| HAPPONVILLIERS                   |           | ?                 | DUNOIS       | 508 606                      | 2 370 088                    |
| HOUVILLE LA BRANCHE              |           | 120               | DUNOIS       | 549 213                      | 2 382 462                    |
| HOUVILLE LA BRANCHE              |           | 190               | SCAEL        | 548 562                      | 2 383 257                    |
| ILLIERS COMBRAY                  |           | 300               | CABEP        | 519 189                      | 2 368 129                    |
| ILLIERS COMBRAY                  | X         | 430               | DUNOIS       | 519 204                      | 2 368 019                    |
| ILLIERS COMBRAY                  | X         | 200               | SCAEL        | 519 189                      | 2 367 919                    |
| JALLANS                          |           | 320               | C.BONN       |                              |                              |
| JALLANS                          |           | ?                 | DUNOIS       |                              |                              |
| JANVILLE                         | X         | 1030              | DUNOIS       | 566 073                      | 2 356 383                    |
| JANVILLE                         | X         | 200               | SCAEL        | 566 323                      | 2 356 203                    |
| JOUY                             |           | 150               | SCAEL        |                              |                              |
| LAMBLORE                         |           | ?                 | VERNEUIL     | 494 219                      | 2 402 876                    |
| LANGEY                           |           | ?                 | SCAEL        | 514 440                      | 2 339 290                    |
| LANNERAY                         |           | 160               | C.BONN       | 518 403                      | 2 344 138                    |
| LANNERAY                         |           | ?                 | DUNOIS       |                              |                              |
| LAONS                            |           | 340               | CARD         | 514 986                      | 2 412 175                    |
| LOGRON                           |           | 510               | C.BONN       | 520 500                      | 2 349 914                    |
| LOGRON                           |           | ?                 | DUNOIS       | 520 170                      | 2 350 464                    |
| LOIGNY LA BATAILLE               | X         | 200               | SCOPA        |                              |                              |
| LA LOUPE                         |           |                   |              |                              |                              |
| LUCE                             | X         | 2000              | SCAEL        | 534 514                      | 2 381 915                    |
| LUCE                             |           | 250               | SCAEL        | 534 394                      | 2 381 975                    |
| LUPLANTE                         |           | ?                 | C.BONN       | 530 121                      | 2 366 895                    |
| LUPLANTE                         |           | ?                 | CABEP        | 530 086                      | 2 366 850                    |
| LUTZ EN DUNOIS                   |           | 2350              | DUNOIS       | 531 979                      | 2 341 571                    |
| MAILLEBOIS                       |           | 130               | CARD         | 512 114                      | 2 404 520                    |

*Vulnérabilité des nappes en Eure-et-Loir*

| NOM COMMUNE           | Retention | Capacité<br>en m³ | COOPERATIVES | X Lambert<br>2 étendu<br>(m) | Y Lambert<br>2 étendu<br>(m) |
|-----------------------|-----------|-------------------|--------------|------------------------------|------------------------------|
| MAISONS               | X         | 300               | DUNOIS       |                              |                              |
| MARCHEZAIS            |           | 100               | SCAEL        | 539 784                      | 2 419 402                    |
| MARCHEZAIS            |           | 1000              | SCAEL        | 539 734                      | 2 419 442                    |
| MARCHEZAIS            |           | 255               | SODEM        | 539 294                      | 2 419 217                    |
| MEAUCE                |           | 224               | DUNOIS       | 501 298                      | 2 387 161                    |
| MEZIERES EN DROUAI    |           | 200               | SCAEL        | 534 669                      | 2 414 492                    |
| MIERMAIGNE            |           | ?                 | DUNOIS       | 500 221                      | 2 362 491                    |
| NEUVY EN BEAUCE       |           | 180               | CORNET       |                              |                              |
| NEUVY EN DUNOIS       |           | 160               | CORNET       | 540 837                      | 2 356 525                    |
| NOGENT LE PHAYE       | X         | 160               | SCAEL        |                              |                              |
| NOGENT LE ROI         | X         | 1120              | DUNOIS       | 540 825                      | 2 406 086                    |
| NOGENT LE ROTROU      |           | ?                 | DUNOIS       | 485 284                      | 2 369 465                    |
| ORGERES EN BEAUCE     |           | 640               | CORNET       | 551 030                      | 2 350 244                    |
| ORGERES EN BEAUCE     |           | 320               | CORNET       | 551 025                      | 2 350 153                    |
| ORGERES EN BEAUCE     | X         | 200               | SCAEL        | 551 025                      | 2 350 004                    |
| OUARVILLE             | X         | 300               | CABEP        | 557 988                      | 2 373 268                    |
| OUARVILLE             |           | 200               | SCAEL        | 557 993                      | 2 373 198                    |
| OZOIR LE BREUIL       |           | ?                 | DUNOIS       | 538 010                      | 2 334 750                    |
| PERONVILLE            |           | 540               | DUNOIS       | 543 719                      | 2 340 376                    |
| PERONVILLE            |           | 170               | CORNET       | 543 779                      | 2 340 376                    |
| PERONVILLE            |           | 100               | SCAEL        | 543 904                      | 2 340 376                    |
| PONTGOUIN             |           | 100               | SCAEL        | 511 410                      | 2 387 288                    |
| PRASVILLE             |           | 280               | TOURY        | 553 385                      | 2 363 890                    |
| PRUNAY LE GILLON      |           | 100               | SCAEL        | 547 855                      | 2 374 630                    |
| ROHAIRE               |           | ?                 | VERNEUIL     | 489 198                      | 2 407 629                    |
| ROINVILLE SOUS AUNEAU | X         | 200               | SCAEL        | 558 760                      | 2 383 110                    |
| ST ARNOULT DES BOIS   |           | ?                 | CARD         | 521 007                      | 2 388 920                    |
| ST AUBIN DES BOIS     |           | 200               | SCAEL        | 525 841                      | 2 383 656                    |
| ST GEORGES SUR EURE   |           | 160               | CABEP        | 528 790                      | 2 379 147                    |
| ST HILAIRE SUR YERRE  |           | ?                 | DUNOIS       | 514 930                      | 2 337 400                    |
| ST SAUVEUR MARVILLE   |           | 260               | CARD         | 522 226                      | 2 399 749                    |
| ST VICTOR DE BUTHON   |           | 100               | SCAEL        | 498 098                      | 2 379 317                    |
| SAINVILLE             |           | 120               | SCOPA        | 566 143                      | 2 379 406                    |
| SAINVILLE             |           | 200               | SCAEL        | 566 163                      | 2 379 411                    |
| SANCHEVILLE           |           | 160               | C.BONN       | 543 398                      | 2 355 476                    |
| SANCHEVILLE           |           | 150               | SCAEL        | 543 398                      | 2 355 401                    |
| SANTEUIL              |           | 250               | CORNET       | 555 061                      | 2 377 068                    |
| SANTEUIL              |           | 380               | CABEP        | 555 061                      | 2 376 983                    |
| SENONCHES             |           | ?                 | CARD         | 503 941                      | 2 397 747                    |
| SERAZEREUX            |           | ?                 | CORNET       | 531 780                      | 2 398 529                    |
| SOUANCE AU PERCHE     |           | ?                 | DUNOIS       | 490 039                      | 2 363 793                    |
| SOURS                 | X         | 200               | SCAEL        | 543 722                      | 2 382 184                    |
| TERMINIERS            | X         | 1175              | DUNOIS       | 552 552                      | 2 343 754                    |
| THEUVILLE             |           | 200               | CABEP        | 545 307                      | 2 370 658                    |
| THIVARS               | X         | 210               | DUNOIS       | 534 547                      | 2 375 899                    |
| THIVARS               |           | 100               | SCAEL        | 534 172                      | 2 375 574                    |
| TOURY                 |           | 690               | TOURY        | 570 574                      | 2 354 859                    |
| TREMBLAY LES VILLAGES |           | 500               | SCAEL        | 526 995                      | 2 396 691                    |
| TREMBLAY LES VILLAGES |           | ?                 | CARD         | 529 893                      | 2 402 764                    |
| UNVERRE               | X         | 140               | DUNOIS       | 507 511                      | 2 355 656                    |
| VIEUVICQ              | X         | 1600              | DUNOIS       | 515 396                      | 2 363 787                    |
| VIEUVICQ              |           | 100               | SCAEL        | 516 072                      | 2 363 557                    |
| VILLENEUVE ST NICOLAS | X         | 100               | DUNOIS       |                              |                              |

| NOM COMMUNE       | Retention | Capacité<br>en m³ | COOPERATIVES   | X Lambert<br>2 étendu<br>(m) | Y Lambert<br>2 étendu<br>(m) |
|-------------------|-----------|-------------------|----------------|------------------------------|------------------------------|
| VILLIERS ST ORIEN | X         | 100               | DUNOIS + SCAEL | 536 775                      | 2 349 353                    |
| VILLIERS ST ORIEN |           | 260               | C.BONN         | 537 165                      | 2 349 008                    |
| VOVES             | X         | 1800              | SCAEL          | 546 444                      | 2 364 152                    |
| VOVES             |           | 100               | SCAEL          | 546 519                      | 2 364 178                    |
| VOVES             | X         | 150               | SCAEL          | 546 504                      | 2 364 078                    |
| YMONVILLE         | X         | 100               | DUNOIS         | 556 721                      | 2 363 446                    |

## **Annexe 8**

### **Stations d'épuration**

**Source Conseil général - 1997**



| NOM COMMUNE           | Situation            | Population 1990 | Capacité | Nombre de raccordés | N° carte IGN | Année | X Lambert 2 étendu (m) | Y Lambert 2 étendu (m) |
|-----------------------|----------------------|-----------------|----------|---------------------|--------------|-------|------------------------|------------------------|
| ALLUYES               |                      | 654             | 500      | 406                 | 2018-E       | 78    | 528 086                | 2 359 429              |
| AMILLY                |                      | 2109            | 2 000    | 1 900               | 2016-E       | 69    | 530 803                | 2 382 577              |
| ANET                  |                      | 2813            | 6 000    | 2 570               | 2114-O       | 88    | 534 744                | 2 429 900              |
| ARDELLES              |                      | 156             | 150      | 97                  | 2016-O       | 75    | 513 653                | 2 394 670              |
| ARGENVILLIERS         |                      | 304             | 250      | 116                 | 1917-E       | 73    | 497 142                | 2 363 717              |
| ARROU                 |                      | 1782            | 2 300    | 1 080               | 2018-O       | 67    | 509 452                | 2 344 841              |
| AUNAY-SOUS-AUNEAU     |                      | 1243            | 1 500    | 1 125               | 2216-O       | 73    | 560 838                | 2 382 839              |
| AUNEAU                |                      | 3134            | 4 000    | 3 035               | 2116-E       | 85    | 558 082                | 2 385 413              |
| AUTHON-DU-PERCHE      |                      | 1274            | 1 500    | 1 040               | 1918-E       | 69    | 493 009                | 2 355 778              |
| BAILLEAU L'EVEQUE     |                      | 931             | 1 500    | 723                 | 2016-E       | 94    | 531 188                | 2 387 880              |
| BAILLEAU-LE-PIN       |                      | 1505            | 1 500    | 1 147               | 2017-E       | 95    | 525 801                | 2 373 987              |
| BARJOUVILLE           |                      | 1321            | 2 400    | 1 400               | 2117-O       | 71    | 536 699                | 2 379 432              |
| LA BAZOCHE-GOUET      | EST                  | (1290)          | 700      | 453                 | 1918-E       | 73    | 499 566                | 2 349 629              |
| LA BAZOCHE-GOUET      | SUD                  | (1290)          | 500      | 420                 | 1918-E       | 67    | 498 934                | 2 349 428              |
| BEAUCHE               |                      | 285             | 250      | 203                 | 1915-E       | 79    | 498 869                | 2 410 787              |
| BEAUMONT-LES-AUTELS   |                      | 528             | 500      | 458                 | 1917-E       | 72    | 497 282                | 2 362 715              |
| BELHOMERT-GUEHOVILLE  |                      | 773             | 800      | 550                 | 1916-E       | 92    | 505 724                | 2 389 822              |
| BERCHERES-LES-PIERRES |                      | 887             | 800      | 810                 | 2117-O       | 83    | 541 567                | 2 376 867              |
| BERCHERES-ST-GERMAIN  | BERCHERES-LA-MAINGOT | 597             | 400      | 450                 | 2116-O       | 75    | 537 567                | 2 392 671              |
| BERCHERES-SUR-VESGRE  |                      | 685             | 500      | 450                 | 2114-O       | 83    | 541 025                | 2 427 783              |
| BEVILLE-LE-COMTE      |                      | 1229            | 1 000    | 1 050               | 2116-E       | 72    | 554 226                | 2 382 536              |
| BONNEVAL              |                      | 4440            | 8 000    | 3 600               | 2018-E       | 68    | 529 128                | 2 353 131              |
| LE BOULLAY-THIERRY    |                      | 351             | 500      | 422                 | 2015-E       | 68    | 532 847                | 2 404 327              |
| BOUTIGNY-PROUAIS      | BOUTIGNY             | (1321)          | 500      | 435                 | 2115-O       | 78    | 545 035                | 2 416 326              |
| BOUTIGNY-PROUAIS      | PROUAIS              | (1321)          | 500      | 370                 | 2115-O       | 78    | 540 742                | 2 413 281              |
| BOUVILLE              | BOIS DE FEUGERES     | 389             | 500      | 140                 | 2017-E       | 87    | 530 974                | 2 362 249              |
| BREZOLLES             |                      | 1702            | 2 500    | 1 500               | 1915-E       | 92    | 507 198                | 2 411 622              |
| BRICONVILLE           |                      | 94              | 100      | 94                  | 2016-E       | 68    | 530 057                | 2 392 495              |
| BROU                  |                      | 3821            | 8 000    | 3 500               | 2018-O       | 69    | 513 950                | 2 357 153              |

| NOM COMMUNE                | Situation    | Population 1990 | Capacité | Nombre de raccordés | N° carte IGN | Année | X Lambert 2 étendu (m) | Y Lambert 2 étendu (m) |
|----------------------------|--------------|-----------------|----------|---------------------|--------------|-------|------------------------|------------------------|
| BROUE                      |              | 677             | 500      | 550                 | 2115-O       | 75    | 539 890                | 2 416 390              |
| BRUNELLES                  |              | 469             | 500      | 250                 | 1917-O       | 90    | 493 144                | 2 370 326              |
| CHALLET                    |              | 357             | 700      | 357                 | 2116-O       | 95    | 534 106                | 2 395 616              |
| CHAMPROND-EN-GATINE        |              | 356             | 500      | 300                 | 2017-O       | 73    | 506 953                | 2 379 061              |
| CHAMPROND-EN-PERCHET       | CHAINVILLE   | 457             | 300      | 300                 | 1917-O       | 74    | 490 673                | 2 369 436              |
| LA CHAPELLE-DU-NOYER       | LA FRINGALE  | 1122            | 400      | 180                 | 2019-E       | 81    | 522 713                | 2 338 244              |
| CHAPELLE-GUILLAUME         |              | 192             | 100      | 100                 | 1918-E       | 82    | 493 522                | 2 346 828              |
| CHAPELLE-ROYALE            |              | 370             | 450      | 259                 | 1918-E       | 76    | 504 455                | 2 350 104              |
| CHARTAINVILLERS            |              | 562             | 600      | 438                 | 2116-O       | 77    | 542 694                | 2 394 470              |
| CHASSANT                   |              | 308             | 200      | 250                 | 1917-E       | 61    | 505 953                | 2 367 105              |
| CHATEAUDUN                 | VILLE        | (15328)         | 17 500   | 15 000              | 2018-E       | 60    | 524 197                | 2 341 785              |
| CHATEAUDUN                 | CHATENAY     | (15328)         | 200      | 100                 | 2018-E       | 80    | 523 645                | 2 344 404              |
| CHATEAUDUN                 | CREPAINVILLE | (15328)         | 200      | 180                 | 2018-E       | 80    | 521 289                | 2 344 844              |
| CHATEAUNEUF-EN-THYMERAI    |              | 2476            | 3 500    | 2 369               | 2016-O       | 78    | 520 024                | 2 399 370              |
| LES CHATELLIERS-NOTRE-DAME |              | 124             | 100      | 71                  | 2017-O       | 67    | 516 271                | 2 373 164              |
| CHAUDON                    |              | 1367            | 1 000    | 872                 | 2115-O       | 67    | 538 009                | 2 408 001              |
| LA CHAUSSEE-D'IVRY         |              | 967             | 1 000    | 597                 | 2114-O       | 84    | 536 907                | 2 432 085              |
| CHUISNES                   |              | 789             | 500      | 350                 | 2016-O       | 81    | 516 459                | 2 383 572              |
| CINTRAY                    |              | 273             | 500      | 350                 | 2016-E       | 74    | 528 497                | 2 383 525              |
| CLEVILLIERS                |              | 550             | 450      | 305                 | 2016-E       | 76    | 529 731                | 2 393 728              |
| CLOYES-SUR-LE-LOIR         |              | 2607            | 3 000    | 2 400               | 2019-O       | 72    | 517 671                | 2 333 124              |
| COLTAINVILLE               |              | 741             | 500      | 510                 | 2116-O       | 84    | 543 869                | 2 387 883              |
| CORANCEZ                   |              | 420             | 600      | 420                 | 2117-O       | 92    | 538 957                | 2 374 251              |
| COUDRAY-AU-PERCHE          |              | 276             | 400      | 127                 | 1918-O       | 80    | 490 098                | 2 360 558              |
| COUDRECEAU                 |              | 376             | 300      | 120                 | 1917-E       | 94    | 494 481                | 2 373 213              |
| COURTALAIN                 |              | 586             | 750      | 530                 | 2018-O       | 93    | 511 492                | 2 342 651              |
| COURVILLE-SUR-EURE         |              | 2394            | 5 000    | 2 500               | 2016-O       | 91    | 519 725                | 2 383 674              |
| CRUCEY VILLAGES            |              | 441             | 400      | 310                 | 1915-E       | 78    | 506 806                | 2 408 514              |
| DAMMARIE                   |              | 1345            | 1 500    | 849                 | 2117-O       | 86    | 537 779                | 2 372 286              |



| NOM COMMUNE           | Situation   | Population 1990 | Capacité | Nombre de raccordés | N° carte IGN | Année | X Lambert 2 étendu (m) | Y Lambert 2 étendu (m) |
|-----------------------|-------------|-----------------|----------|---------------------|--------------|-------|------------------------|------------------------|
| DAMPIERRE-SOUS-BROU   |             | 475             | 400      | 220                 | 2018-O       | 91    | 509 022                | 2 357 552              |
| DANGEAU               |             | 748             | 600      | 398                 | 2018-E       | 77    | 522 241                | 2 357 098              |
| DANGERS               |             | 329             | 500      | 326                 | 2016-E       | 68    | 527 151                | 2 389 898              |
| DIGNY                 |             | 805             | 750      | 450                 | 2016-O       | 75    | 512 820                | 2 394 148              |
| DONNEMAIN-ST-MAMES    |             | 643             | 600      | 460                 | 2018-E       | 79    | 528 126                | 2 346 075              |
| DREUX                 |             | 35866           | 100 000  | 35 000              | 2015-E       | 96    | 530 742                | 2 417 186              |
| EPERNON               |             | 5119            | 12 000   | 5 040               | 2115-E       | 94    | 551 109                | 2 401 065              |
| LES ETILLEUX          |             | 185             | 120      | 120                 | 1918-O       | 80    | 487 487                | 2 360 383              |
| LA FERTE-VIDAME       |             | 805             | 1 200    | 718                 | 1915-E       | 92    | 494 607                | 2 402 840              |
| FONTAINE-LA-GUYON     |             | 765             | 1 200    | 595                 | 2016-E       | 92    | 524 236                | 2 385 920              |
| FONTAINE-SIMON        | STE ANNE    | (761)           | 1 000    | 454                 | 1916-E       | 74    | 503 098                | 2 390 460              |
| FONTAINE-SIMON        | LA FERRIERE | (761)           | 350      | 50                  | 1916-E       | 90    | 502 445                | 2 391 279              |
| FONTENAY-SUR-EURE     |             | 677             | 1 000    | 550                 | 2017-E       | 88    | 531 528                | 2 377 698              |
| FRANCOURVILLE         |             | 812             | 800      | 200                 | 2117-E       | 87    | 550 472                | 2 378 359              |
| FRAZE                 |             | 489             | 300      | 280                 | 2017-O       | 95    | 508 162                | 2 363 415              |
| FRESNAY-LE-GILMERT    |             | 174             | 300      | 148                 | 2016-E       | 95    | 532 660                | 2 390 814              |
| FRETIGNY              |             | 369             | 300      | 190                 | 1917-E       | 75    | 499 194                | 2 375 896              |
| GALLARDON             |             | 2591            | 4 500    | 2 457               | 2116-E       | 93    | 551 445                | 2 391 957              |
| GARANCIERES-EN-BEAUCE |             | 225             | 300      | 225                 | 2216-O       | 90    | 569 010                | 2 382 292              |
| GAS                   |             | 628             | 800      | 300                 | 2116-E       | 96    | 549 733                | 2 396 605              |
| GASVILLE-OISEME       | OISEME      | 1029            | 1 200    | 922                 | 2116-O       | 74    | 540 885                | 2 386 810              |
| GOUSSAINVILLE         |             | 701             | 1 000    | 700                 | 2115-O       | 87    | 542 903                | 2 419 963              |
| HANCHES               |             | 2089            | 2 400    | 1 887               | 2115-E       | 70    | 548 460                | 2 401 027              |
| HOUX                  |             | 428             | 800      | 428                 | 2116-O       | 93    | 546 786                | 2 396 411              |
| ILLIERS-COMBRAY       |             | 3408            | 6 000    | 2 800               | 2017-O       | 67    | 518 899                | 2 366 892              |
| JANVILLE              |             | 1760            | 2 500    | 1 633               | 2218-O       | 70    | 565 603                | 2 355 739              |
| JOUY                  |             | 1764            | 1 200    | 1 000               | 2116-O       | 80    | 542 521                | 2 391 223              |
| LANDELLES             |             | 494             | 400      | 414                 | 2016-O       | 67    | 515 737                | 2 385 764              |
| LANNERAY              |             | 483             | 500      | 285                 | 2018-O       | 74    | 518 613                | 2 343 496              |

| NOM COMMUNE          | Situation | Population 1990 | Capacité | Nombre de<br>raccordés | N° carte<br>IGN | Année | X<br>Lambert 2<br>étendu (m) | Y<br>Lambert 2<br>étendu (m) |
|----------------------|-----------|-----------------|----------|------------------------|-----------------|-------|------------------------------|------------------------------|
| LAONS                |           | 530             | 500      | 379                    | 2015-O          | 73    | 515 143                      | 2 412 581                    |
| LEVES                |           | 4029            | 140 000  | 4 000                  | 2116-O          | 94    | 536 761                      | 2 385 490                    |
| LA LOUPE             |           | 3841            | 6 000    | 3 800                  | 1916-E          | 94    | 501 891                      | 2 387 475                    |
| LUIGNY               |           | 344             | 300      | 230                    | 1918-E          | 74    | 503 009                      | 2 360 609                    |
| MAILLEBOIS           | BLEVY     | 285             | 500      | 200                    | 2015-O          | 78    | 514 880                      | 2 405 353                    |
| MAILLEBOIS           | DAMPIERRE | 217             | 300      | 150                    | 2015-O          | 88    | 510 759                      | 2 404 005                    |
| MAINTENON            | NORD      | (4182)          | 4 500    | 3 600                  | 2116-O          | 82    | 543 818                      | 2 400 071                    |
| MAINTENON            | SUD       | (4182)          | 600      | 350                    | 2116-O          | 76    | 544 621                      | 2 398 096                    |
| MARBOUE              |           | 1062            | 1 500    | 910                    | 2018-E          | 88    | 524 812                      | 2 346 328                    |
| MARGON               |           | 1157            | 500      | 730                    | 1917-O          | 82    | 488 198                      | 2 371 596                    |
| MIERMAIGNE           |           | 200             | 200      | 120                    | 1917-E          | 76    | 499 991                      | 2 361 625                    |
| MONTIGNY-LE-GANNELON |           | 390             | 400      | 350                    | 2019-O          | 79    | 517 943                      | 2 335 287                    |
| MONTIGNY-SUR-AVRE    |           | 276             | 100      | 90                     | 1915-E          | 79    | 503 062                      | 2 415 549                    |
| MONTLONDON           |           | 186             | 300      | 231                    | 1917-E          | 75    | 502 778                      | 2 377 788                    |
| MORANCEZ             |           | 1701            | 2 500    | 1 660                  | 2117-O          | 96    | 537 013                      | 2 379 829                    |
| NOGENT-LE-PHAYE      |           | 1008            | 2 000    | 1 070                  | 2116-O          | 94    | 543 608                      | 2 383 718                    |
| NOGENT-LE-ROI        |           | 3845            | 7 000    | 4 478                  | 2115-O          | 71    | 539 953                      | 2 406 480                    |
| NOGENT-LE-ROTHOU     |           | 12556           | 15 000   | 12 000                 | 1917-O          | 70    | 486 342                      | 2 370 004                    |
| ORGERES-EN-BEAUCE    |           | 1063            | 600      | 450                    | 2118-E          | 71    | 551 920                      | 2 350 127                    |
| OUARVILLE            |           | 470             | 130      | 200                    | 2117-E          | 69    | 557 986                      | 2 372 891                    |
| PIERRES              |           | 2408            | 2 500    | 2 300                  | 2116-O          | 71    | 543 409                      | 2 399 464                    |
| PONTGOUIN            |           | 1316            | 1 000    | 783                    | 2016-O          | 91    | 512 936                      | 2 387 323                    |
| PUISEUX              |           | 108             | 300      |                        | 2015-E          | 94    | 529 669                      | 2 405 039                    |
| ROMILLY-SUR-AIGRE    |           | 406             | 250      | 305                    | 2019-E          | 84    | 521 444                      | 2 332 025                    |
| ROUVRES              |           | 668             | 2 000    | 1 350                  | 2114-O          | 76    | 536 910                      | 2 426 982                    |
| ST-ARNOULT-DES-BOIS  |           | 647             | 300      | 250                    | 2016-E          | 70    | 520 503                      | 2 388 580                    |
| ST-AUBIN-DES-BOIS    | CHAZAY    | 871             | 500      | 325                    | 2016-E          | 84    | 526 752                      | 2 384 482                    |
| ST-DENIS-LES-PONTS   | SEGLAND   | 1582            | 2 500    | 2 100                  | 2019-E          | 76    | 522 460                      | 2 340 474                    |
| ST-ELIPH             | BOURG     | (743)           | 300      | 214                    | 1916-E          | 76    | 502 811                      | 2 384 352                    |

| NOM COMMUNE              | Situation             | Population 1990 | Capacité | Nombre de raccordés | N° carte IGN | Année | X Lambert 2 étendu (m) | Y Lambert 2 étendu (m) |
|--------------------------|-----------------------|-----------------|----------|---------------------|--------------|-------|------------------------|------------------------|
| ST-ELIPH                 | OUEST                 | (743)           | 300      | 120                 | 1916-E       | 71    | 500 547                | 2 384 773              |
| ST-GEORGES-SUR-EURE      |                       | 2267            | 3 000    | 1 900               | 2017-E       | 85    | 527 888                | 2 380 077              |
| ST-HILAIRE-SUR-YERRE     |                       | 566             | 500      | 306                 | 2019-E       | 84    | 519 505                | 2 337 338              |
| ST-LUBIN-DES-JONCHERETS  |                       | (4416)          | 3 000    | 2 700               | 2015-O       | 80    | 517 027                | 2 418 714              |
| ST-LUPERCE               |                       | 759             | 500      | 470                 | 2016-E       | 76    | 525 404                | 2 382 143              |
| ST-MAIXME-HAUTERIVE      | HAUTERIVE             | 317             | 150      | 150                 | 2016-O       | 75    | 514 537                | 2 397 721              |
| ST-MARTIN-DE-NIGELLES    |                       | 1033            | 1 200    | 767                 | 2115-O       | 72    | 544 726                | 2 402 289              |
| ST-PELLERIN              |                       | 317             | 400      | 240                 | 2018-O       | 79    | 511 278                | 2 342 253              |
| ST-PIAT                  | CHANGE                | 1010            | 530      | 470                 | 2116-O       | 89    | 544 482                | 2 396 009              |
| ST-PREST                 |                       | 2223            | 800      | 800                 | 2116-O       | 85    | 540 657                | 2 388 416              |
| ST-REMY-SUR-AVRE         |                       | 3584            | 6 000    | 2 900               | 2015-O       | 85    | 520 220                | 2 418 615              |
| ST-SAUVEUR-MARVILLE      | MARVILLE              | 642             | 200      | 278                 | 2015-E       | 77    | 523 256                | 2 401 750              |
| ST-SYMPHORIEN-LE-CHATEAU |                       | 860             | 600      | 440                 | 2116-E       | 80    | 557 097                | 2 391 452              |
| SAUMERAY                 |                       | 336             | 200      | 160                 | 2017-E       | 68    | 524 406                | 2 361 883              |
| SENONCHES                | VILLE                 | 2922            | 5 000    | 2 922               | 1916-E       | 90    | 504 432                | 2 396 773              |
| SENONCHES                | TARDAIS               | 64              | 100      | 64                  | 1916-E       | 82    | 501 963                | 2 398 647              |
| SENONCHES                | LA VILLE AUX NONAINS  | 197             | 250      | 140                 | 2016-O       | 95    | 508 501                | 2 395 677              |
| SOIZE                    |                       | 270             | 100      | 130                 | 1918-O       | 80    | 491 842                | 2 353 331              |
| SOUANCE-AU-PERCHE        |                       | 551             | 500      | 285                 | 1917-O       | 92    | 489 869                | 2 364 277              |
| SOULAIRES                |                       | 435             | 500      | 210                 | 2116-O       | 90    | 544 769                | 2 391 796              |
| SOURS                    |                       | 1940            | 1 500    | 1 262               | 2117-O       | 87    | 544 954                | 2 379 618              |
| THIRON-GARDAIS           |                       | 1178            | 1 300    | 872                 | 1917-E       | 69    | 500 994                | 2 369 007              |
| THIVARS                  |                       | 980             | 800      | 800                 | 2117-O       | 80    | 534 465                | 2 376 342              |
| TOURY                    |                       | 2667            | 5 000    | 2 600               | 2218-O       | 80    | 570 121                | 2 354 284              |
| TREMBLAY-LES-VILLAGES    | CHENE-CHENU           | 262             | 200      | 240                 | 2016-E       | 77    | 530 440                | 2 401 461              |
| TREMBLAY-LES-VILLAGES    | TREMBLAY              | 919             | 1 000    | 440                 | 2015-E       | 94    | 525 239                | 2 398 443              |
| TREMBLAY-LES-VILLAGES    | GIRONVILLE - NEUVILLE | 152             | 200      | 152                 | 2015-E       | 78    | 530 651                | 2 402 852              |
| TREMBLAY-LES-VILLAGES    | THEUVY-BILHEUX        | 126             | 400      | 230                 | 2016-E       | 75    | 526 388                | 2 397 016              |
| UMPEAU                   |                       | 330             | 200      | 300                 | 2116-E       | 81    | 550 698                | 2 386 933              |

| NOM COMMUNE         | Situation | Population 1990 | Capacité | Nombre de<br>raccordés | N° carte<br>IGN | Année | X<br>Lambert 2<br>étendu (m) | Y<br>Lambert 2<br>étendu (m) |
|---------------------|-----------|-----------------|----------|------------------------|-----------------|-------|------------------------------|------------------------------|
| UNVERRE             |           | 1026            | 1 000    | 351                    | 2018-O          | 94    | 508 298                      | 2 355 934                    |
| VER-LES-CHARTRES    |           | 778             | 1 200    | 750                    | 2117-O          | 78    | 536 358                      | 2 376 873                    |
| VILLEMEUX-SUR-EURE  |           | 1266            | 1 000    | 700                    | 2115-O          | 79    | 535 497                      | 2 409 059                    |
| VILLIERS-LE-MORHIER | BOURG     | (1080)          | 600      | 750                    | 2115-O          | 78    | 542 960                      | 2 402 042                    |
| VILLIERS-LE-MORHIER | GOBIENNE  | (1080)          | 250      | 70                     | 2115-O          | 74    | 544 630                      | 2 402 674                    |
| VOVES               |           | 2824            | 4 000    | 2 200                  | 2117-E          | 92    | 546 895                      | 2 363 295                    |
| YEVRES              |           | 1687            | 1 000    | 450                    | 2018-O          | 83    | 514 995                      | 2 357 165                    |



**BRGM**  
**DIRECTION DES SERVICES GEOLOGIQUES REGIONAUX**  
**Service géologique régional Centre**  
BP 6009 - 45060 ORLEANS cedex 02 - France - Tél . : (33) 02 38 64 35 69



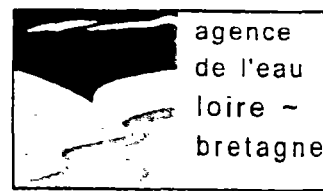
Ministère de l'Economie,  
des Finances et de l'Industrie



Secrétariat  
d'Etat à l'Industrie



AGENCE DE L'EAU  
SEINE-NORMANDIE



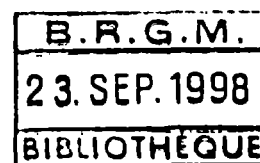
DOCUMENT PUBLIC

## *Vulnérabilité des nappes d'eau souterraines en Eure-et-Loir*

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 97-D-526

août 1998

R 39518



# SOMMAIRE

## Rapport

### *Vulnérabilité des nappes d'eau souterraines en Eure-et-Loir*

## Planches

- Pl. 1 - Schéma et hypothèses de calcul de  $(R + r)$  recharge des nappes et ruissellement superficiel
- Pl. 2 - Précipitations d'automne, d'hiver et du mois de mars ; moyennes sur la période 1961-1990
- Pl. 3 - Evapotranspiration potentielle d'automne, d'hiver et du mois de mars ; moyenne sur la période 1961-1990
- Pl. 4 - Occupation du sol
- Pl. 5 - Pourcentage de sols nus dans les terres arables
- Pl. 6 - Pluie moins évapotranspiration réelle (modèle Agronoé) ; moyenne sur la période 1961-1990 entre septembre et mars
- Pl. 7 - Réserve utile des sols
- Pl. 8 - Recharge plus ruissellement (pluie moins évapotranspiration réelle moins réserve utile)
- Pl. 9 - Modèle numérique de terrain (MNT)
- Pl. 10 - Carte des pentes
- Pl. 11 - Modèle de drainage
- Pl. 12 - Carte des formations géologiques
- Pl. 13 - Types de perméabilité des formations géologiques affleurantes
- Pl. 14 - MNT ombré et phénomènes karstiques
- Pl. 15 - Contour des nappes exploitées et captages pour eau potable
- Pl. 16 - Carte du niveau des nappes exploitées
- Pl. 17 - Epaisseur des formations géologiques au-dessus des nappes exploitées
- Pl. 18 - Vulnérabilité intrinsèque
- Pl. 19 - Carte des teneurs en nitrate
- Pl. 20 - Sources de pollution potentielle
- Pl. 21 - Vecteurs de pollution potentielle : carrières, forages, sondages, puits, réseau ferroviaire, zones inondables
- Pl. 22 - Vecteurs de pollution potentielle : autoroutes, routes nationales, routes départementales ; trafic moyen journalier en 1995

## Carte hors-texte

### *Vulnérabilité et risque de pollution des premières nappes d'eau souterraines exploitées - Echelle 1/100 000*





Ministère de l'Economie,  
des Finances et de l'Industrie



Secrétariat  
d'Etat à l'Industrie



AGENCE DE L'EAU  
SEINE-NORMANDIE



DOCUMENT PUBLIC

# *Vulnérabilité des nappes d'eau souterraines en Eure-et-Loir*

## PLANCHES

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 97-D-526

août 1998  
R 39518



## Liste des planches

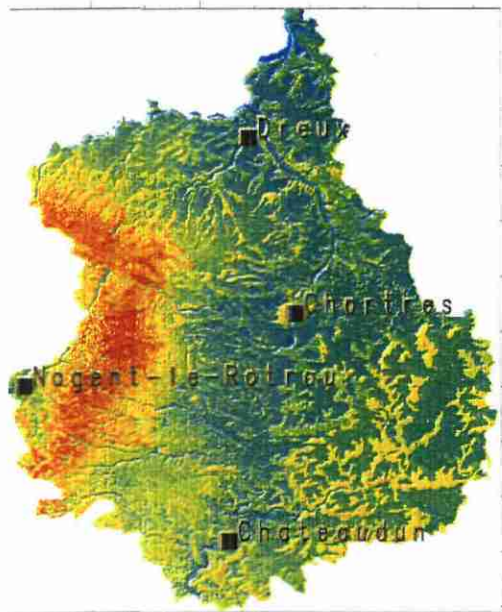
- Pl. 1 - Schéma et hypothèses de calcul de  $(R + r)$  recharge des nappes et ruissellement superficiel
- Pl. 2 - Précipitations d'automne, d'hiver et du mois de mars ; moyennes sur la période 1961-1990
- Pl. 3 - Evapotranspiration potentielle d'automne, d'hiver et du mois de mars ; moyenne sur la période 1961-1990
- Pl. 4 - Occupation du sol
- Pl. 5 - Pourcentage de sols nus dans les terres arables
- Pl. 6 - Pluie moins évapotranspiration réelle (modèle Agronoé) ; moyenne sur la période 1961-1990 entre septembre et mars
- Pl. 7 - Réserve utile des sols
- Pl. 8 - Recharge plus ruissellement (pluie moins évapotranspiration réelle moins réserve utile)
- Pl. 9 - Modèle numérique de terrain (MNT)
- Pl. 10 - Carte des pentes
- Pl. 11 - Modèle de drainage
- Pl. 12 - Carte des formations géologiques
- Pl. 13 - Types de perméabilité des formations géologiques affleurantes
- Pl. 14 - MNT ombré et phénomènes karstiques
- Pl. 15 - Contour des nappes exploitées et captages pour eau potable
- Pl. 16 - Carte du niveau des nappes exploitées
- Pl. 17 - Epaisseur des formations géologiques au-dessus des nappes exploitées
- Pl. 18 - Vulnérabilité intrinsèque
- Pl. 19 - Carte des teneurs en nitrate
- Pl. 20 - Sources de pollution potentielle
- Pl. 21 - Vecteurs de pollution potentielle : carrières, forages, sondages, puits, réseau ferroviaire, zones inondables
- Pl. 22 - Vecteurs de pollution potentielle : autoroutes, routes nationales, routes départementales ; trafic moyen journalier en 1995

# Recharge et ruissellement

## Planche n° 1

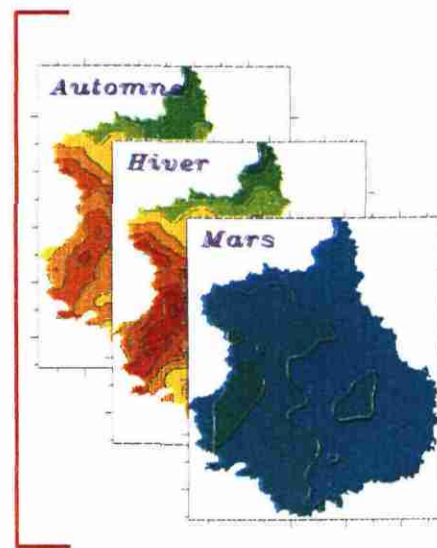
Recharge  
et ruissellement

$(R + r)$



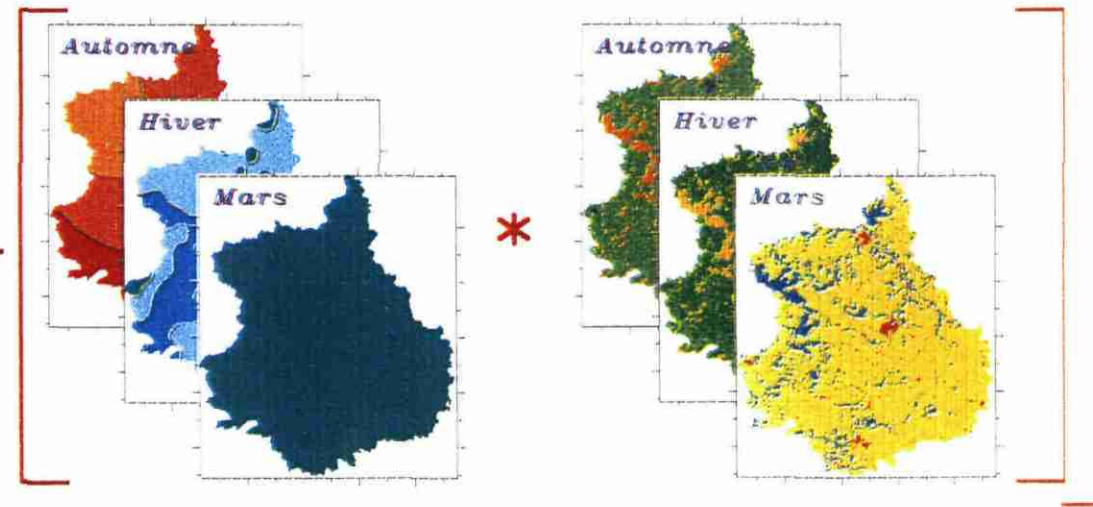
Précipitations

$P$



Evapotranspiration Réelle

$ETR$

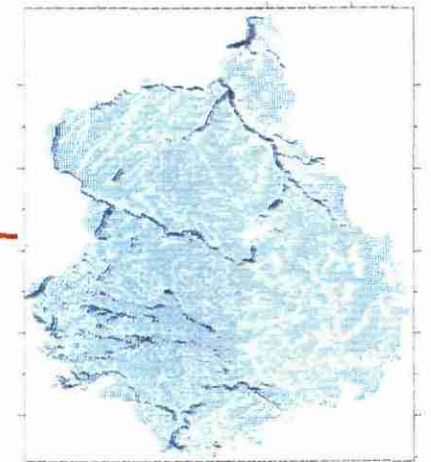


ETP  
Evapotranspiration Potentielle

kc  
Coefficients culturaux

Réserve Utile  
des sols

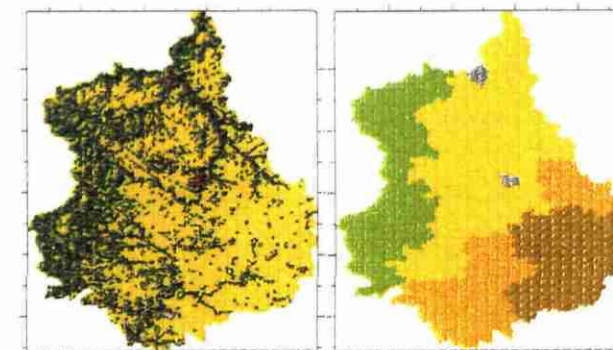
$\Delta RU$



$$(R + r) = \Sigma (P - ETR) - \Delta RU$$

- Hypothèses :
- .  $ETR = ETM = ETP * kc$  de septembre à mars
  - .  $\Delta RU = RU_{max}$  de septembre à mars
  - .  $RU = 0$  fin août
  - .  $R + r = 0$  d'avril à août

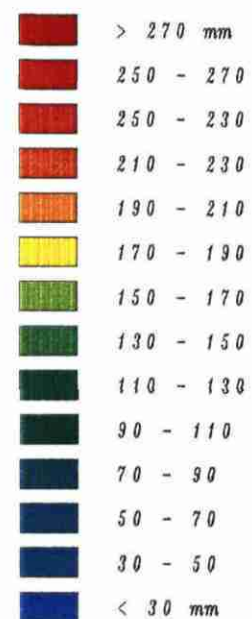
ETM=Evapotranspiration maximale possible des plantes



carte d'occupation  
du sol + tableaux de  
coefficients culturaux  
selon occupation du sol

% sols nus dans les  
terres arables





Précipitations sur la  
période considérée

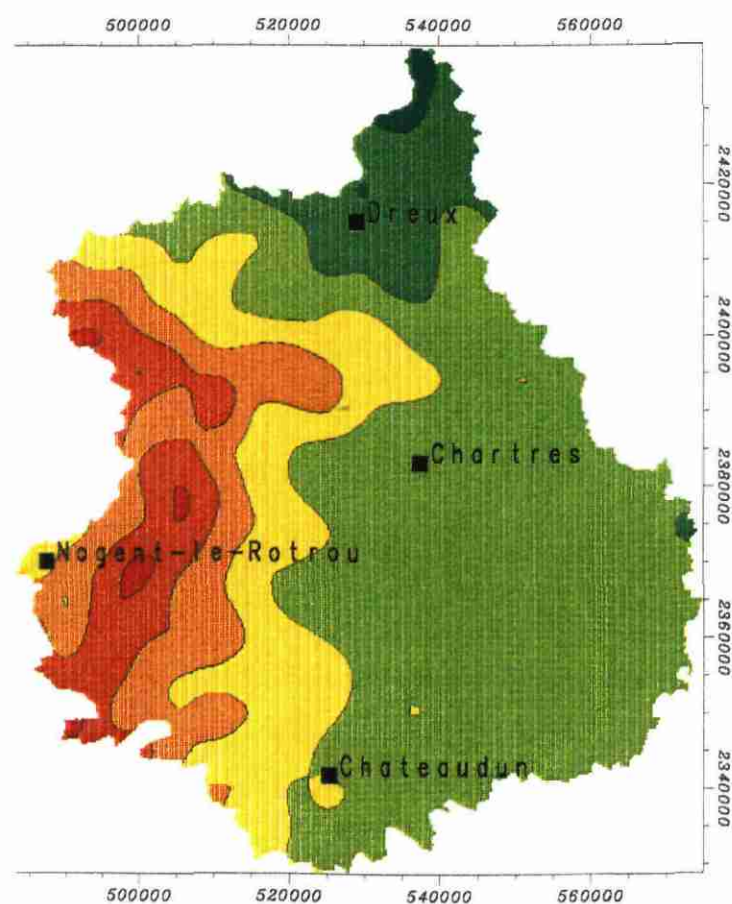
## Précipitations Planche n° 2

(Moyenne sur la période 1961-1990)

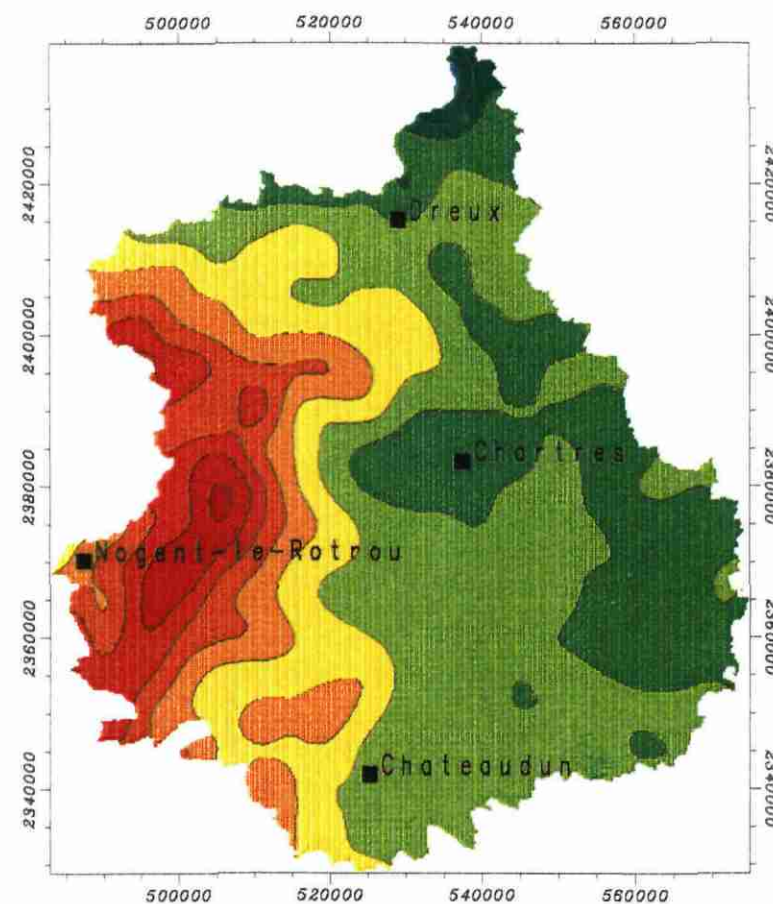
(Source : Météo France, Centre départemental d'Eure-et-Loir)

(grille au pas d'un km)

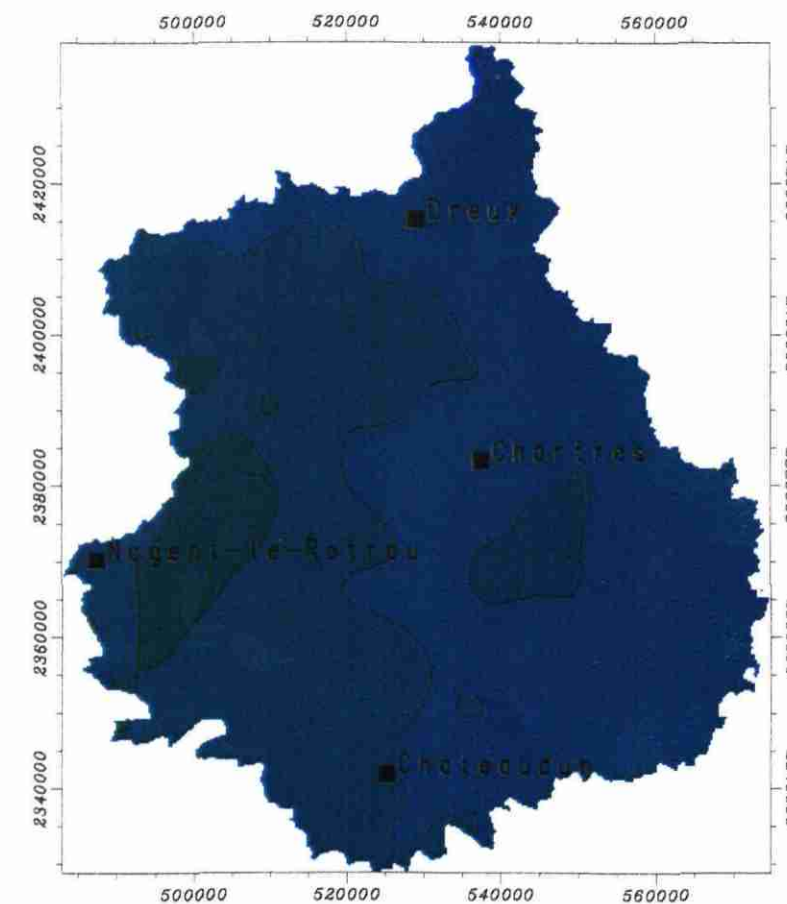
Précipitations automnales (sep., oct., nov.)

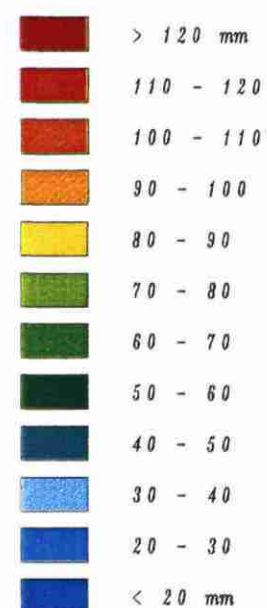


Précipitations hivernales (déc., jan., fév.)



Précipitations du mois de mars





*Hauteur d'eau susceptible  
de s'évaporer pendant la  
période considérée*

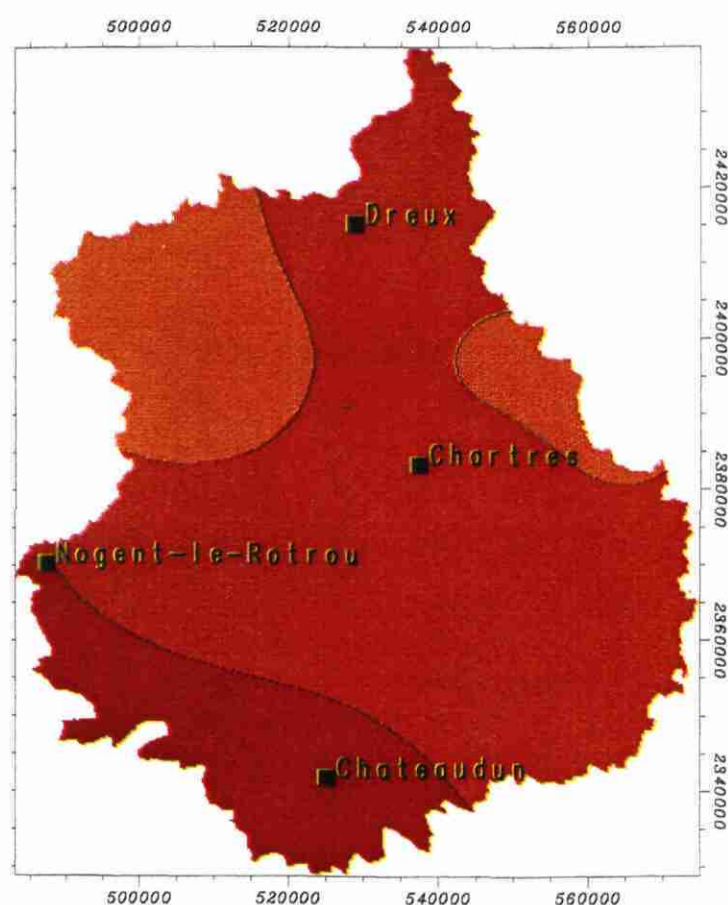
## *Evapotranspiration potentielle Planche n° 3*

*(Moyennes sur la période 1961-1990)*

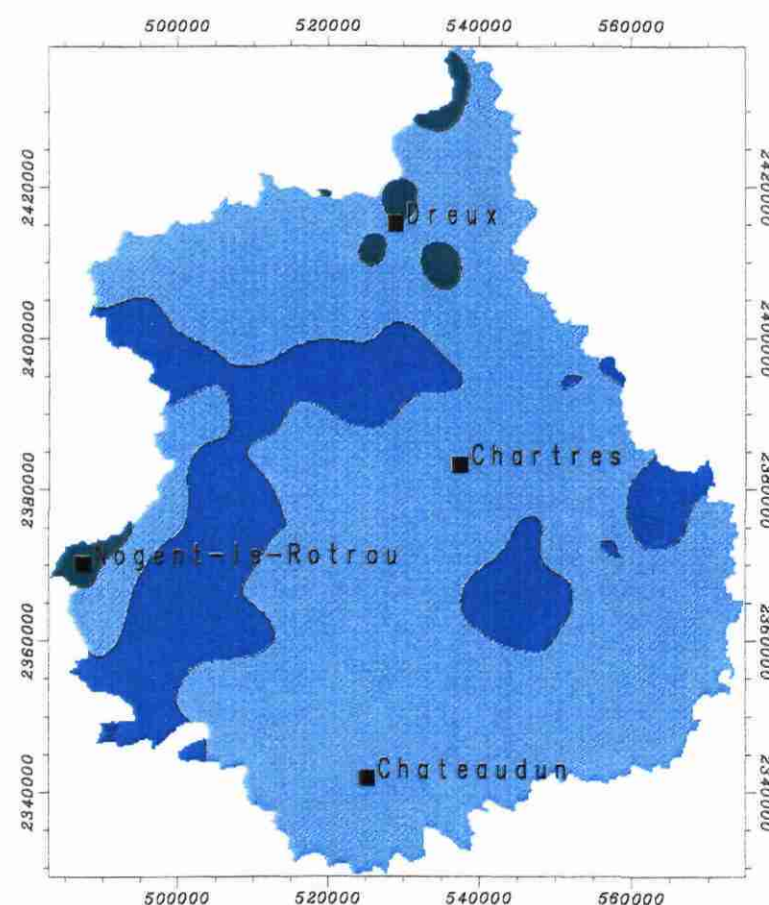
*(Source : Météo France, Centre départemental d'Eure-et-Loir)*

*(grille au pas d'un km)*

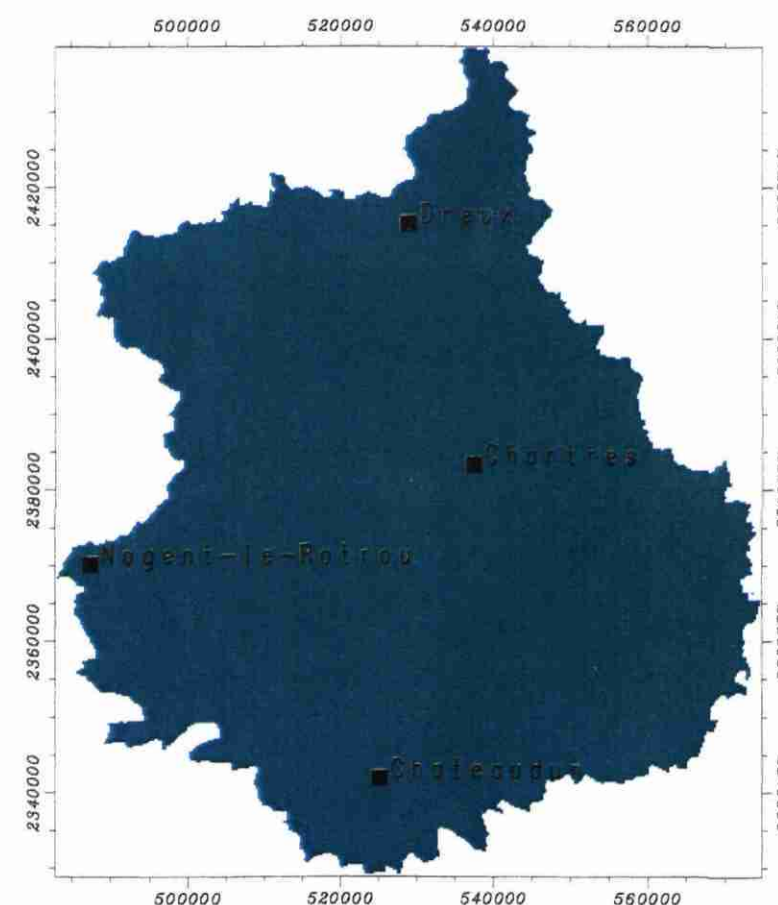
*ETP automnale (sep., oct., nov.)*



*ETP hivernale (déc., jan., fév.)*



*ETP du mois de mars*



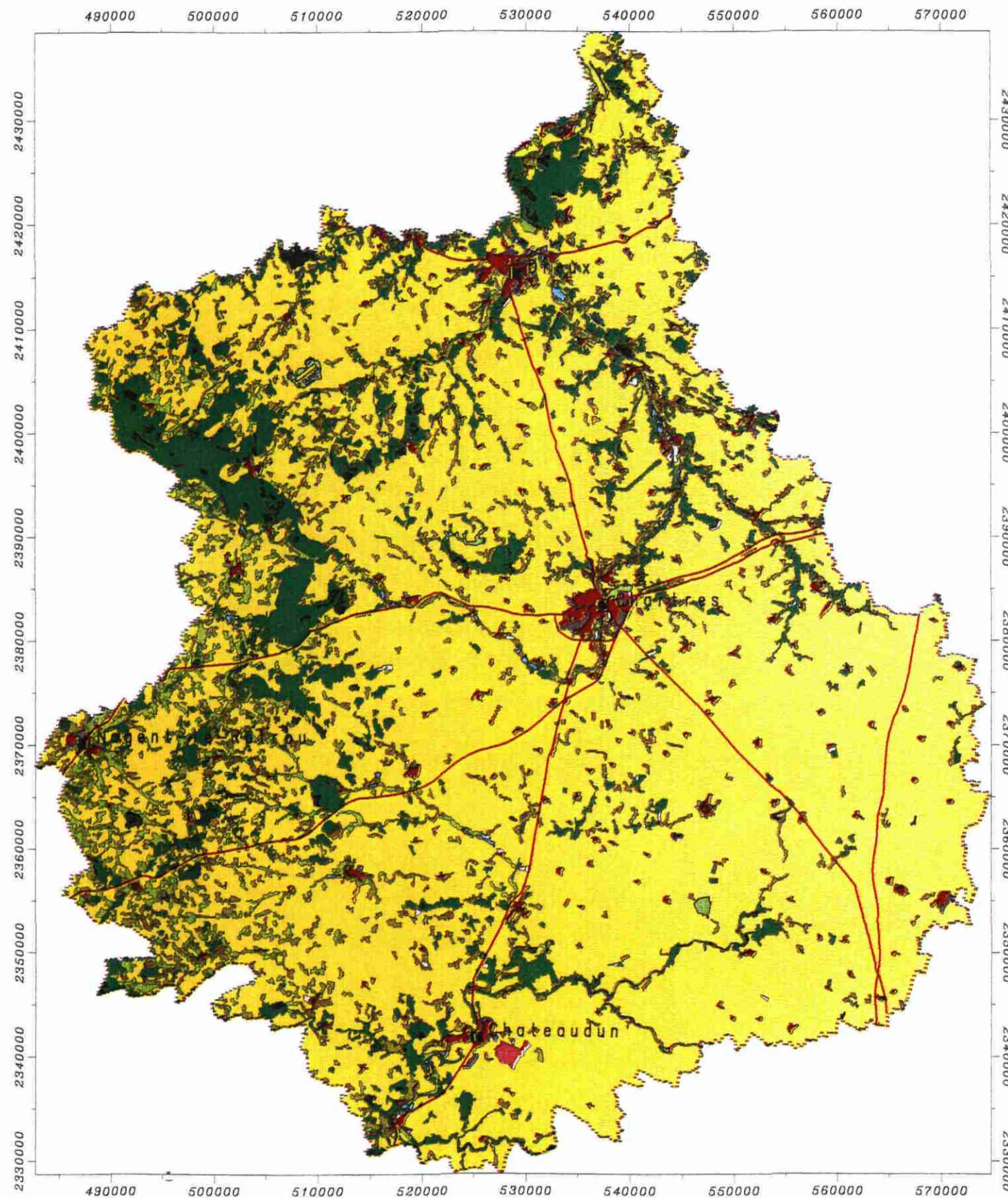


# Occupation du sol

## Planche n° 4 (échelle : 1 / 500 000)

Données Corine Land Cover

©UE-IFEN 1995



### TERRITOIRES ARTIFICIALISES

- Tissu urbain continu
- Tissu urbain discontinu
- Zones industrielles et commerciales
- Réseau routier et espaces associés
- Aéroports
- Extractions de matériaux
- Chantiers
- Espaces verts urbains
- Equipements sportifs et de loisirs

### TERRES AGRICOLES

- Terres arables hors périmètre d'irrigation
- Vergers et petits fruits
- Prairies
- Systèmes culturaux et parcellaires complexes
- Territoires occupés par l'agriculture, avec végétation naturelle importante

### FORETS ET MILIEUX SEMI-NATURELS

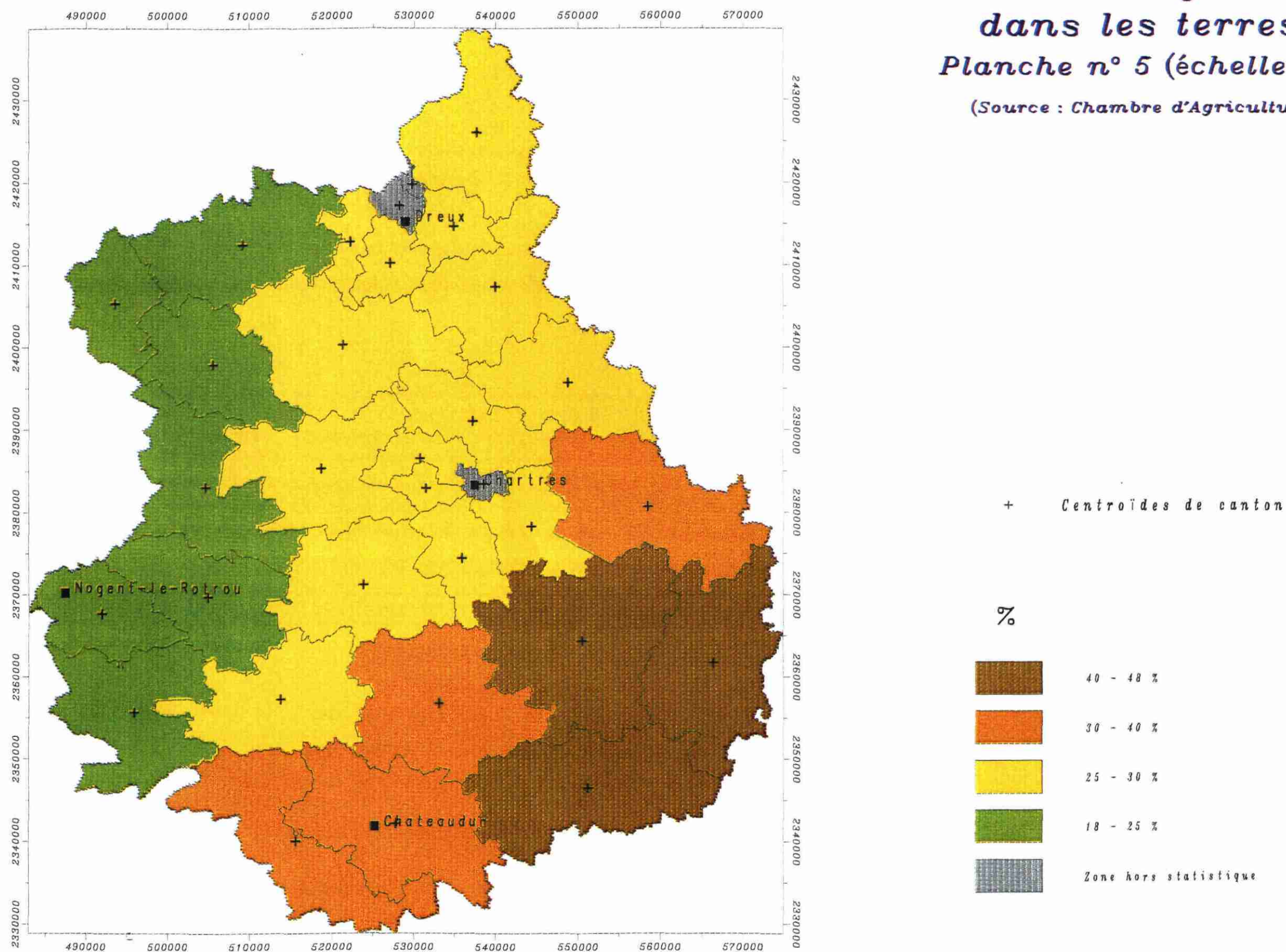
- Forêts de feuillus
- Forêts de conifères
- Forêts mélangées
- Pelouses et pâturages naturels
- Landes et broussailles
- Forêts et végétation arbustive en mutation
- Marais intérieurs
- Cours et voies d'eau
- Plans d'eau

Réseau routier principal



# *Pourcentage de sols nus dans les terres arables Planche n° 5 (échelle : 1 / 500 000)*

*(Source : Chambre d'Agriculture d'Eure-et-Loir)*





# Pluie moins évapotranspiration réelle

Modèle Agronoé

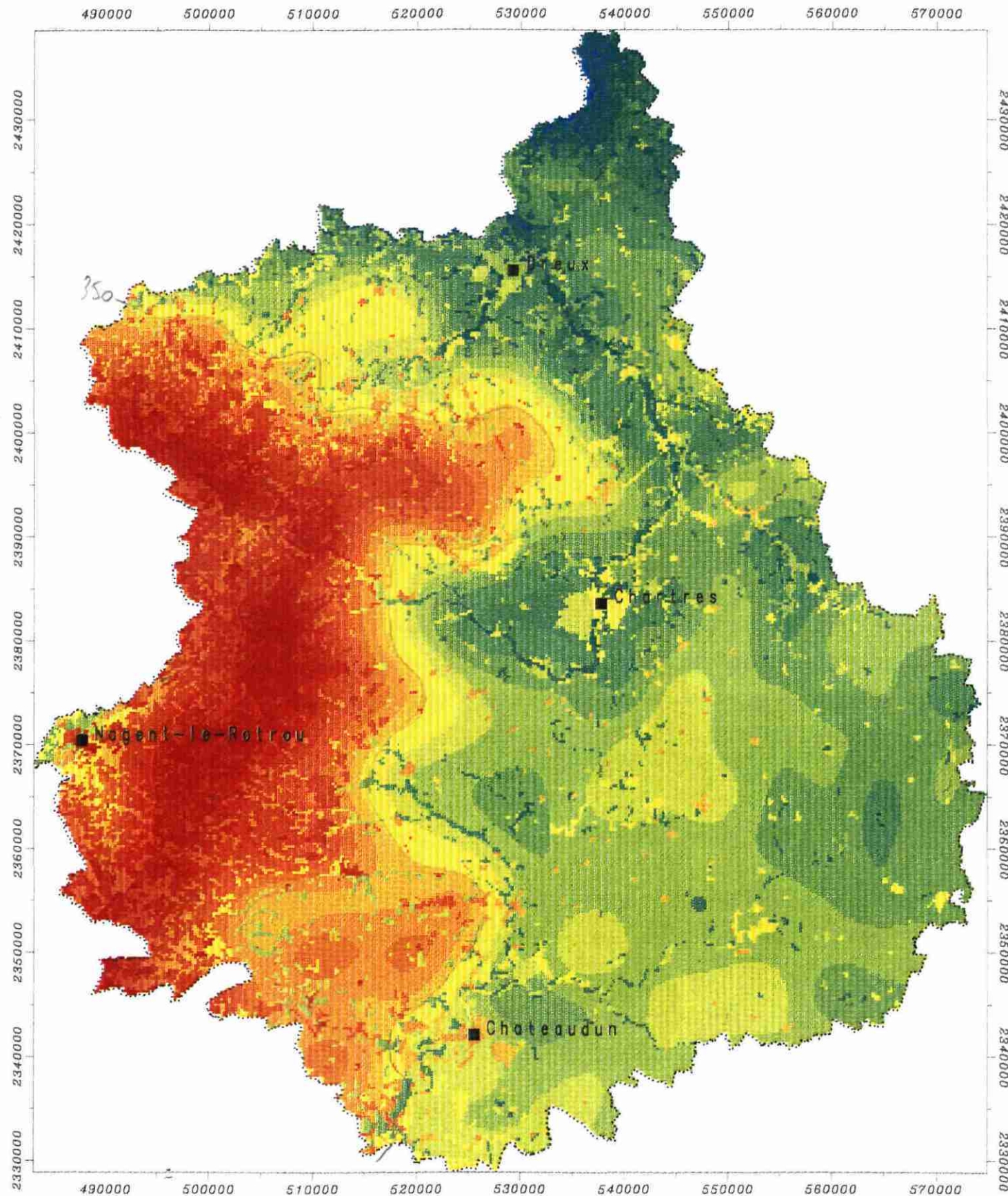
Planche n° 6 (échelle : 1 / 500 000)

(Sources : Météo France, IFEN, Chambre d'Agriculture d'Eure-et-Loir)

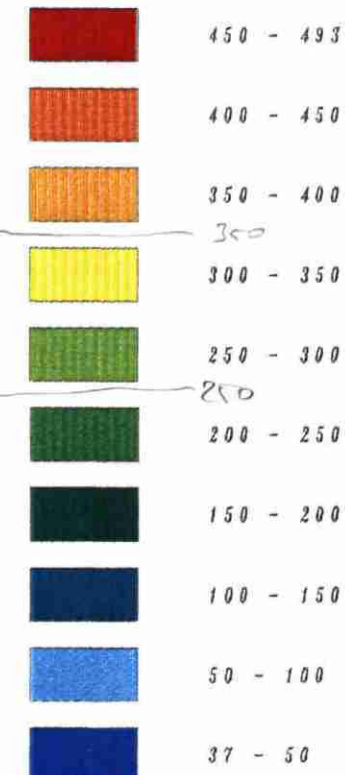
*P - ETR*

avec hypothèse  $ETR = ETM = ETP * kc$

Moyenne sur la période 1961-1990  
entre septembre et mars



mm

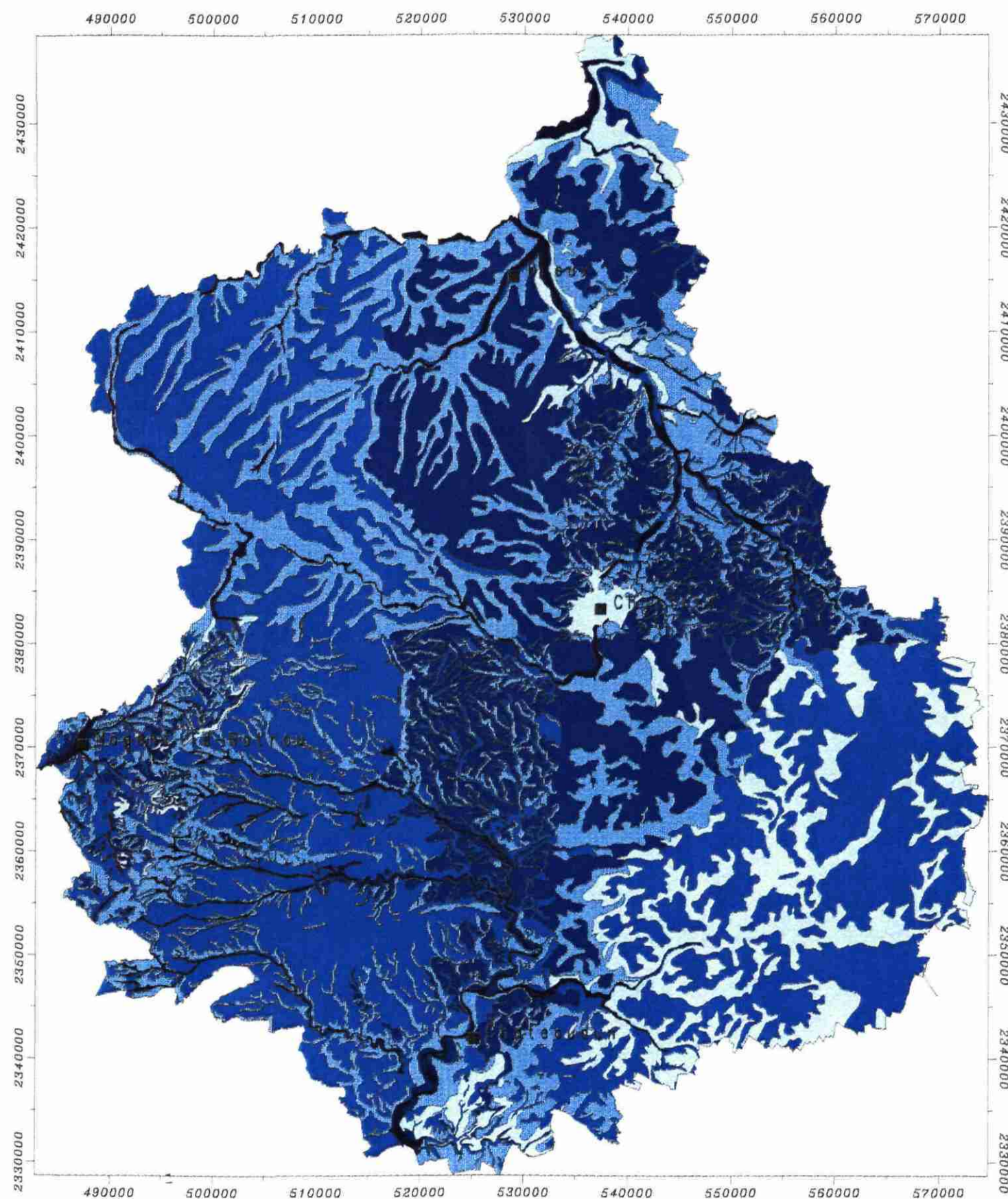




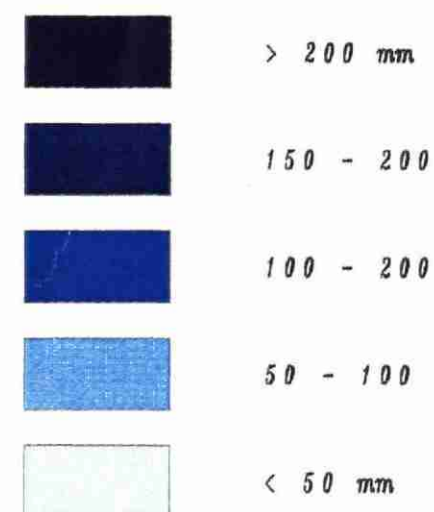
# Réserve Utile des sols (RU)

Planche n°7 (échelle : 1 / 500 000)

(d'après rapport DEA Perraudin - 1996)



## Potentiel de rétention de l'eau dans les sols



Agglomération  
de Chartres < 50 mm



# Recharge + ruissellement

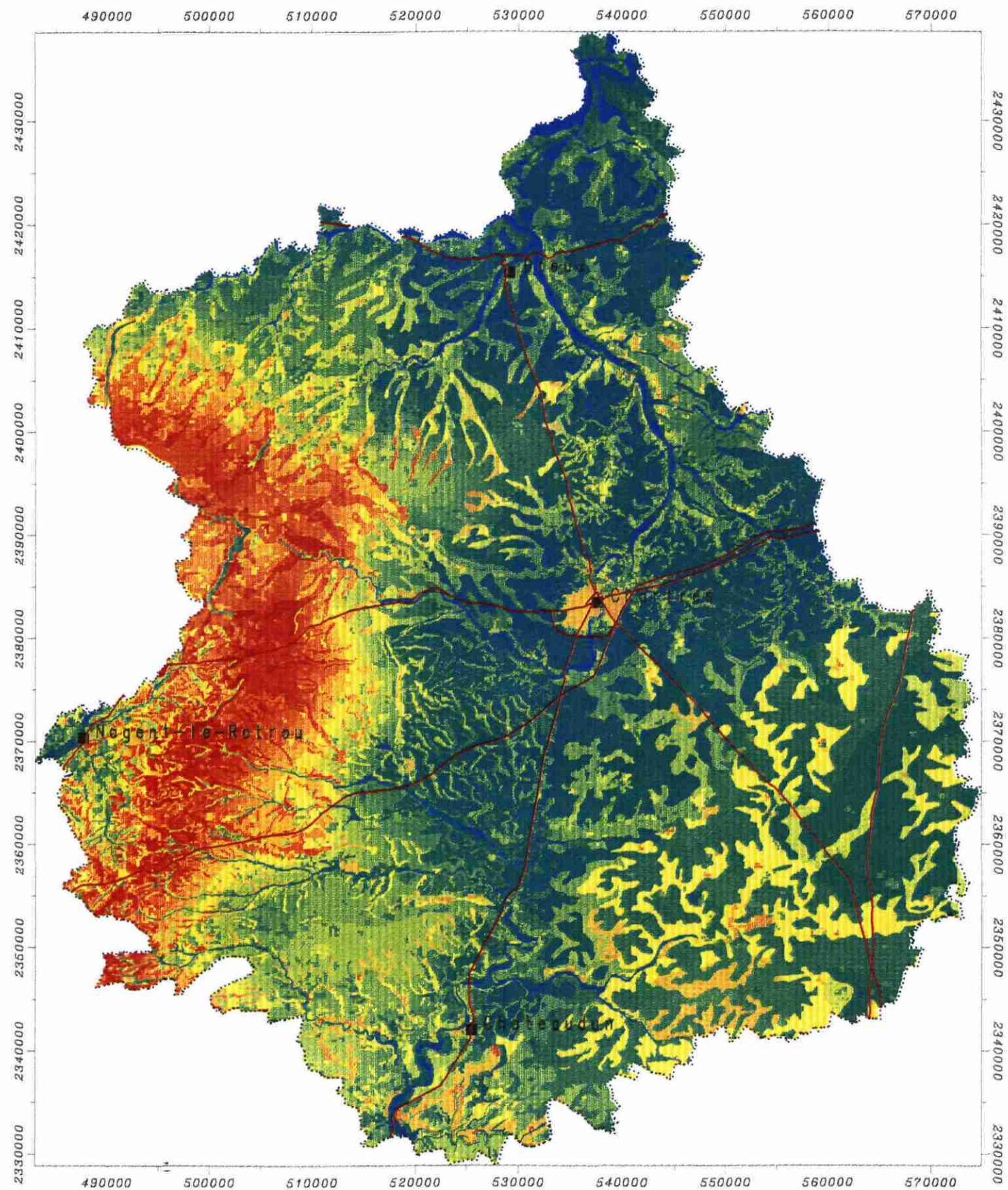
## Planche n° 8 (échelle : 1 / 500 000)

(pluie moins évapotranspiration moins réserve utile)

Modèle Agronoé

(Sources : Météo France, IFEN, Chambre d'Agriculture d'Eure-et-Loir)

$$R + r = P - ETR - \Delta RU$$



mm



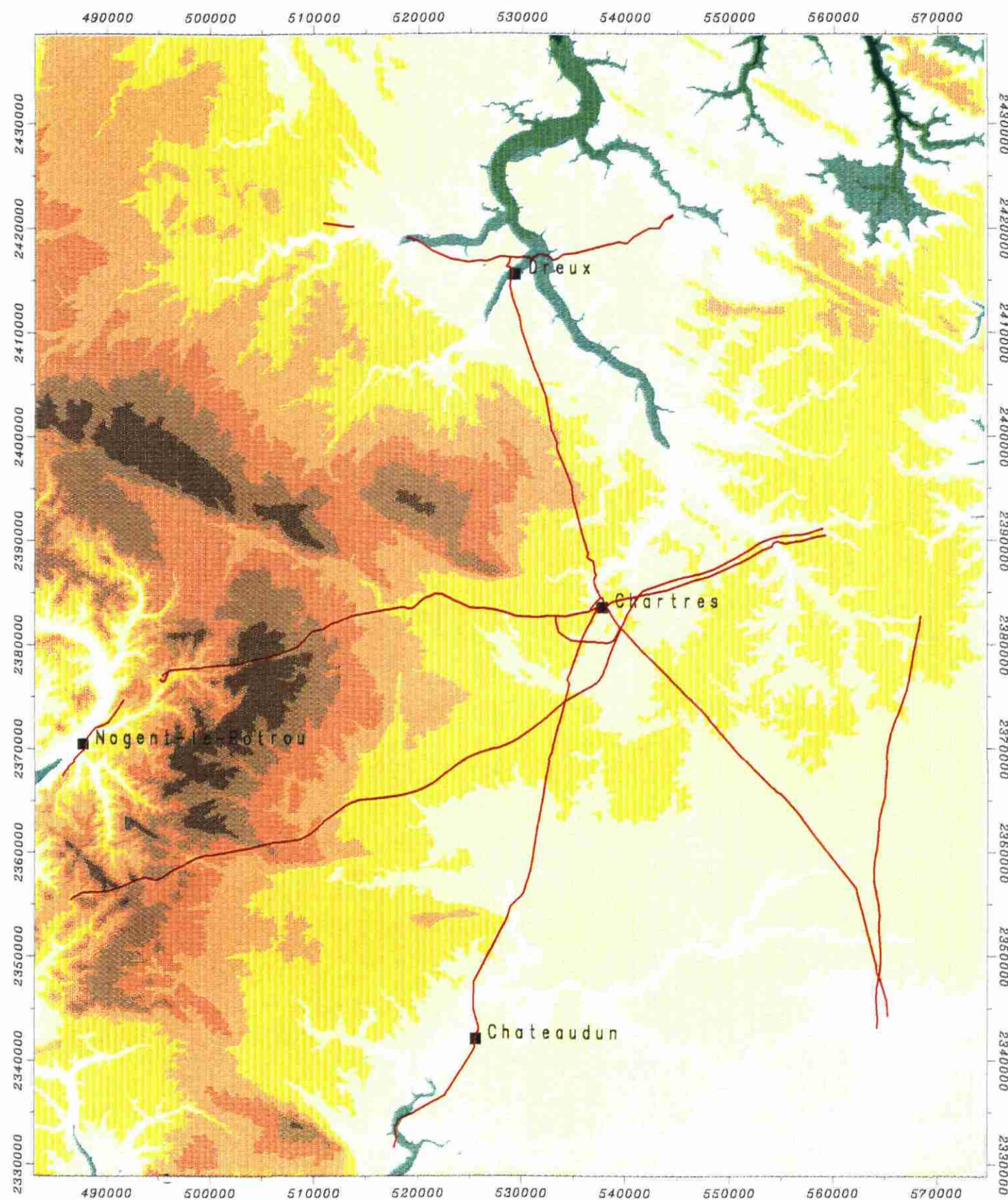
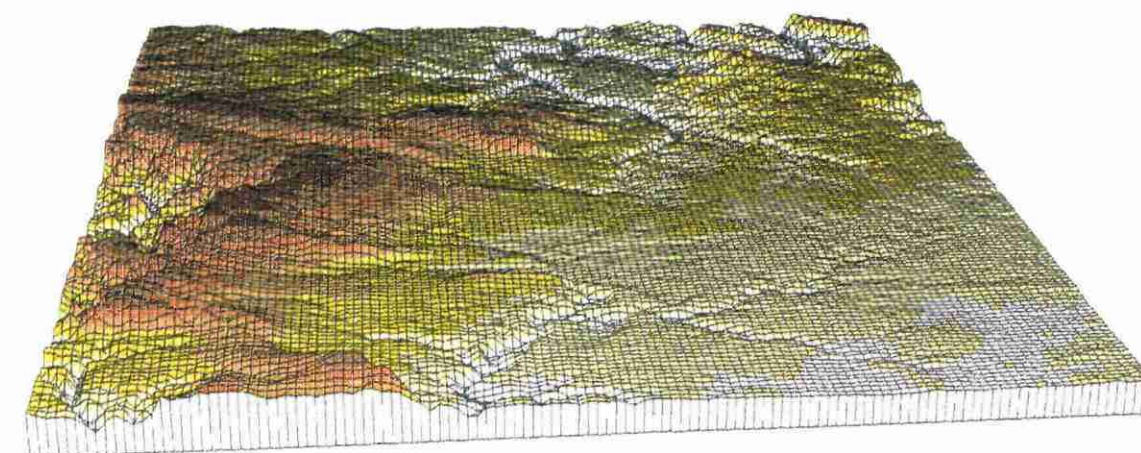
Réseau routier principal

TIF



# Modèle Numérique de Terrain Planche n°9 (échelle : 1 / 500 000)

Source : • IGN Bd Alti



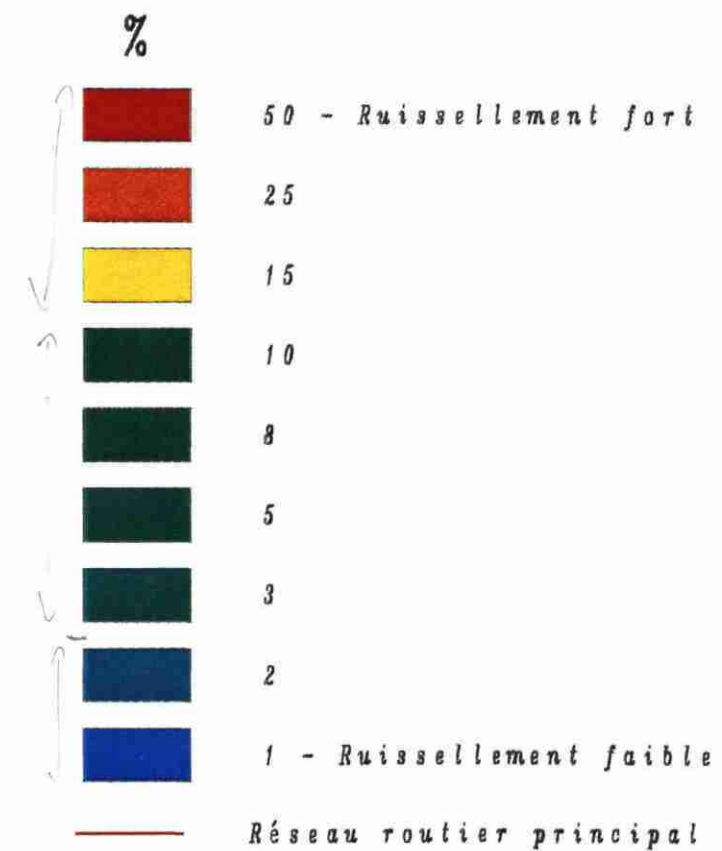
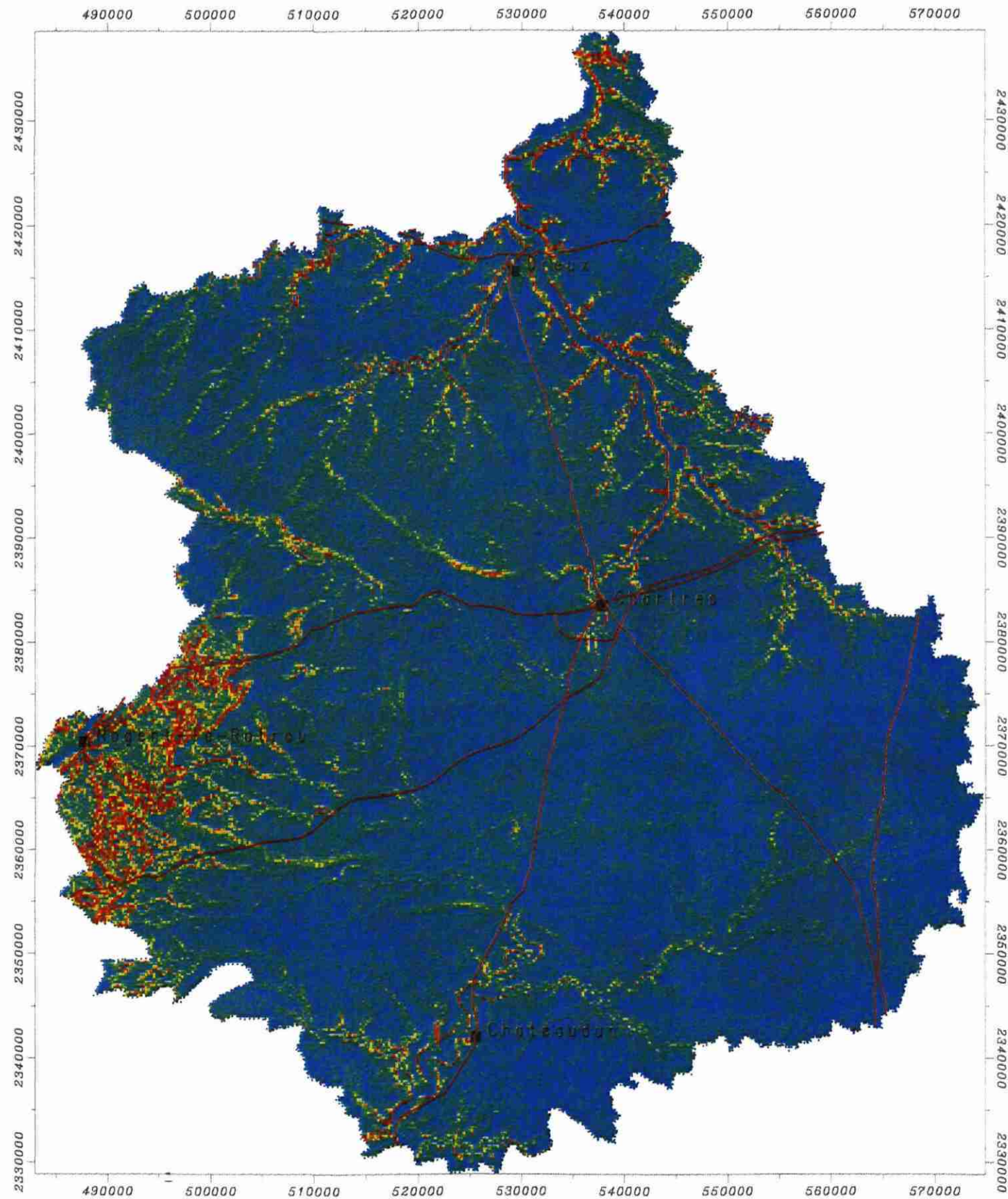
## Cote NGF (m)

|  |           |
|--|-----------|
|  | 250 - 285 |
|  | 225 - 250 |
|  | 200 - 225 |
|  | 175 - 200 |
|  | 150 - 175 |
|  | 125 - 150 |
|  | 100 - 125 |
|  | 75 - 100  |
|  | 50 - 75   |
|  | 25 - 50   |

Réseau routier principal

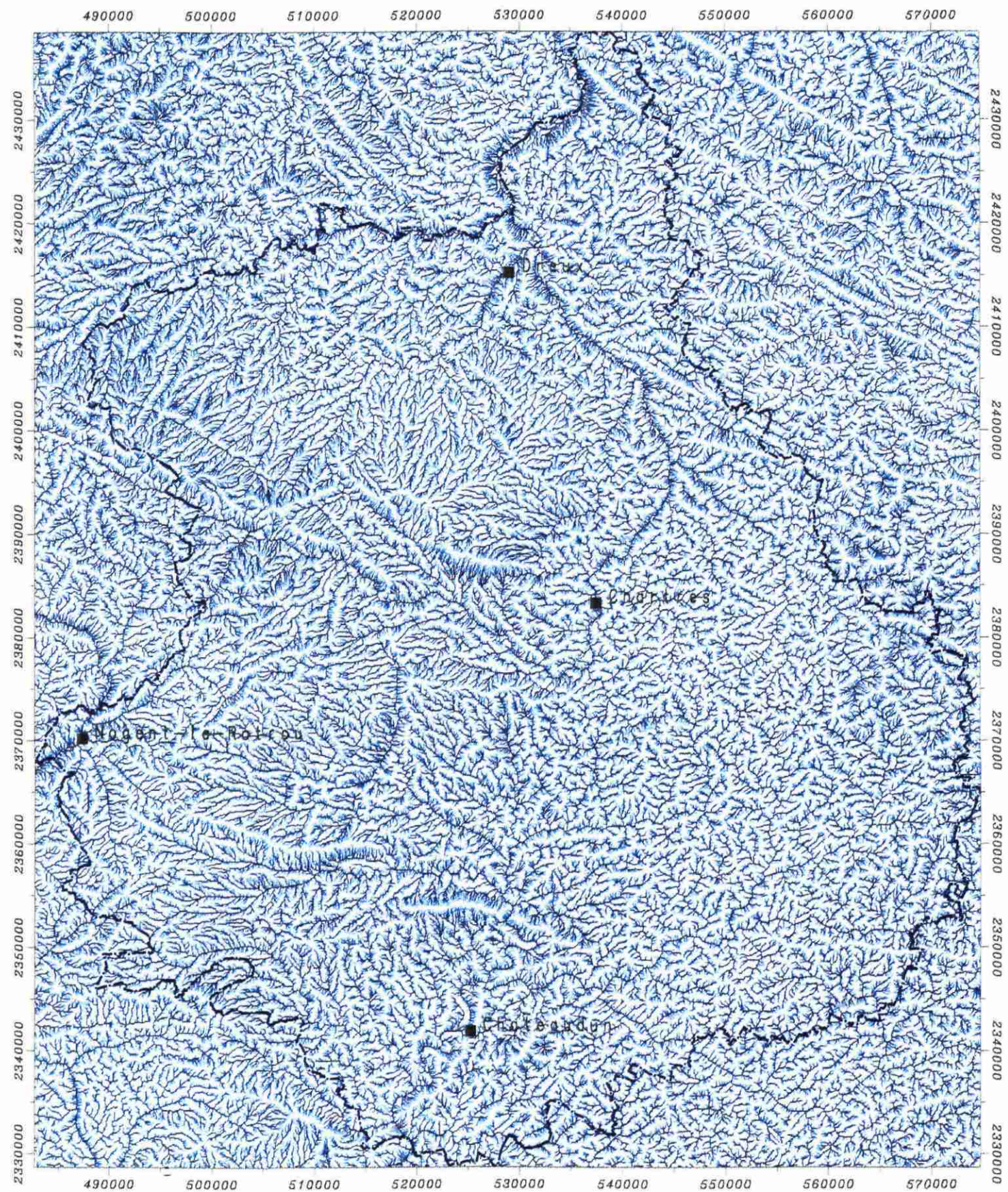


*Carte des pentes*  
*Planche n° 10 (échelle : 1 / 500 000)*  
*d'après modèle numérique de terrain - MNT*

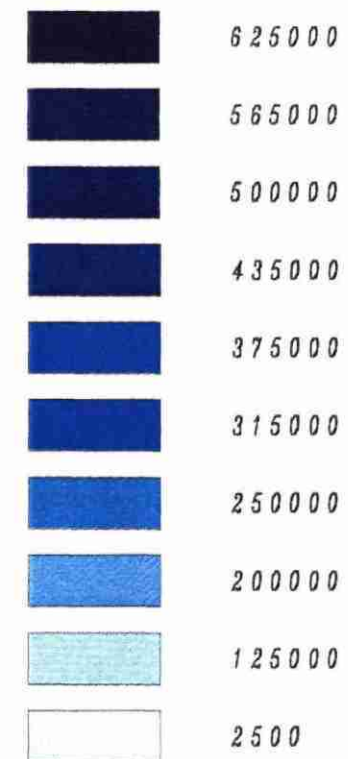




*Modèle de drainage*  
*Planche n° 11 (échelle : 1/ 500 000)*  
*(d'après Modèle Numérique de Terrain)*



*surface en m2 drainée pour chaque pixel*

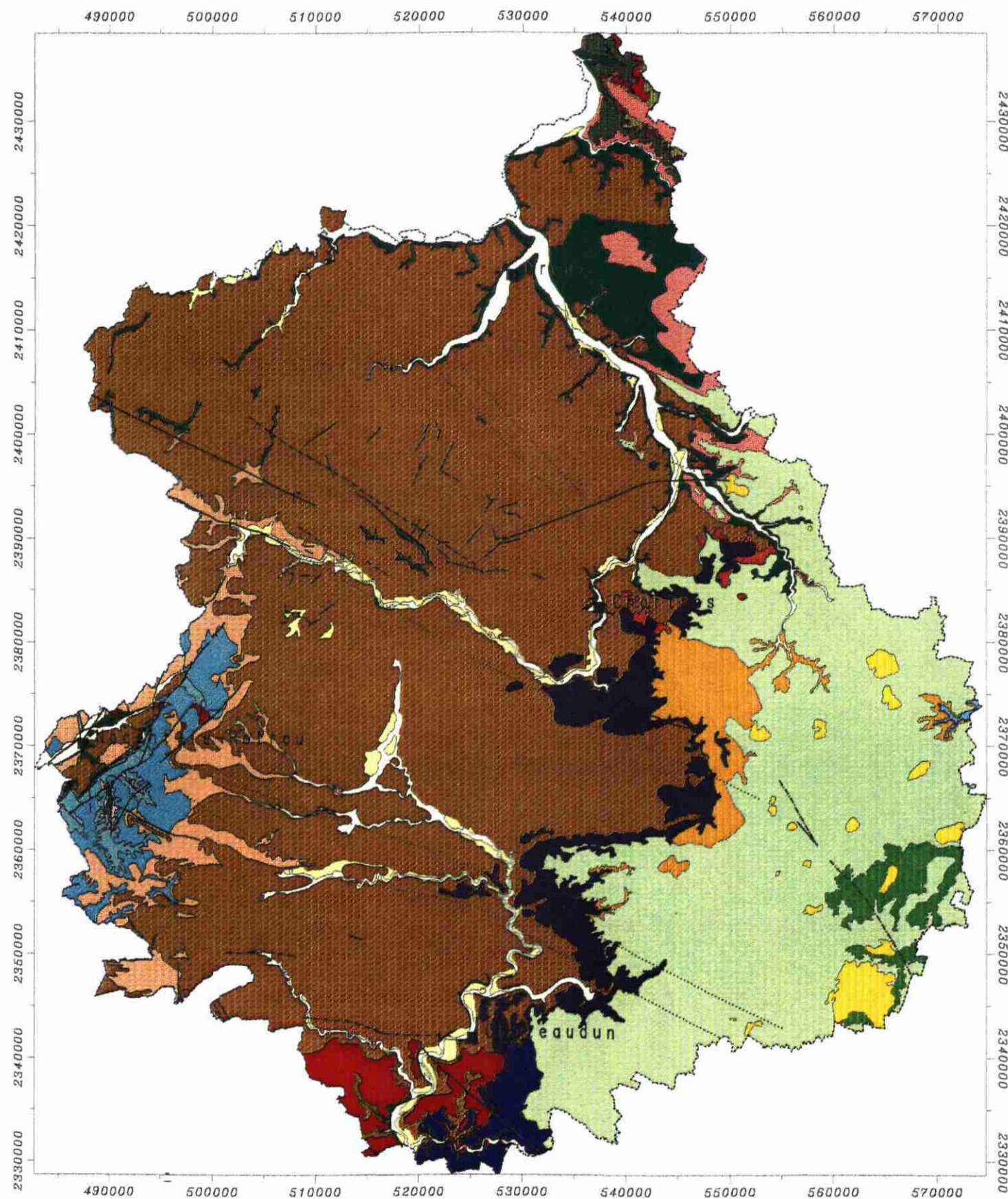




# Carte des formations géologiques

d'après cartes géologiques 1/50 000 BRGM

Planche n° 12 (échelle : 1 / 500 000)



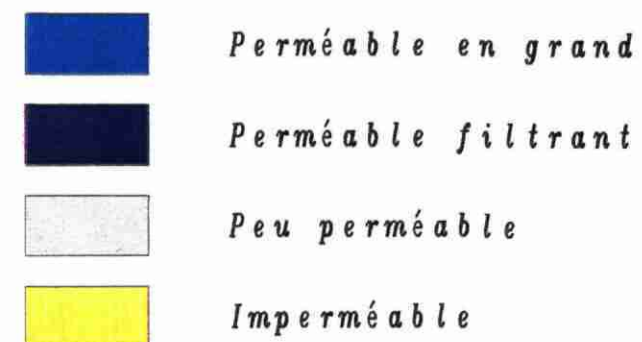
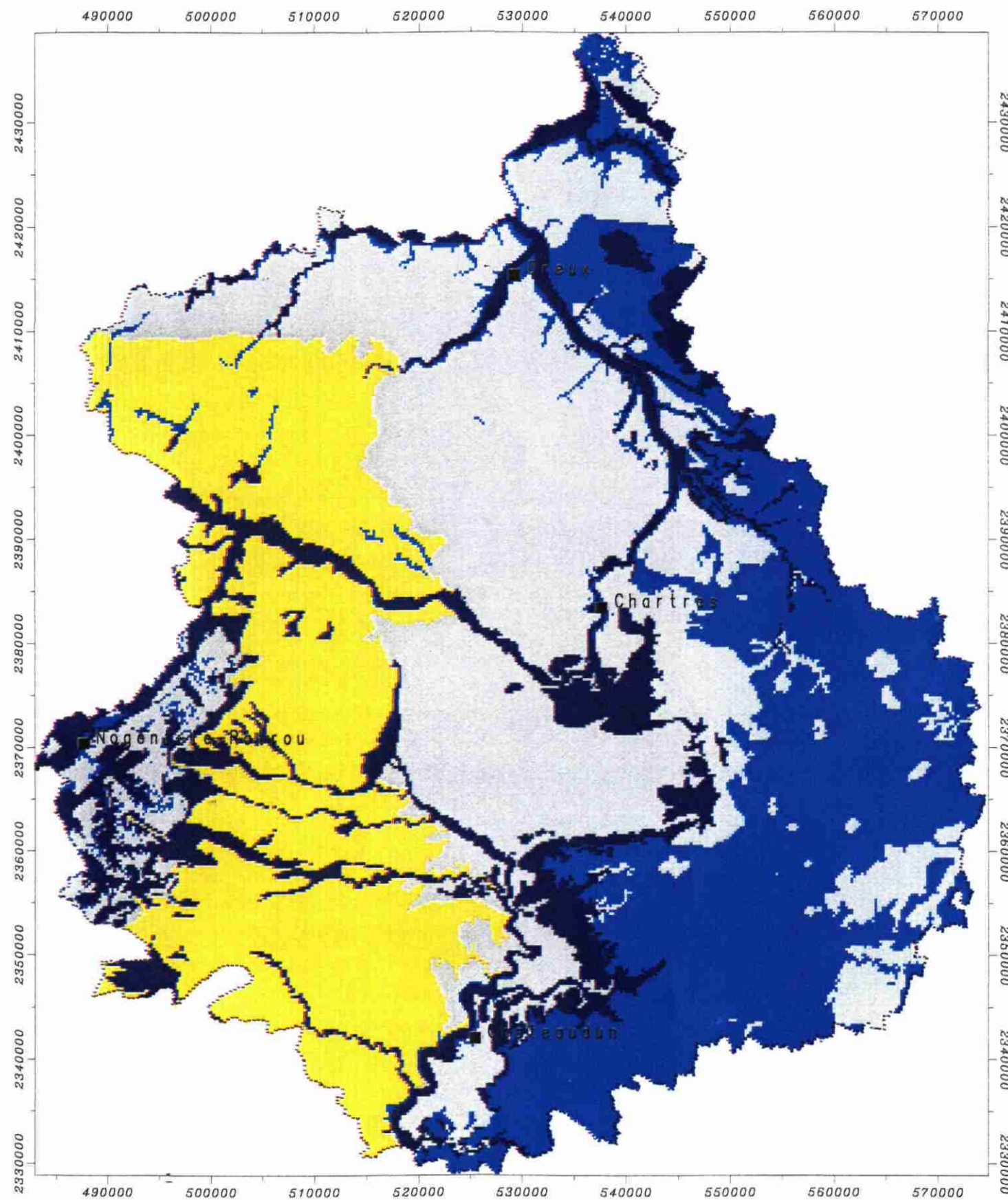
- Failles
- Axes de plis
- - - Flexures
- Sables et graviers - Alluvions récentes
- Sables et graviers - Alluvions anciennes
- × □ Sables et argiles de Sologne et de l'Orléanais - Burdigalien
- × □ Marnes de Blamont - Aquitanien sup
- × □ Calcaires de Pithiviers - Aquitanien sup
- × □ Marnes de Voise et molasse du Gatinais - Aquitanien inf
- × □ Sables de Fontainebleau - Stampien
- × □ Calcaires d'Etampes - Stampien
- × □ Meulieres, calcaires, marnes de la Formation de Brie - Stampien inf
- × □ Marnes supra-gypseuses - Ludien sup
- × □ Calcaires tendres en plaquettes - Ludien
- × □ Marnes de Villeau et calcaires de Morancez - Lutétien
- × □ Argiles plastiques - Sparnacien
- × □ Argiles - Eocène indéterminé
- × □ Sables et argiles - Eocène indéterminé
- × □ Calcaires - Eocène indéterminé
- × □ Argiles à silex
- × □ Craie - Crétacé
- × □ Sables du Perche - Cénomanién
- × □ Craie glauconieuse - Cénomanién
- × □ Gaize - Cénomanién
- × □ Sables - Albien sup
- × □ Argiles - Barrémien
- × □ Calcaires - Kimméridgien sup



# Types de perméabilité des formations géologiques affleurantes

Planche n° 13 (échelle : 1 / 500 000)

(Sources : BRGM et Conseil Général d'Eure-et-Loir)

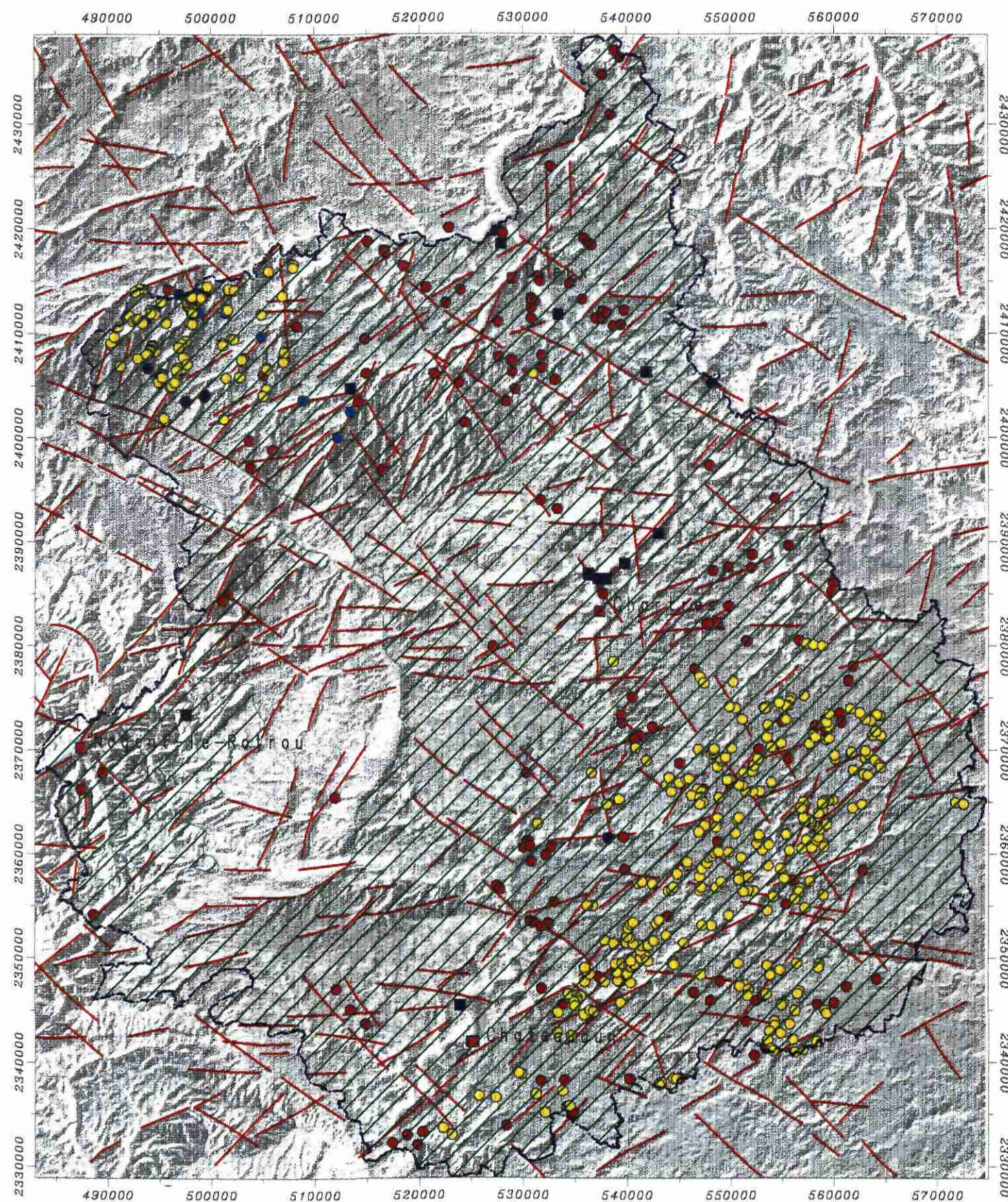


A Veclois



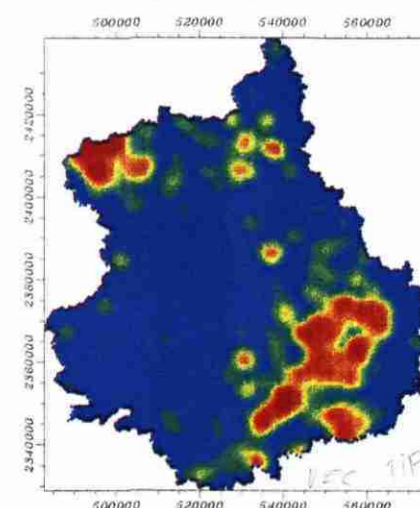
# MNT ombré et phénomènes karstiques

## Planche n° 14 (échelle : 1 / 500 000)

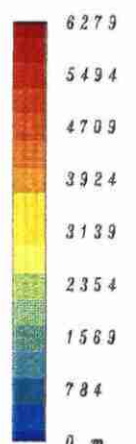
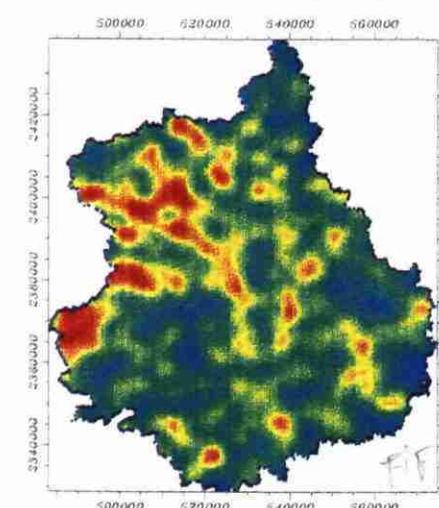


- Zones potentiellement karstiques (source : Conseil Général)
- Linéaments sur ombrage MNT
- Dépressions, dolines (source : 1/25 000, IGN)
- Pertes (source : 1/25 000, IGN)
- Résurgences (source : 1/25 000, IGN)
- Couffres (source : 1/25 000, IGN)
- Grottes (source : 1/25 000, IGN)
- Grottes, dépressions, dolines, avens (source : cartes géologiques)

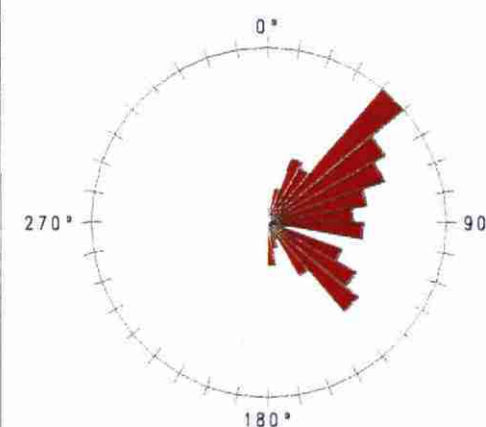
Densité des phénomènes karstiques ponctuels



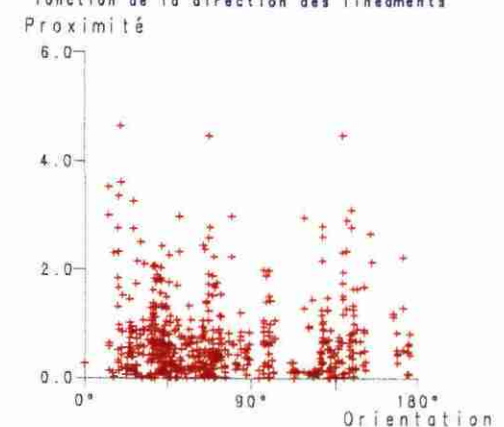
Densité des linéaments



Distribution des directions



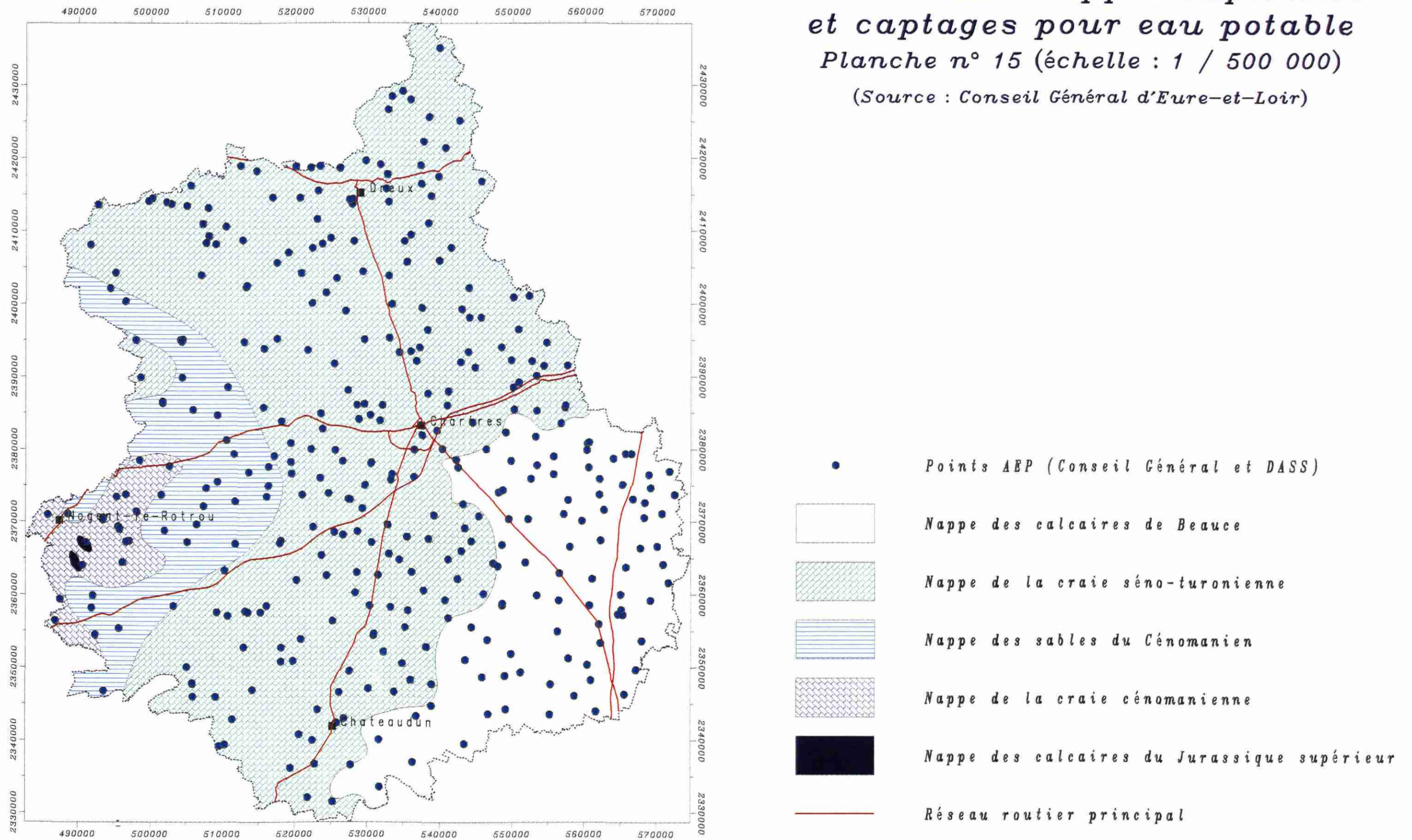
Indice de proximité des points en fonction de la direction des linéaments





# *Contour des nappes exploitées et captages pour eau potable Planche n° 15 (échelle : 1 / 500 000)*

*(Source : Conseil Général d'Eure-et-Loir)*

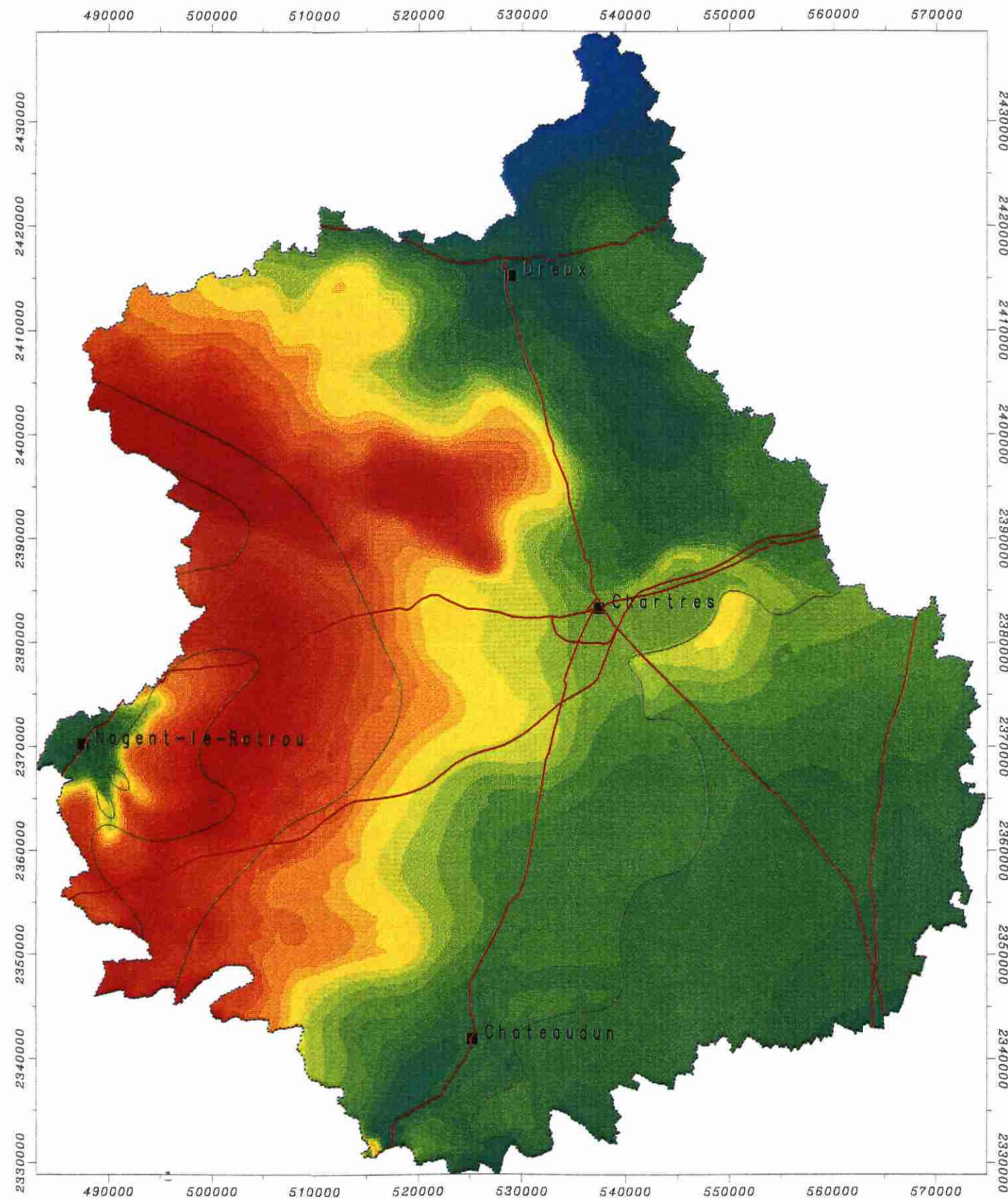




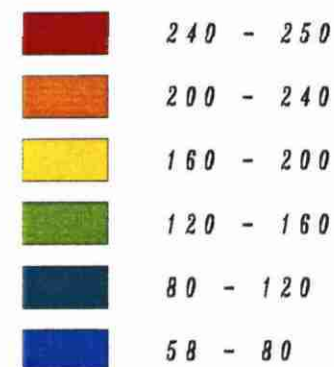
# Carte du niveau des nappes Planche n° 16 (échelle : 1 / 500 000)

Données piézométriques utilisées :

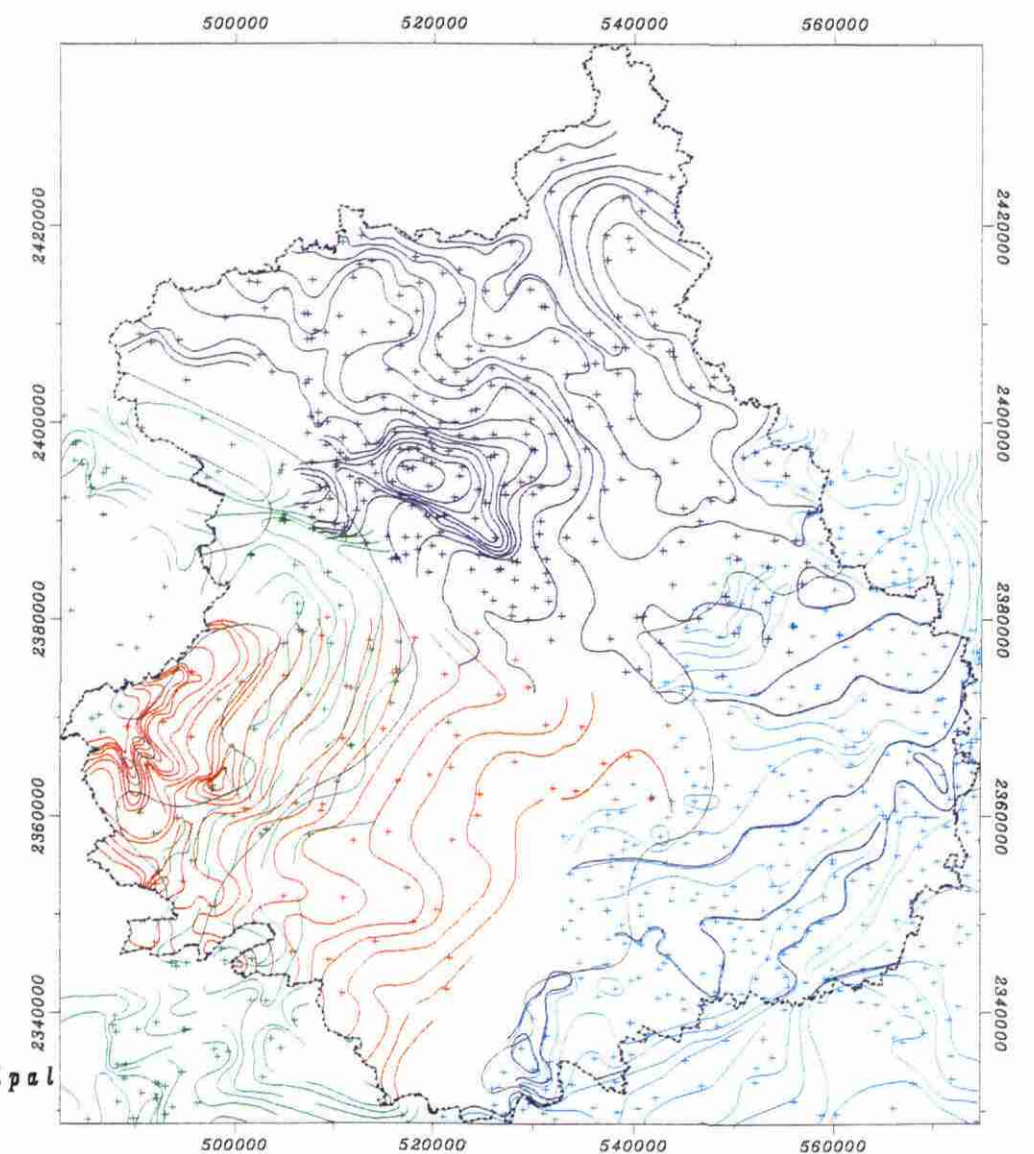
- Nappe de la craie, juillet 94 : Conseil Général
- Nappe du Cénomanién, octobre - novembre 1994 : BRGM
- Nappe de la craie cénomaniénne, étiage 1987 : AELB
- Nappe de Beauce, octobre - novembre 1994 : BRGM
- Limites des aquifères exploités



Cotes NCF (m)



Réseau  
routier principal

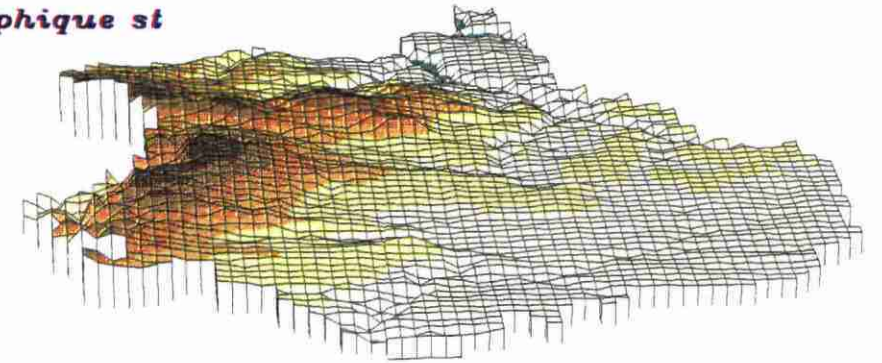




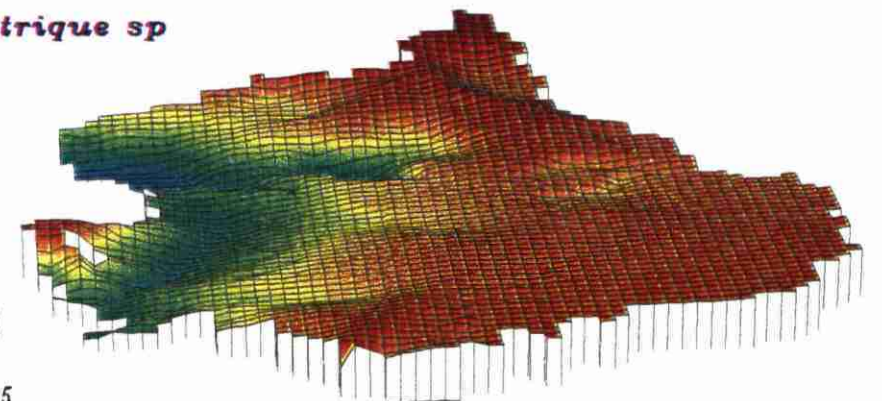
# *Epaisseur des formations géologiques au-dessus des nappes exploitées*

*Planche n° 17 (échelle : 1 / 500 000)*

*Surface topographique st*



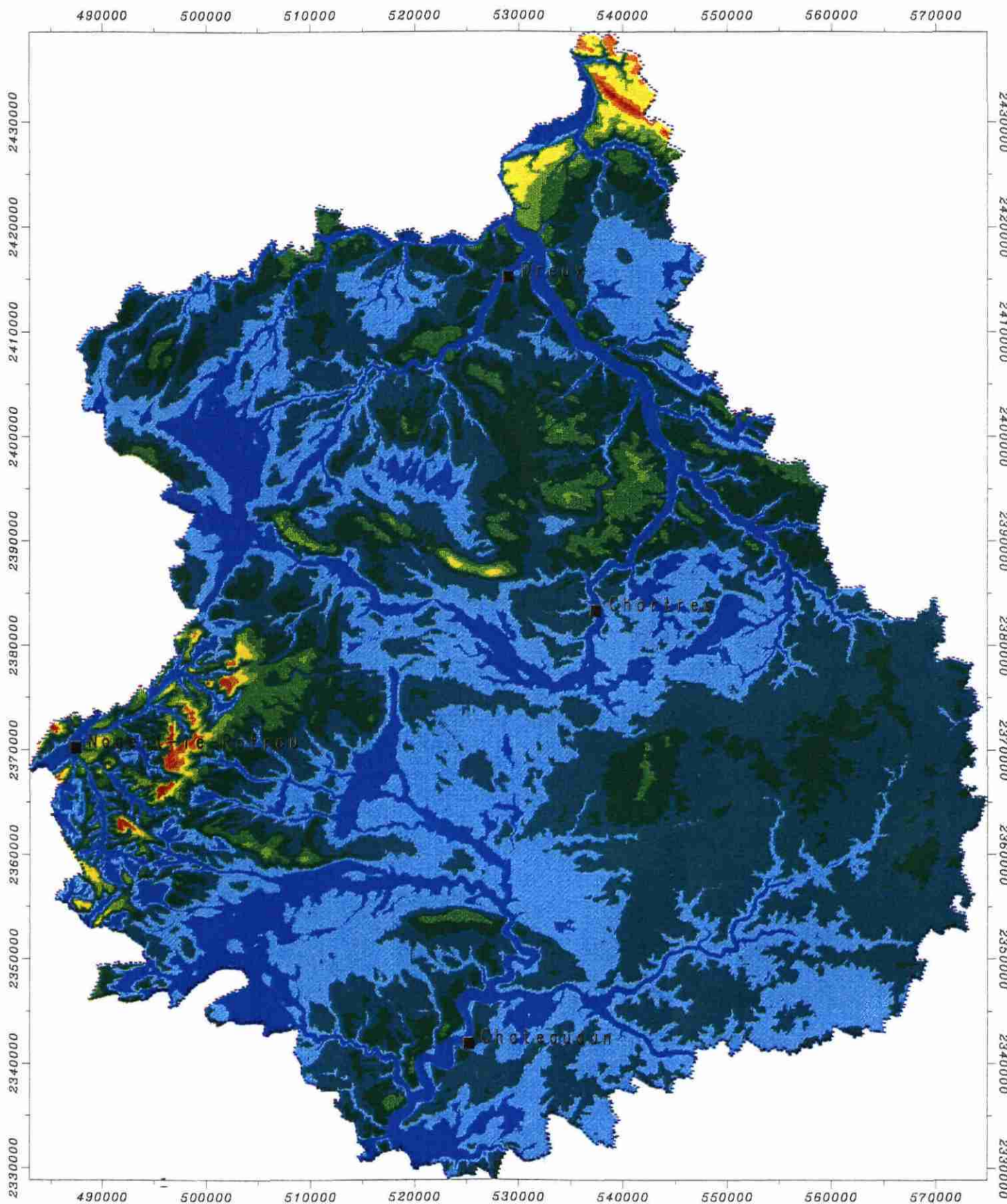
*Surface piézométrique sp*



*Epaisseurs (m)*

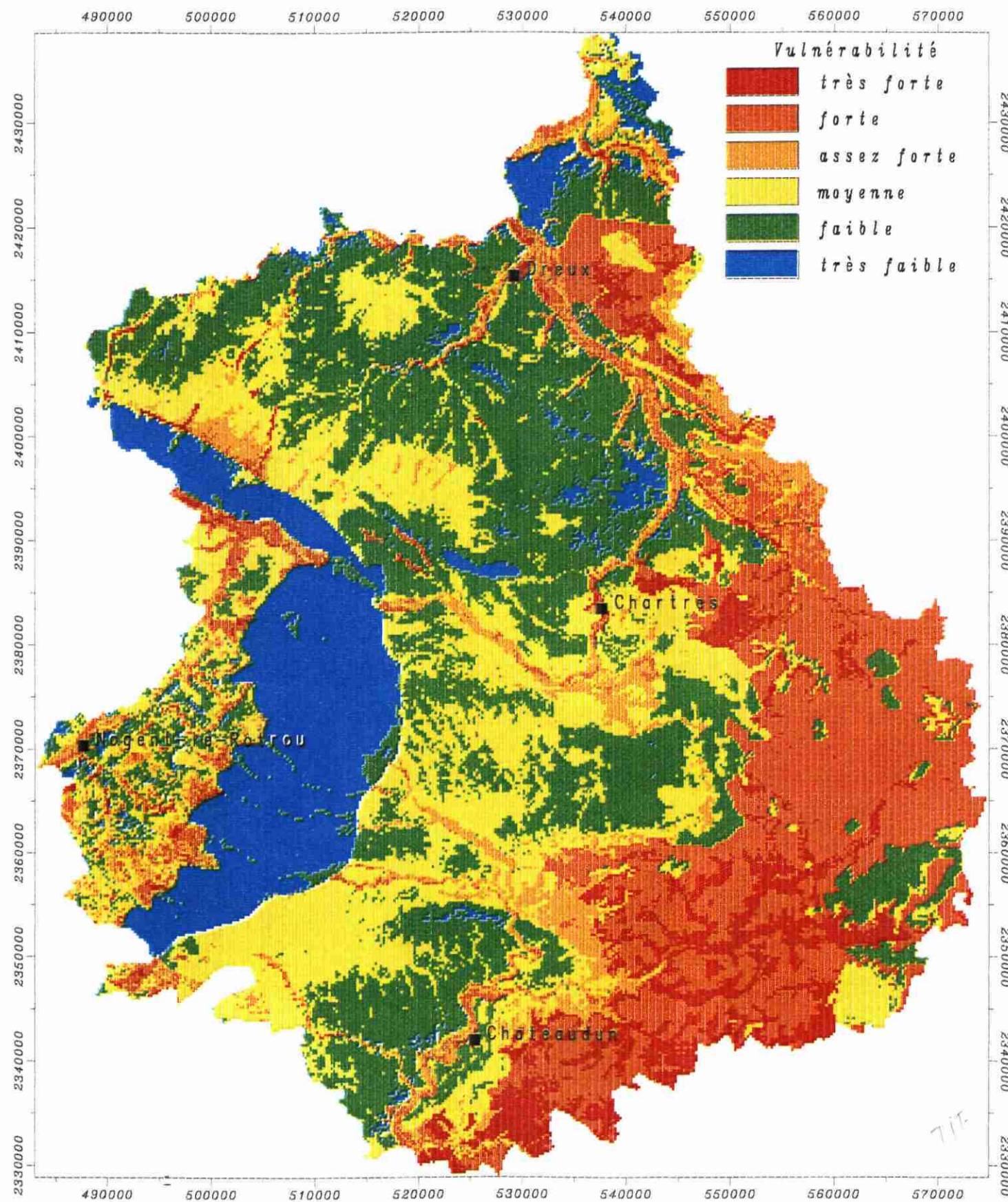
|  |           |
|--|-----------|
|  | 100 - 105 |
|  | 90 - 100  |
|  | 80 - 90   |
|  | 70 - 80   |
|  | 60 - 70   |
|  | 50 - 60   |
|  | 40 - 50   |
|  | 30 - 40   |
|  | 20 - 30   |
|  | 10 - 20   |
|  | 0 - 10    |

$$Epaisseur e = [(st - sp) > 0]$$





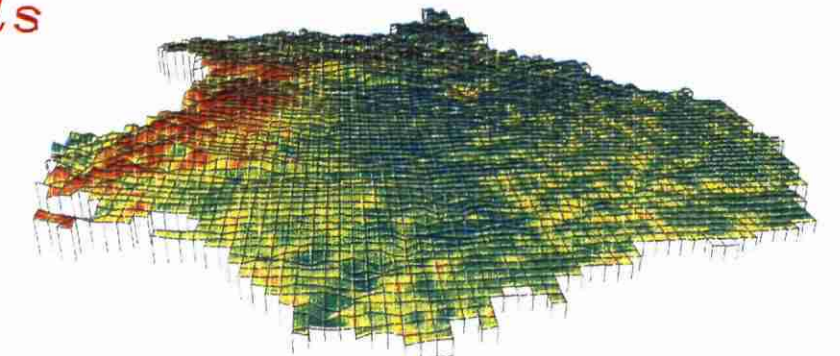
# Vulnérabilité intrinsèque (sans pondération) Planche n° 18 (échelle : 1 / 500 000)



## Poids

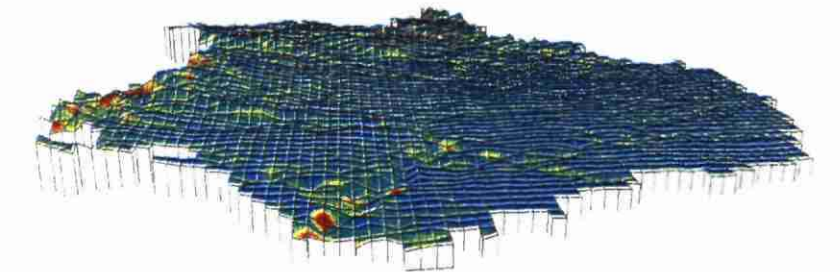
Recharge et  
ruissellement

1



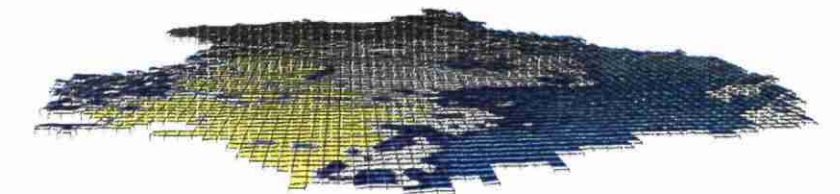
Pentes

1



Perméabilité des  
formations  
géologiques  
affleurantes

1



Zones  
potentiellement  
karstiques

1



Epaisseur des  
formations géologiques  
au-dessus des nappes

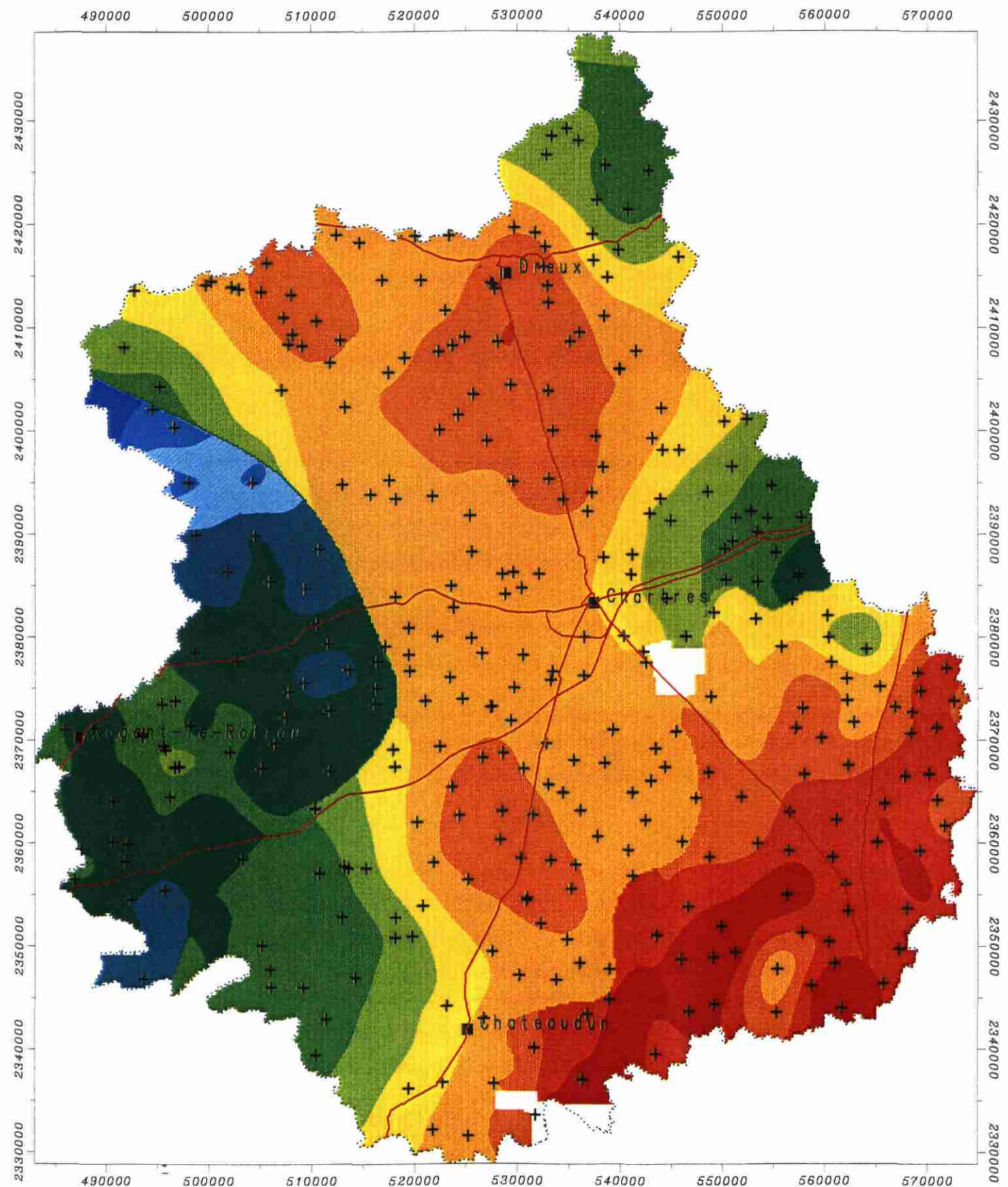
1





# Carte des teneurs en nitrate Planche n° 19 (échelle : 1 / 500 000)

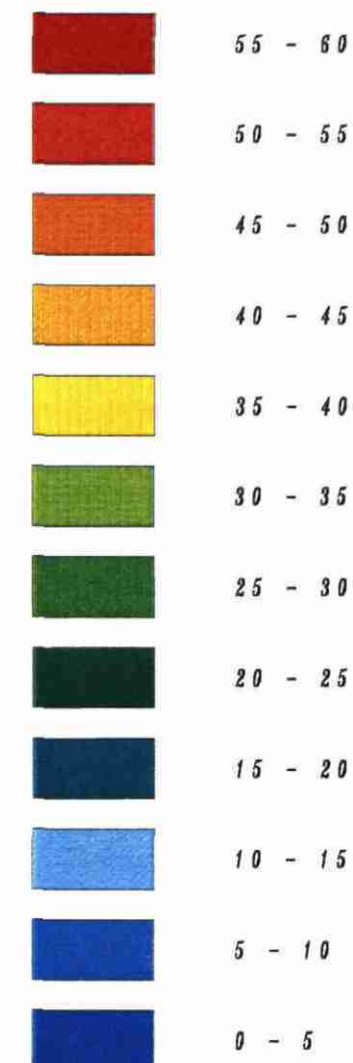
(Source : DDASS, 1995)



— Réseau routier principal

+ Points de mesure

NO<sub>3</sub> (mg/l)

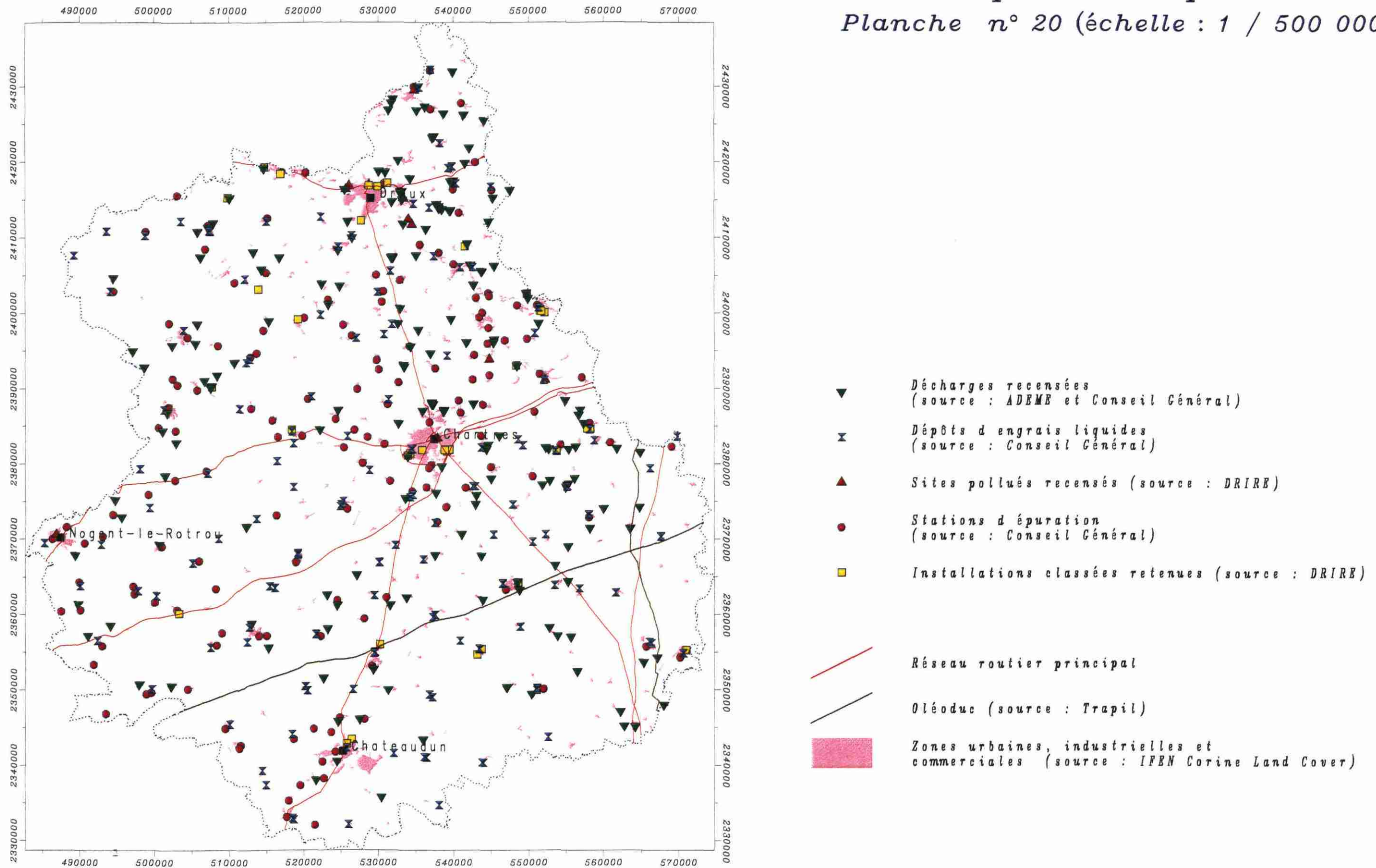


→ Vexin!



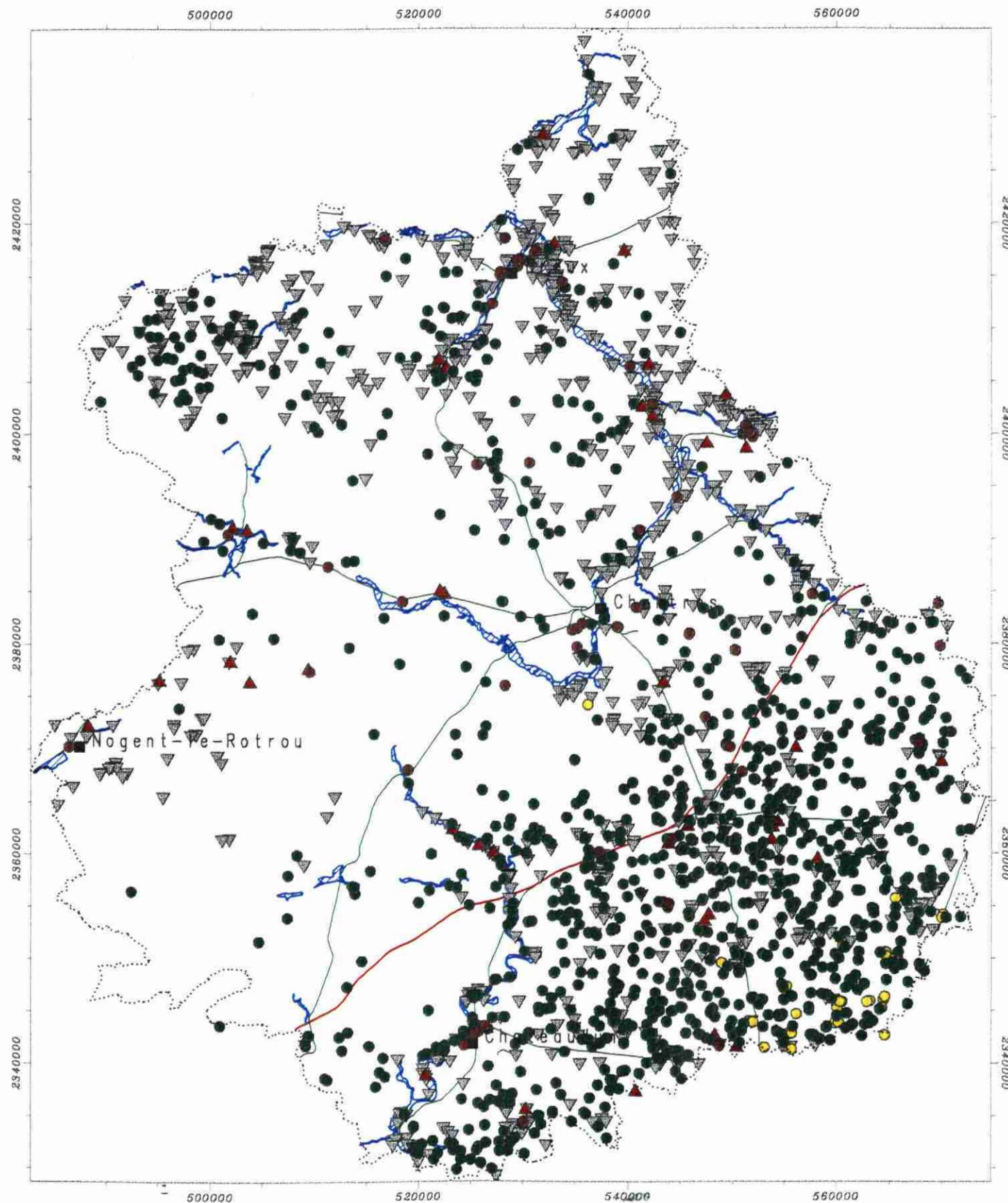
# Sources de pollution potentielle

## Planche n° 20 (échelle : 1 / 500 000)



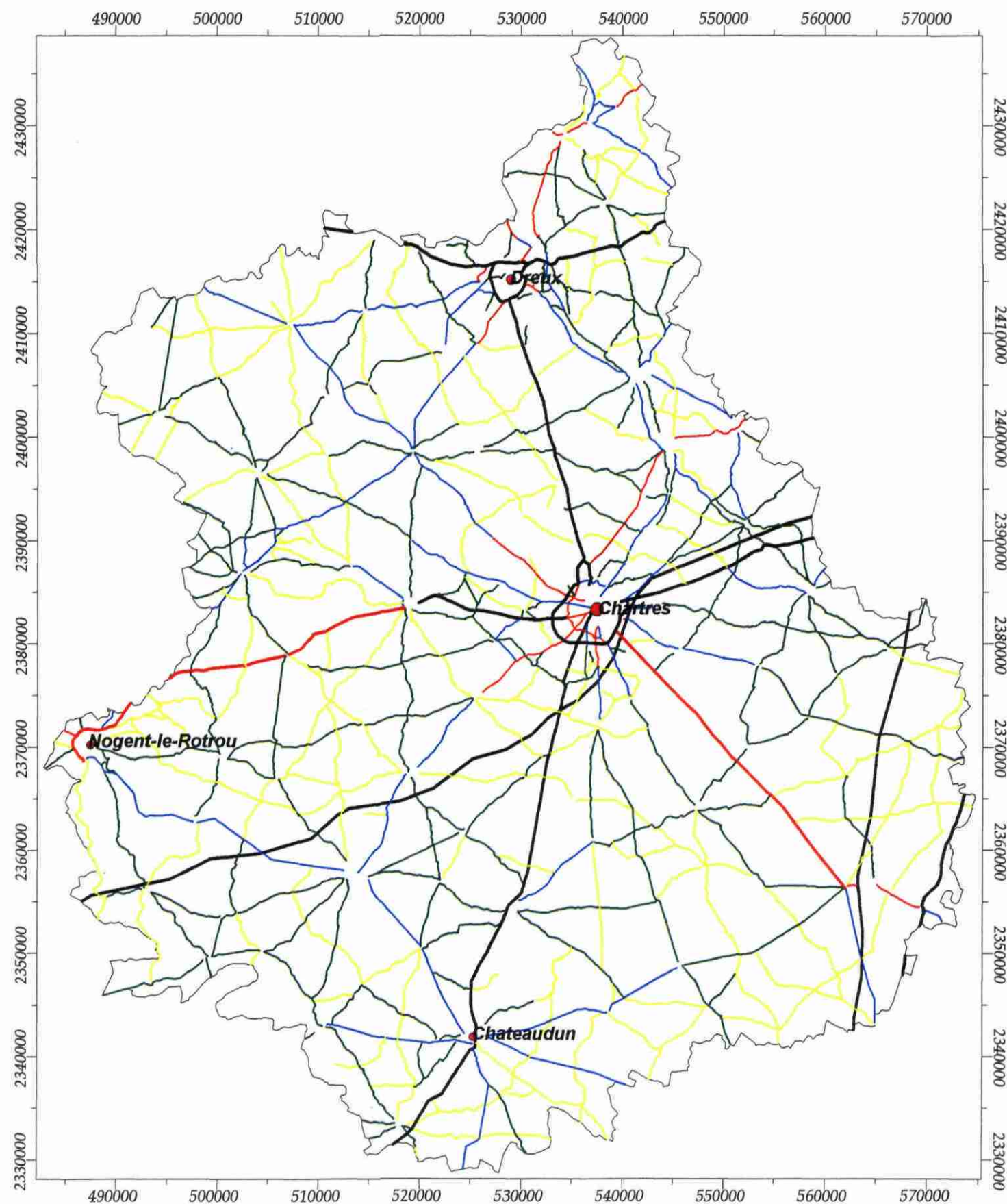


*Vecteurs de pollution potentielle :  
carrières, forages, sondages, puits,  
réseau ferroviaire, zones inondables*  
Planche n° 21 (échelle : 1 / 500 000)



- ▲ Carrières en activité (source : DRIRE)
- ▼ Carrières recensées sur les cartes géologiques à 1 / 50 000 (source : BRGM)
- Ouvrages à usage agricole (forages, sondages, puits, puits complexes, puits forés) recensés dans la banque du sous-sol (BSS) du BRGM
- Ouvrages à usage industriel (forages, sondages, puits, puits complexes, puits forés) recensés dans la banque du sous-sol (BSS) du BRGM
- Ouvrages absorbants (forages, sondages, puits, puits complexes, puits forés) recensés dans la banque du sous-sol (BSS) du BRGM
- Réseau ferroviaire (source : SNCF)
- TGV (source : SNCF)
- ▨ Zones inondables (source : DDE)





**Vecteurs de pollution potentielle :  
autoroutes, routes nationales,  
routes départementales.  
Planche n° 22 (échelle : 1 / 500 000)**

**Trafic moyen journalier en 1995  
(source DDE et Conseil Général)**

**Nombre de véhicules**

- 0 à 500
- 500 à 2000
- 2000 à 5000
- 5000 à 10 000
- supérieur à 10 000

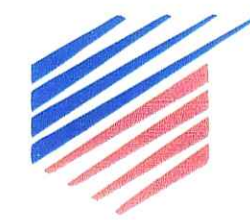


# DEPARTEMENT D' EURE ET LOIR

## VULNERABILITE ET DES PREMIERES NAPPES D'



Ministère de l'Economie,  
des Finances et de l'Industrie



Secrétariat  
d'Etat à l'Industrie

### FACTEURS DE POLLUTION ACCIDENTELLE

- Site pollué recensé  
*Source : DRIRE*
  - ▲ Décharge recensée  
*Source : ADEME et Conseil Général*
  - Dépot d'engrais liquides  
*Source : Conseil Général*
  - ✕ Installation classée retenue  
*Source : DRIRE*
  - ▼ Ouvrage absorbant  
*Source : BRGM, BSS*
  - Carrière en activité  
*Source : DRIRE*
  - Station d'épuration  
*Source : Conseil Général*
- 
- Oléoduc. *Source : TRAPIE*
  - Trafic routier > 10 000 véhicules/j  
*Source : DRI et Conseil Général*
  - Trafic de 5 000 à 10 000 véhicules/j  
*Source : DRI et Conseil Général*
  - Voie ferrée. *Source : SNCF*
  - ▨ Zone urbaine, industrielle et commerciale. *Source : IFEN, CORINE LAND COVER*
  - ▨ Zone inondable. *Source : DRI*

### VULNERABILITE INTRINSEQUE DES NAPPES

- Très forte
- Forte
- Assez forte
- Moyenne
- Faible
- Très faible

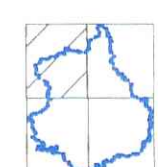
### CAPTAGES POUR EAU POTABLE

- Captage retenu au Schéma départemental de l'eau potable (débit > 25 m<sup>3</sup>/h)
- Autre captage exploité
- Captage pour exploitation future



Rapport BRGM n° R 39 518  
Projection Lambert II étendu, ellipsoïde Clarke 1880  
(C)BRGM - SGN/UPE/SURF - SGR/CENTRE  
(C)CN-Paris-1994  
Autorisation de reproduction n° 42-8017  
Edition du 11.08.98

VULNERABILITE ET RISQUES DE POLLUTION DES PREMIERES NAPPES  
EN EURE-ET-LOIR. Echelle 1/ 100 000 - Feuille NW

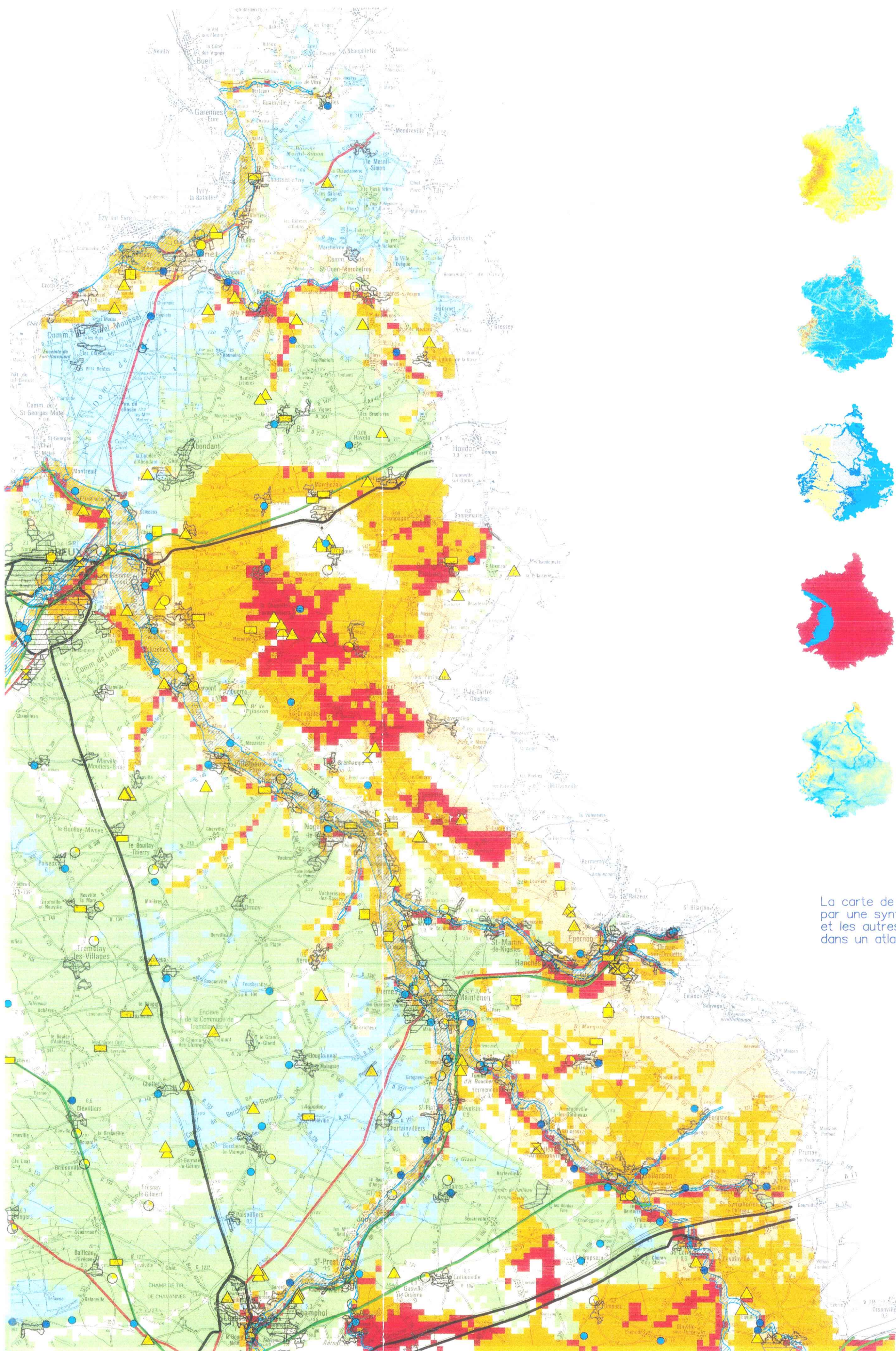




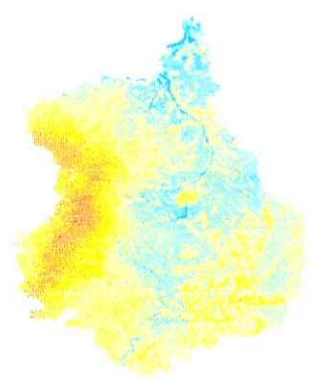
EURE ET LOIR

RISQUES DE POLLUTION

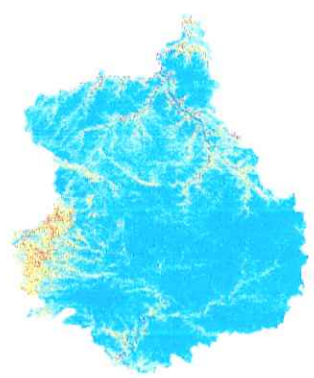
EAUX SOUTERRAINES EXPLOITEES



CRITERES RETENUS



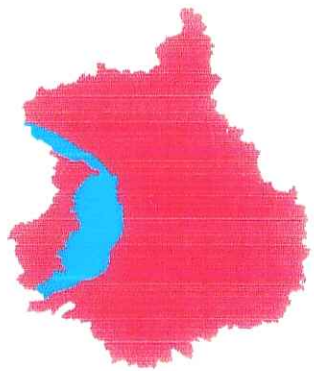
Recharge et ruissellement



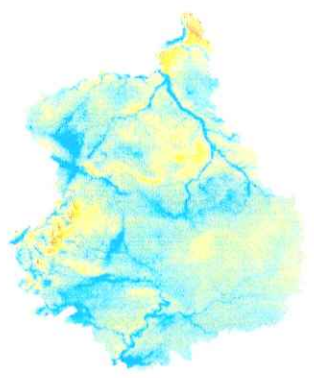
Pentes



Perméabilité des formations géologiques affleurantes



Zones potentiellement karstiques



Epaisseur des formations géologiques au-dessus des nappes

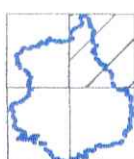
La carte de vulnérabilité intrinsèque a été obtenue par une synthèse de ces critères. La méthodologie et les autres cartes thématiques sont présentées dans un atlas en A3 (RAPPORT BRGM n° R 39 518).



Rapport BRGM n° R 39 518  
Projection Lambert II étendu, ellipsoïde Clarke 1880  
(C)BRGM - SCN/UEP/SURF - SQR/CENTRE  
(C)IGN-Paris-1994  
Autorisation de reproduction n° 42-8017  
Edition du 11.08.98

VULNERABILITE ET RISQUES DE POLLUTION DES PREMIERES NAPPES  
EN EURE-ET-LOIR. Echelle 1/ 100 000 - Feuille NE

La légende est à consulter sur la feuille NW





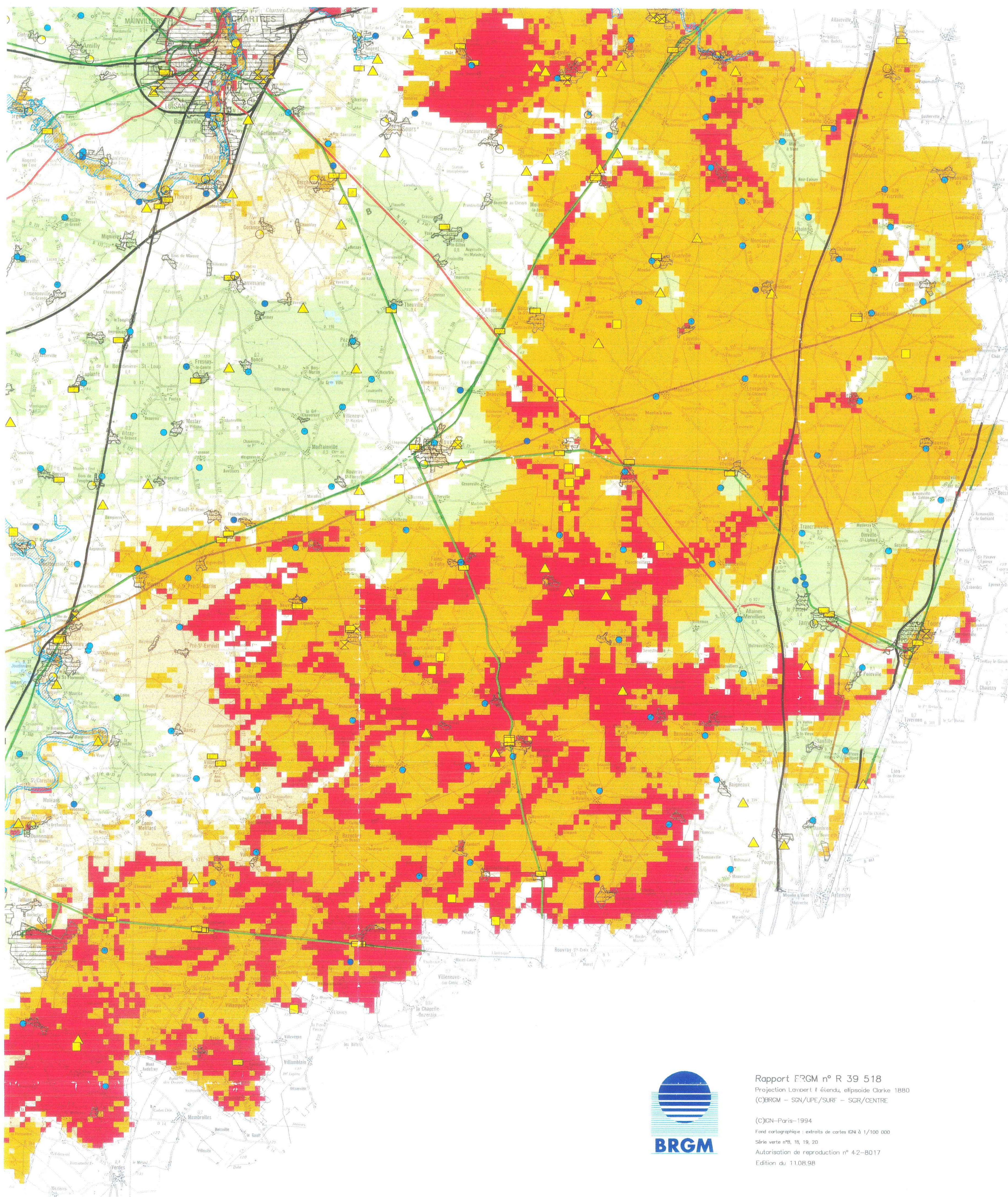
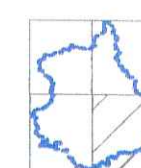


Rapport BRGM n° R 39 518  
Projection Lambert II étendu, ellipsoïde Clarke 1880  
(C)BRGM - SGN/UPE/SURF - SGR/CENTRE  
Fond topographique IGN  
Edition du 11.08.98

# VULNERABILITE ET RISQUES DE POLLUTION DES PREMIERES NAPPEES

## EN EURE-ET-LOIR. Echelle 1/ 100 000 - Feuille SE

La légende est à consulter sur la feuille NW



Rapport BRGM n° R 39 518  
Projection Lambert II étendu, ellipsoïde Clarke 1880  
(C)BRGM - SGN/UPE/SURF - SGR/CENTRE  
(C)IGN-Paris-1994  
Fond cartographique : extraits de cartes IGN à 1/100 000  
Série verte n°8, 18, 19, 20  
Autorisation de reproduction n° 4-2-8017  
Edition du 11.08.98





Rapport BRGM n° R 39 518  
Projection Lambert II étendu, ellipsoïde Clarke 1880  
(C)BRGM – SGN/LPE/SURF – SGR/CENTRE  
(C)IGN-PARIS – 1994  
Autorisation de reproduction n° 42-8017  
Edition du 11.08.98

# VULNERABILITE ET RISQUES DE POLLUTION DES PREMIERES NAPPES EN EURE-ET-LOIR, Echelle 1/ 100 000 – Feuille SW

La légende est à consulter sur la feuille NW

