



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

DOCUMENT PUBLIC

*Matériaux de substitution aux granulats
alluvionnaires en région Haute-Normandie*

*Calcaires lutétiens, sables albiens,
granulats marins, craies et limons*

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 98-G-206

Décembre 1998

R 40424



DOCUMENT PUBLIC

*Matériaux de substitution aux granulats
alluvionnaires en région Haute-Normandie*

*Calcaires lutétiens, sables albiens,
granulats marins, craies et limons*

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 98-G-206

Décembre 1998

R 40424

Mots clés : calcaires lutétiens, sables albiens, granulats marins, craies et limons, Seine-Maritime, Eure, France.

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

Auteurs : J.P. DEROIN, L. GALTIER, C. LANGEVIN, R. MOURON (1998) – Matériaux de substitution aux granulats alluvionnaires en région Haute-Normandie (France). Rap. BRGM R 40 424, 133 p., 23 fig., 3 cartes, 29 tableaux.

© BRGM. 1999. ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Dans la Région Haute-Normandie, la raréfaction de la ressource en granulats alluvionnaires, ainsi que les difficultés de plus en plus grandes pour accéder aux gisements, rendent urgente la mise en place d'une politique de substitution. Un des moyens retenus par les prescripteurs pour assurer la promotion de l'utilisation de matériaux locaux en substitution aux granulats alluvionnaires est l'élaboration de fiches techniques et d'une cartographie de ressources potentielles établies pour chaque type de matériaux disponibles.

Les tâches incombant à chacun des organismes impliqués dans les différentes phases de l'élaboration des guides techniques ont été précisées au cours de la réunion du 10 décembre 1997. Ainsi pour chaque matériau :

- le BRGM synthétise la connaissance géologique autour de la ressource, et de son éventuelle découverte, permettant de définir la géométrie générale des gisements ; il fournit quelques indications géotechniques ;
- la DIREN évalue les contraintes environnementales sur les gisements potentiels ;
- l'UNICEM définit les types possibles de mise en exploitation.

Dans le cadre de sa mission de Service Public, le Service Géologique Régional Haute-Normandie, s'est vu confier par le Ministère de l'Industrie, une étude portant sur le recensement et la quantification des ressources en matériaux de substitution de la région.

Un groupe de travail haut-normand a été créé le 27 mai 1997. Il a défini les matériaux à prendre en compte dans le cadre de cette étude :

- les calcaires lutétiens ;
- les sables albiens ;
- les granulats marins ;
- les craies ;
- les limons ;
- les sous-produits industriels (mâchefers, titanogypses, cendres volantes...) ;
- les produits de retraitement des chaussées en place.

A l'exception des sous-produits industriels et du retraitement des chaussées en place, le BRGM s'est vu confier l'étude de l'extension géographique et de l'estimation des réserves correspondant aux matériaux retenus. Ces études intègrent l'identification géologique de la ressource, associée à sa cartographie et à l'estimation la plus précise possible des zones favorables. Elles font l'objet du présent rapport.

SOMMAIRE

1. Les calcaires du Lutétien de l'Eure.....	8
1.1. Données générales sur le Lutétien de l'Eure.....	8
1.2. Données générales sur le "Calcaire grossier" du Lutétien moyen de l'Eure.....	10
1.2.1. Caractéristiques pétrographiques.....	10
1.2.2. Caractéristiques géométrique des gisements.....	10
1.3. Données sur la géométrie des gisements.....	11
1.3.1. Recherches entreprises auprès du CETE.....	12
1.3.2. Recherches entreprises auprès des carrières.....	12
1.3.3. Recherches entreprises au BRGM SGR/HNO.....	12
1.3.4. Conclusion.....	17
1.4. Réserves géologiques.....	26
1.5. Données sur la qualité des calcaires lutétiens.....	26
1.5.1. Données en provenance des cartes géologiques.....	27
1.5.2. Données en provenance du CETE Normandie-Centre.....	27
1.5.3. Données en provenance des carrières.....	28
1.5.4. Données en provenance des sondages archivés en BSS.....	29
1.5.5. Conclusion.....	29
1.6. Utilisation anciennes et actuelles des calcaires lutétiens.....	29
1.7. Données hydrogéologiques.....	34
2. Les sables verts de l'Albien du Pays-de-Bray.....	36
2.1. Données générales sur l'Albien du Pays-de-Bray.....	36
2.2. Données générales sur les "sables verts" albien du Pays-de-Bray.....	37
2.2.1. Caractéristiques pétrographiques.....	37
2.2.2. Caractéristiques géométriques des gisements.....	38
2.3. Données sur la géométrie des gisements.....	38
2.3.1. Recherches entreprises auprès du CETE.....	38
2.3.2. Recherches entreprises auprès des carrières.....	39
2.3.3. Recherches entreprises au BRGM SGR/HNO.....	39
2.3.4. Conclusion.....	43
2.4. Réserves géologiques.....	43
2.5. Données sur la qualité des sables verts.....	44
2.5.1. Données en provenance des cartes géologiques.....	44
2.5.2. Données en provenance des carrières.....	44
2.5.3. Données en provenance des sondages archivés en BSS.....	45
2.5.4. Conclusion.....	54
2.6. Utilisations anciennes et actuelles de ces sables.....	55
2.7. Données hydrogéologiques.....	56
3. Les granulats marins entre Dieppe et Le Tréport.....	62
3.1. Données cartographiques disponibles.....	62
3.1.1. Cartes bathymétriques.....	62
3.1.2. Cartes sédimentologiques.....	62
3.1.3. Cartes géologiques et sédimentologiques à l'échelle du 1/50 000.....	63
3.1.4. Cartes géologiques et sédimentologiques à de plus petites échelles.....	66
3.2. Rapports et études techniques se rapportant en tout ou partie à la zone comprise entre Dieppe et le Tréport.....	67
3.2.1. Campagne de prélèvement à l'électro-carottier au large de Dieppe (1985).....	68
3.2.2. Campagne de dragages géologiques effectuées par le "Pourquoi Pas ?".....	70
3.2.3. Descriptif des dragages effectués par le "Pourquoi Pas ?".....	70
3.2.4. Données fournies par l'Atlas de la Manche.....	73

3.2.5. Carte morpho-sédimentaire du domaine marin côtier entre Dieppe et Le Tréport (Seine-Maritime).....	76
4. La craie.....	78
4.1. Identification géologique de la ressource	78
4.1.1. Généralités.....	78
4.1.2. Le Cénomanién	79
4.1.3. Le Turonien	80
4.1.4. Le Sénonien (Coniacien et Santonien).....	81
4.1.5. Le Campanien.....	82
4.2. Cartographie globale de la craie	84
4.3. Cartographie de la ressource à l'échelle du bassin hydrographique	84
4.3.1. Bassin de la Bresle.....	85
4.3.2. Bassin de l'Hyères	85
4.3.3. Bassin de l'Eaulne, de la Béthune et de la Varenne.....	85
4.3.4. Bassin du Dun à la Scie (incluant la Saône).....	85
4.3.5. Bassin de la Valmont et de la Durdent.....	85
4.3.6. Bassin de la Lézarde et du Bolbec	85
4.3.7. Bassin de la Seine (Aval de Rouen).....	85
4.3.8. Région de Rouen (Cailly-Robec).....	85
4.3.9. Bassin de l'Andelle.....	86
4.3.10. Bassin de la Risle et de la Charentonne	86
4.3.11. Bassin de l'Iton et de l'Avre	86
4.3.12. Bassin de la Seine (Amont de Rouen)	86
4.3.13. Bassin de l'Eure.....	86
4.3.14. Bassin de l'Epte	86
4.4. Estimation des zones favorables du point de vue géologique	87
4.4.1. La lithologie.....	87
4.4.2. La structure	87
4.5. Estimation des zones favorables du point de vue hydrogéologique	88
4.6. Bilan	90
5. Les limons.....	91
5.1. Terminologie	92
5.1.1. Les différents sens du terme "limon"	92
5.1.2. Quelques définitions	92
5.2. Différents faciès, séquence, provinces géographiques	93
5.2.1. Les faciès des loess et des limons	93
5.2.2. Séquence loessique verticale typique.....	94
5.2.3. Séquences (ou provinces) géographiques	96
5.3. Granulométrie et composition minéralogique des loess	96
5.3.1. Granulométrie des loess.....	96
5.3.2. Composition minéralogique des loess	98
5.3.3. Teneur en eau des loess	98
5.4. Lithostratigraphie des limons	99
5.4.1. Cas des cartes les plus anciennes.....	99
5.4.2. Lithostratigraphie et chronostratigraphie typiques des limons régionaux.....	99
5.4.3. Niveaux lithostratigraphiques remarquables au sein des loess	102
5.4.4. Quelques affleurements et coupes remarquables	103
5.5. Epaisseur et répartition des formations limoneuses pléistocènes	104
5.5.1. Aperçu global de la répartition et des épaisseurs à l'échelle de la région	104
5.5.2. Une approche de la cartographie des limons	105
5.6. L'information "carte géologique à 1/50 000	110
5.6.1. Méthode de travail	110
5.6.2. Hétérogénéité de l'information.....	110
5.6.3. Détail de "l'information limons" sur chaque carte géologique.....	111

Listes des figures

Figure 1 :	Exemple de série loessique du Pléistocène supérieur en Normandie.....	95
Figure 2 :	Courbes granulométriques cumulatives de quelques formations éoliennes pléniglaciaires.....	97
Figure 3 :	Lithostratigraphie et chronostratigraphie du Pléistocène supérieur de Normandie.....	100
Figure 4 :	Répartition et faciès des loess en France du Nord-Ouest.....	106
Figure 5 :	Carte des loess de Normandie.....	107
Figure 6 :	Classes d'épaisseur des limons. Classement décroissant par nombre d'ouvrages et par cartes.....	109

Liste des annexes

Annexe 1 :	Carte d'assemblage des coupures I.G.N. à 1 / 50 000.	127
Annexe 2 :	Quelques coupes détaillées des affleurements de référence (extraits des travaux de J.P. Lautridou et al.).....	129
Annexe 3 :	Cartes sur la craie dans la région de la Haute-Normandie	133

Liste des cartes

Carte 1 :	Carte géologique de la France à l'échelle du 1/1 000 000 au droit de Dieppe et Le Tréport	65
Carte 2 :	Localisation des dragages et des carottages disponibles au large de Dieppe et du Tréport	72
Carte 3 :	Secteurs dont le potentiel sédimentologique est à examiner au large de Dieppe et du Tréport ..	75

Liste des tableaux

Chapitre 1 :

Tableau 1,2,3:	Ouvrages ayant atteint ou traversé les formations lutétiennes	14
Tableau 4,5,6 :	Données géologiques relatives aux ouvrages sélectionnés	18
Tableau 7 :	Estimation des réserves géologiquement disponibles	26
Tableau 8 :	Caractéristiques des sables du lutétien moyen	27
Tableau 9 :	Caractéristiques de granulats de calcaire lutétien	29
Tableau 10 :	Analyses chimiques de deux échantillons de calcaire lutétien	29
Tableau 11,12 :	Liste des principaux ouvrages renseignant sur la profondeur de la nappe des calcaires lutétien	31
Tableau 13 :	Estimation des réserves géologiquement disponibles hors d'eau	35

Chapitre 2 :

Tableau 1 :	Ouvrages ayant atteint ou traversé les Sables verts de l'Albien inférieur Pays de Bray	41
Tableau 2 :	Estimation des réserves géologiquement disponibles	44
Tableau 3 :	Coupes géologiques des ouvrages sélectionnés	52
Tableau 4 :	Récapitulatif des données sur la qualité des sables verts de l'Albien inférieur du Pays de Bray	55
Tableau 5 :	Classification des sables selon leur valeur au bleu	55
Tableau 6 :	Liste des principaux ouvrages renseignant sur la profondeur de la nappe des Sables de l'Albien	59
Tableau 7 :	Estimation des réserves géologiquement disponibles hors d'eau	60

Chapitre 3 :

Tableau 1 :	Cartes bathymétriques, concernant la zone comprise entre Dieppe et Le Tréport	62
Tableau 2 :	Cartes sédimentologiques concernant la zone comprise entre Dieppe et Le Tréport.....	62
Tableau 3 :	Cartes géologiques à 1/50 000 concernant la zone comprise entre Dieppe et Le Tréport.....	63
Tableau 4 :	Cartes géologiques et sédimentologiques à petites échelles concernant la zone comprise entre Dieppe et Le Tréport.....	66
Tableau 5 :	Etudes et rapports techniques traitant des matériaux marins au large de Dieppe et du Tréport	67
Tableau 6 :	Carottes réalisées à l'aide de l'électro-carottier au large de Dieppe	68
Tableau 7 :	Description sommaire des sondages réalisés au large de Dieppe avec l'électro-carottier	68
Tableau 8 :	Liste des dragages géologiques effectués par le « Pourquoi Pas ? » dans le secteur Dieppe – Le Tréport.....	70

Chapitre 4 :

Tableau 1 :	Synthèse des principales données sur le potentiel « craie » des bassins hydrographiques.....	89
-------------	--	----

1. Les calcaires du Lutétien de l'Eure

Dans le Bassin parisien, à la fin de l'ère secondaire, la mer qui recouvrait les formations crayeuses du Crétacé supérieur s'est retirée (les derniers dépôts marins du Crétacé étant représentés par la craie du Campanien supérieur). Cette régression a été suivie par une émergence, puis par une série de transgressions marines, datées du Tertiaire, et venant de la Mer du Nord et de la Manche mais ne recouvrant pas la totalité du bassin. Ces transgressions tertiaires ont progressé sur une surface aplanie, ce qui permet de supposer l'existence d'une érosion intense au début du Tertiaire. Les formations tertiaires présentes dans le département de l'Eure sont les vestiges de certaines de ces transgressions.

En vue d'une possible substitution aux granulats alluvionnaires, le rapport R 39163 de novembre 1996 a permis de sélectionner les formations géologiques suivantes : les calcaires dano-montiens (mais de très faible étendue), les sables thanétiens (également de très faible étendue), les sables cuisiers, les calcaires lutétiens, les sables auversiens (mais de très faible étendue), les sables stampiens et burdigaliens. Ce rapport ne traitera que des calcaires lutétiens en s'attachant à préciser les réserves et à fournir leurs caractéristiques géomécaniques, dans la mesure où ces informations seront disponibles et accessibles.

1.1 DONNEES GENERALES SUR LE LUTETIEN DE L'EURE.

L'étage lutétien est habituellement subdivisé en trois : le Lutétien inférieur (e5a), le Lutétien moyen (e5b) et le Lutétien supérieur (e5c).

Au niveau de l'Eure, cet étage ne subsiste que dans l'est du département, au niveau d'un triangle délimité par Gisors, Gaillon et Ivry-la-Bataille.

- Lutétien inférieur (e5a)

Au niveau du département de l'Eure, les seuls affleurements connus datés du Lutétien inférieur sont connus au sud de Gisors et dans une zone comprise entre Vesly, au nord, et Bray-et-Lû, au sud. La transgression marine du Lutétien inférieur sur les sables cuisiers a déposé, à la base, des sables graveleux à Bryozoaires. Ce sont des sables grossiers ($Md = 0,41$ mm), mal classés ($Hq = 0,90$ à $1,45$), glauconieux, quartzeux, à stratifications entrecroisées. Au-dessus vient un calcaire sableux à *Nummulites lævigatus*. Suivant les cas, ce calcaire se trouve soit sur les sables graveleux précédents, soit directement sur les sables cuisiers et dans ce dernier cas, il débute par un niveau de glauconie grossière, d'épaisseur réduite (il est à noter que ce niveau de glauconie caractérise la transgression lutétienne et n'a pas de valeur

chronologique car il correspond, suivant les cas, au Lutétien inférieur ou au Lutétien moyen). Le calcaire sableux à *Nummulites lævigatus* est le plus souvent tendre, glauconieux avec des bancs de rognons plus indurés.

- Lutétien moyen (e5b)

"Au Lutétien moyen la mer présente une profondeur maximale dans les synclinaux (calcaires massifs), tandis qu'elle submerge des zones qui n'avaient pas encore été atteintes au Lutétien inférieur, ainsi que les hauts-fonds qui étaient restés émergés ou qui avaient subi une érosion sous-marine par suite de mouvements tectoniques possibles au cours du Lutétien" (R. Wyns).

Là où le Lutétien inférieur est absent, le Lutétien moyen, repose directement soit sur les sables cuisiers, soit sur la craie. Dans le cas où la transgression lutétienne a recouvert les sables cuisiers, le Lutétien moyen débute par un calcaire sableux, glauconieux, à petits galets noirs et présentant les caractères d'un faciès transgressif. Dans les cas où cette transgression a recouvert directement la craie, le Lutétien moyen débute par un cailloutis composé de silex verdissés à matrice sableuse avec des éclats de silex et des grains de glauconie.

Le Lutétien moyen est caractérisé par la prédominance des dépôts carbonatés (calcaires à *Miliolites*, à *Orbitolites complanatus* et *Fabularia discolithes* fréquemment appelés "Calcaire grossier" par opposition aux sables sous et sus-jacents).

- Lutétien supérieur (e5c)

Le Lutétien supérieur est caractérisé par des faciès reflétant la tendance à l'isolement et à la dessalure de la mer lutétienne, entrecoupée de brèves incursions marines. Deux faciès principaux peuvent y être distingués :

- . le calcaire à *Cérithes*. Il s'agit de bancs calcaires à minéraux argileux (illite, smectite) alternant avec des calcaires plus lagunaires, souvent argileux, bruns, blanchâtres ou verdâtres où apparaît de l'attapulgite ;
- . les marnes et caillasses. Il s'agit d'une alternance de couches marneuses et de calcaire pur, avec fossiles d'eau douce, à dolomie présente à la partie supérieure. On y trouve des argiles fibreuses (attapulgite et sépiolite).

La partie terminale du Lutétien supérieur contient parfois des calcaires silicifiés, apparaissant alors sous forme de blocs épars dans les champs ou éboulés au sommet des sables cuisiers (on retrouve de tels blocs dans des champs près de Reuilly, ce qui signifierait que le Lutétien supérieur déborderait vers l'ouest le Lutétien moyen).

1.2 DONNEES GENERALES SUR « LE CALCAIRE GROSSIER » DU LUTETIEN MOYEN DE L'EURE

Ce chapitre a été rédigé à partir de données extraites des notices des cartes géologiques au 1/50 000 Les Andelys, Gisors, Evreux, Mantes-la-Jolie, Saint-André-de-l'Eure et Houdan.

1.2.1 Caractéristiques pétrographiques.

La transgression lutétienne ne semble avoir dépassé, vers l'ouest, la vallée de l'Eure qu'aux environs de Pacy-sur-Eure et Ivry-la-Bataille. La bordure occidentale de la mer lutétienne paraît être orientée nord-sud et être jalonnée par les villages de Saint-Julien-de-la-Liègue, Autheuil, Jouy-sur-Eure et Boncourt.

Deux faciès principaux peuvent y être distingués (ces faciès sont contemporains l'un de l'autre et leur lithologie est fonction de conditions de dépôts différentes).

- le calcaire à Miliolites et Orbitolines

Il s'agit d'un calcaire massif se présentant en bancs épais, homogène, assez tendre et de couleur jaunâtre, présentant souvent de petites stratifications obliques. Il a été formé par l'accumulation de tests de Foraminifères (Orbitolites complanatus, Alveolina bosci, Fabularia discolithes, Fabiana cassis, Rotalidés, Miliolites,...) avec des niveaux riches en mollusques (bancs à Verrains à Cerithium giganteum). Ces formations se sont déposées dans un milieu d'herbier de profondeur moyenne (quelques dizaines de mètres d'eau) correspondant aux zones synclinales.

- le calcaire en rognons et le sable calcaire fossilifère

Il s'agit de faciès littoraux représentés par des sédiments calcaires imparfaitement consolidés, sans stratification nette. Ce sont des calcaires en rognons constitués de bancs de calcaires durs alternant avec des sables calcaires souvent friables, de couleur blanche à jaune-ocre. Localement, on peut trouver un faciès organogène constitué de tests d'animaux enrobés et soudés entre eux par de la calcite, formant ainsi un calcaire alvéolaire, dur, se débitant en petites dalles.

1.2.2 Caractéristiques géométriques des gisements.

Les formations lutétiennes affleurent dans la partie sud-est du département de l'Eure. Leur extension occidentale semble être limitée à la rivière Eure, à l'exception des régions de Pacy-sur-Eure et Ivry-la-Bataille. Les notices des cartes géologiques concernées ne fournissent que très peu de renseignements quant à la puissance des séries calcaires exploitables. Leur examen montre :

- feuille Gisors

Le faciès calcaire à Miliolites peut atteindre 10 à 15 m de puissance (14,1 m au sondage de Montjavoult dans l'Oise).

- feuille Les Andelys

Bien que daté du Lutétien supérieur, une partie des formations décrites semble correspondre à la série du calcaire à Miliolites du Lutétien moyen. Ces dépôts forment le rebord du plateau, en rive gauche de la Seine, et la notice signale l'existence d'une carrière les exploitant sur une hauteur de 8 m.

- feuille Mantes-la-Jolie

Le Lutétien moyen à faciès zoogène ou faciès de Guitrancourt (Yvelines) a une puissance de 20 à 30 m (l'épaisseur totale du Lutétien variant de 30 à 40 m).

- feuille Evreux

L'épaisseur maximale du Lutétien est de 30 m en rive droite de l'Eure, près de Pacy-sur-Eure. En rive gauche, l'épaisseur va en décroissant vers l'ouest (il s'agit du Lutétien au sens large et non du seul Lutétien moyen).

- feuille Houdan

Seule la partie ouest de cette carte intéresse la région Haute-Normandie. L'épaisseur du Calcaire grossier est très variable et le plus souvent supérieure à 10 m (pour ce qui est du département des Yvelines tout au moins). Elle se réduit progressivement lorsque l'on se rapproche des limites d'extension de la mer lutétienne : 3 à 4 m d'Oulins à Houdan (toujours dans les Yvelines mais seulement séparé d'Ivry-la-Bataille par l'Eure), il en est de même en bordure nord et nord-ouest (région de Villers-en-Désœuvre dans l'Eure).

- feuille St-André-de-l'Eure

La puissance du Lutétien moyen varie de 8 à 10 m, et concerne les calcaires à Orbitolines mais également le cailloutis de base, à galets noirs et silex verdissés ; toutefois la puissance de ce cailloutis ne serait que de 5 à 20 cm.

1.3 DONNEES SUR LA GEOMETRIE DES GISEMENTS.

Afin de compléter les informations fournies par les notices des cartes géologiques, une recherche de données complémentaires a été entreprise auprès du CETE Normandie-Centre, des carrières et du BRGM/SGR Haute-Normandie.

1.3.1 Recherches entreprises auprès du CETE.

Une étude relative à un emprunt pour la construction d'un remblai à St-Aquilin (ouest de Pacy-sur-Eure) intéresse les formations lutétiennes. 4 sondages à la tarière hélicoïdale y ont été réalisés, un seul (S2) ayant atteint le substratum, représenté par la craie sénonienne dans le cas présent. La coupe géologique établie par le CETE est la suivante :

- de 0,00 à 0,50 m : limon et calcaire
- de 0,50 à 1,80 m : sable calcaire beige à nombreux rognons de calcaire grossier
- de 1,80 à 3,10 m : sable grossier calcaire verdâtre et nombreux rognons de calcaire grossier
- de 3,10 à 5,00 m : idem, plus compact
- de 5,00 à 6,50 m : idem, moins charpenté en rognons calcaires
- de 6,50 à 9,50 m : idem, plus humide
- de 9,50 à 10,50 m : craie marneuse et silex noirs.

Les formations lutétiennes, au niveau de cette zone d'emprunt, sont caractérisées par un calcaire très sableux, très tendre avec des rognons de calcaire grossier, devenant légèrement verdâtre à la base (présence de glauconie).

1.3.2 Recherches entreprises auprès des carriers.

Une seule société exploite actuellement les calcaires lutétiens. Il s'agit des établissements Breton-Jeannot & Cie dont le siège social est à Neaufles-Saint-Martin (27830), Le Marais St-Martin - B.P.3 et les bureaux à Dangu (27720), L'Aulnaie. La carrière se trouve sur le territoire de la commune d'Authevernes au lieu-dit les Mureaux. Le front de taille a une hauteur maximum de l'ordre de 6 m. Sous 1 m de terre végétale, on trouve un calcaire à débits en plaquettes (1 m environ), surmontant un calcaire très sableux renfermant des blocs de calcaire massif (blocs pouvant atteindre et même dépasser le m³). A première vue, le pourcentage de sable est voisin de 30 %. De nombreux phénomènes de dissolution sont visibles : vides, "entonnoirs" avec présence de zones polluées par des venues de terre végétale. En aucun endroit du front de taille le substratum (sables cuisiers) est visible.

1.3.3 Recherches entreprises au BRGM SGR/HNO.

Une recherche systématique de tous les ouvrages archivés dans la banque des données du sous-sol, et ayant traversé ou seulement atteint le Lutétien a été entreprise au SGR Haute-Normandie. Elle a permis de recenser 78 ouvrages (cf. tab.1), se répartissant en 51 puits, 11 sources, 7 carrières, 7 sondages, 1 forage et 1 diagraphie. Malheureusement, tous ces ouvrages n'apportent pas des renseignements de valeur, seulement 17 ayant une coupe géologique (les autres étant simplement indiqués comme "implantés dans les calcaires lutétiens, d'après la carte géologique"). De plus sur les 17

ouvrages précédents seulement 7 ont traversé la totalité du Lutétien et atteint les formations du substratum. Les informations géologiques relatives à ces ouvrages sont données dans le tableau 4.

Dans le détail, le tableau 4 permet, au niveau des 17 ouvrages ayant une coupe géologique, même partielle, les remarques suivantes :

- l'ouvrage 12 fait référence à un sondage réalisé sur la commune de Gisors et ayant recoupé les calcaires lutétiens sur 50 m de puissance (cette valeur semble toutefois exagérée, une diagraphie réalisée sur la même commune, au niveau de l'ouvrage 11, estime la puissance du Lutétien à environ 13 m pour une cote au sol inférieure de seulement 5,7 m) ;

N° d'ordre	Indice BSS	Nature	Commune	Lieudit	X	Y	Z	Prof.
1	01247X0039/P	PUITS	VILLERS SUR ROULE	Au Village	526,22	166,2	87	2,3
2	01247X0047/P	PUITS	VILLERS SUR ROULE	Au Montier	525,6	166,47	88	2,7
3	01247X0092/P	PUITS	VENABLES	Chez Monsieur Littée	524,2	167,11	115,5	12,08
4	01247X0093/P	PUITS	HEUDEBOUVILLE	Lieu-dit "Moulin à vent"	522,24	166,63	126	6,52
5	01247X0129/P	PUITS	VENABLES	Dans un pré	523,92	167,03	120	11,2
6	01247X0130/P	PUITS	VENABLES		524,15	166,76	111	6
7	01248X0050/P	PUITS	VESLY	Rue de l'église	550,55	171,23	110	9,1
8	01248X0051/P	PUITS	VESLY	Rue de l'église	550,41	171,29	105	1,9
9	01253X0072/HY	SOURCE	VESLY	Source du Chateau	550,25	171,19	98	0
10	01253X0076/HY	SOURCE	VESLY	Source alimentant le chateau de Dangu	550,51	171,54	96	0
11	01254X0004/CD-5	DIAGRAPHIE	GISORS		559,82	172,76	135,6	43
12	01254X0074/S	SONDAGE	GISORS	La Bellée	558,64	172,67	141,3	127
13	01256X0003/P	PUITS	ECOS	Chateau du Chesnay-Haquest	546,42	163,82	146	19
14	01256X0004/P	PUITS	ECOS	Val Corbon	546,55	162,85	120	10,85
15	01256X0007/HY	SOURCE	FONTENAY	Source du lavoir	544,1	167,68	120	0
16	01256X0010/P	PUITS	CAHAIGNES	L'église	546,3	167,71	128	15,45
17	01256X0015/C	CARRIERE	CAHAIGNES		546,48	167,87	125	10
18	01256X0017/HY	SOURCE	CAHAIGNES	Rue de Cahaignes	546,4	167,35	120	0
19	01256X0019/HY	SOURCE	CAHAIGNES	Lavoir de Cahaignes	546,61	168,11	110	0
20	01256X0029/P	PUITS	CIVIERES	Le Bourg	545,56	163,55	122	2,6
21	01256X0030/P	PUITS	CIVIERES		545,36	163,8	115	27,85
22	01256X0032/P	PUITS	CIVIERES		545,45	163,77	120	6,55
23	01256X0037/P	PUITS	FOURS-EN-VEXIN	La ferme près de l'église	546,38	165,38	122	9,7
24	01256X0038/HY	SOURCE	FOURS-EN-VEXIN		546,26	165,62	115	0
25	01256X0039/P	PUITS	FOURS-EN-VEXIN	Chateau de Fours-en-Vexin	546,09	165,31	134,8	16,1
26	01256X0040/P	PUITS	FOURS-EN-VEXIN	Chateau de Fours-en-Vexin	546,27	165,4	137	15,4
27	01257X0007/P	PUITS	BUS-SAINT-REMY	Route de la mairie	547,83	160,81	139	10,38
28	01257X0008/P	PUITS	BUS-SAINT-REMY	Maison la Buissonnière	547,74	160,97	123	2,25
29	01257X0009/P	PUITS	BUS-SAINT-REMY	Rue Froide	548,02	160,95	144	15,2
30	01257X0014/P	PUITS	CAHAIGNES	Requiercourt	548,25	167,11	105	5,15
31	01257X0019/HY	SOURCE	AUTHEVERNES	Source du lavoir	549,68	169,12	105	0

32	01257X0029/HY	SOURCE	BERTHENONVILLE	Source Sous Cocagne	550,05	164,86	90	0
33	01257X0052/C	CARRIERE	ECOS	Bois du Pré Cauchard	548,63	162,82	138	2,5
34	01503X0051/P	PUITS	SAINT-JULIEN-DE-LA-LIEGUE	Ferme du Bihabert	523,22	159,87	144	13,2
35	01503X0105/P	PUITS	SAINTE-COLOMBE-PRES-VERNON	Place du village	526,98	155,65	125	22,8
36	01503X9117/C	CARRIERE	CHAMBRAY	La Pierre Fortiere	525,75	152,72	110	12
37	01504X0008/C	CARRIERE	SAINT-PIERRE-DE-BAILLEUL	Dormont	531,56	160,25	103	2,5
38	01504X0073/S2	SONDAGE	SAINT-MARCEL		533,17	155,56	137	29,4
39	01504X0084/HY	SOURCE	SAINT-PIERRE-D'AUTILS	Domaine de Clément	532,37	159,65	79	0
40	01504X0085/HY	SOURCE	SAINT-PIERRE-D'AUTILS	Source du Fournel	533,71	157,83	74	0
41	01504X0086/P	PUITS	SAINT-PIERRE-DE-BAILLEUL		530,92	158,3	76,5	3,25
42	01504X0087/P	PUITS	SAINT-PIERRE-DE-BAILLEUL		531,09	158,83	93,5	7,3
43	01504X0088/P	PUITS	SAINT-PIERRE-DE-BAILLEUL		530,84	158,42	87,5	3,45
44	01504X0106/P	PUITS	SAINT-PIERRE-DE-BAILLEUL	Ancien puits communal	530,43	157,88	95	4,1
45	01504X0109/P	PUITS	SAINT-JUST	Ferme de la Corne Haute	533,3	155,64	133	40,2
46	01504X0119/S	SONDAGE	SAINT-ETIENNE-SOUS-BAILLEUL	Raffinerie BP de la Cornr Haute	531,755	156,3	129,8	39
47	01504X0165/P	PUITS	HOULBEC-COCHEREL		528,88	152,9	125	21,6
48	01504X0187/P	PUITS	VILLEZ-SOUS-BAILLEUL		529,52	157,9	115	21,85
49	01504X0191/P	PUITS	SAINT-ETIENNE-SOUS-BAILLEUL	Brosville	532,53	158,73	125	20,4
50	01504X0196/P	PUITS	LA-CHAPELLE-REANVILLE	Court Cote	530,6	154,6	107	5,9
51	01504X0198/P	PUITS	LA-CHAPELLE-REANVILLE		529,71	155,51	99	7,3
52	01504X0199/P	PUITS	LA-CHAPELLE-REANVILLE	Villa du Haut Pré	530,15	155,65	110	15,25
53	01504X0213/P	PUITS	SAINT-VINCENT-DES-BOIS	Boisset Hennequin	530,7	151,1	123	20,06
54	01504X0214/P	PUITS	SAINT-VINCENT-DES-BOIS	Boisset Hennequin	530,73	151	118	18,79
55	01504X0224/P	PUITS	LA-CHAPELLE-REANVILLE		530,76	155,49	127	144
56	01504X0226/S49	SONDAGE	VERNON		532,26	156,23	133,75	30
57	01504X0230/S54	SONDAGE	VERNON		532,08	155,65	123,05	33,3
58	01504X0238/P2	SONDAGE	LA-CHAPELLE-REANVILLE	Bois de Mercey	531,34	154,76	121,89	29,5
59	01507X0010/P	PUITS	CROISY-SUR-EURE	Hameau du Mont Croisy	526,37	147,23	119,5	95,9
60	01507X0023/C	CARRIERE	JOUY-SUR-EURE	La Cornouilleraie	522,4	148,9	125	6
61	01507X0024/C	CARRIERE	JOUY-SUR-EURE		523,35	148,7	125	5
62	01508X0052/P	PUITS	AIGLEVILLE	Aux Sablons	533,74	145,45	117	75,75
63	01508X0063/C	CARRIERE	MENILLES	Les Croix de Pierre	529,08	149,03	100	9,5

64	01508X0065/P	PUITS	MENILLES	Le Haut Menilles	529,9	148,83	115	17
65	01508X0074/P	PUITS	PACY-SUR-EURE	La Faisanderie	532,18	147,93	133	105,4
66	01508X0128/P	PUITS	PACY-SUR-EURE	Le Bois Normand	531,05	148,7	130	41,5
67	01511X0011/F	FORAGE	VERNON	Montigny	535,42	154,26	96	85
68	01511X0085/P	PUITS	SAINT-MARCEL	Place de l'église	534,8	155,5	73	5,57
69	01511X0091/P	PUITS	VERNON	Hameau Bizy	535,84	154,09	89	15
70	01511X0100/P	PUITS	VERNON	Hameau de Normandie	537,23	150,85	95	8,02
71	01511X0147/P	PUITS	VERNON		534,59	155,28	78	6,8
72	01515X2006/P	PUITS	BREUILPONT	Hameau Saint-Chéron	535,63	141,17	121	7,8
73	01515X2025/P	PUITS	VILLEGATS	Hameau de la Boulaye	535,31	143,54	115	61,6
74	01515X0228/P	PUITS	VILLIERS-EN-DESOEUVRE	Hameau des Vieilles	537,09	141,95	132	25,5
75	01804X0124/S	SONDAGE	LA-COUTURE-BOUSSEY	S-E de la Coix Jerome	531,34	133,38	123	38
76	01811X2010/HY	SOURCE	VILLIERS-EN-DESOEUVRE	Fontaine des Champs	535,6	139,58	115	0
77	01811X2021/P	PUITS	VILLIERS-EN-DESOEUVRE	Près de l'église	537,8	138,89	131,5	17,5
78	01811X2024/P	PUITS	VILLIERS-EN-DESOEUVRE		538,13	138,88	130	17,1

Tab. 1 : Ouvrages ayant atteint ou traversé les formations lutétiennes (département de l'Eure). Source SGR/HNO.

N° d'ordre	Indice BSS	Nature	Commune	Lieudit	X	Y	Z	Prof.
79	S2	SONDAGE	SAINT-AQUILIN-DE-PACY	La Justice	527,85	145,26	122	10,50

Tab. 2 : Ouvrages ayant atteint ou traversé les formations lutétiennes (département de l'Eure). Source CETE.

N° d'ordre	Indice BSS	Nature	Commune	Lieudit	X	Y	Z	Prof.
80	S1	SONDAGE	AUTHEVERNES	Les Mureaux	550,15	170,35	140	24
81	S2	SONDAGE	AUTHEVERNES	Les Mureaux	550,0	170,37	125,9	22

Tab. 3 : Ouvrages ayant atteint ou traversé les formations lutétiennes (département de l'Eure). Source carrier.

- les ouvrages 17, 33, 36, 37 et 38 sont relatifs à des carrières :
 - . la carrière 17 est ouverte dans des sables à intercalations de calcaire, datées du Lutétien inférieur (puissance exploitée : 9,7 m) ;
 - . la carrière 33 est ouverte dans les calcaires à Miliolites et Orbitolines du Lutétien moyen (puissance exploitée : 2,3 m) ;
 - . la carrière 36 exploite, sur 2,3 m, un calcaire coquillier grossier daté du Lutétien. Dans cette carrière, les sables cuisiers ont également été exploités sur 9,3 m de puissance ;
 - . les carrières 37 et 38 exploitent toutes les deux le calcaire grossier du Lutétien : sur 2,1 m au niveau du site 37 et 20,6 m au niveau du site 38. Dans aucune de ces deux carrières le substratum n'a été atteint ;
- l'ouvrage 46 est un sondage ayant touché le Lutétien (faciès sableux et calcaire) à la profondeur de 26 m, sous un recouvrement d'âge sannoisien (argiles) et bartonien (marnes et calcaires). Il a été arrêté à 39 m, toujours dans le Lutétien ;
- l'ouvrage 55 est un puits qui a recoupé le Lutétien de 9,2 à 27,6 m (soit sur une puissance de 18,4 m). Toutefois, les niveaux datés du Lutétien supérieur (entre 9,2 et 17,6 m de profondeur) présentent des faciès à dominante argileuse non utilisables en substitution aux granulats alluvionnaires. Seul le Lutétien inférieur (entre 17,6 et 27,6 m), à faciès calcaire dominant pourrait convenir ;
- l'ouvrage 56 est un sondage ayant atteint le Lutétien à la profondeur de 9 m (sous un recouvrement bartonien et auversien). Ce Lutétien, de faciès dominant calcaire a été rencontré jusqu'à 30 m, profondeur à laquelle le sondage a été arrêté ;
- les ouvrages 57 et 58 sont des sondages, distants d'un peu plus d'un kilomètre, ayant recoupé les formations lutétiennes respectivement sur 24,15 m et 3 m, à une profondeur de 6,6 m et 18 m. Ceci montre que le Lutétien peut, localement, présenter des variations de puissance importantes et rapides ;
- les ouvrages 60, 61 et 63 sont des carrières ouvertes dans le calcaire grossier coquillier du Lutétien. La découverte, constituée de terre ou de limons, varie de 0,3 à 0,5 m ; la formation calcaire étant, quant à elle exploitée respectivement sur 5,7 - 4,5 et 9,2 m ;
- l'ouvrage 67 est un forage traversé le Lutétien, de faciès calcaire, sur 14 m de puissance (entre 1 et 15 m). Ce Lutétien repose directement sur les argiles sparnaciennes (absence des sables cuisiers) ;
- l'ouvrage 75 est un sondage qui, sous 0,2 m de terre et 35 m de sables stampiens, a recoupé le Lutétien sur au moins 2,3 m.

1.3.4 Conclusion

81 ouvrages ont été recensés comme ayant atteint ou traversés les calcaires lutétiens. Toutefois, seul un petit nombre d'entre eux renseigne valablement sur la puissance de cette formation. Afin de mieux appréhender les volumes géologiquement disponibles, nous

N° d'ordre	Nature	Prof. déb.	Prof. fin	Stratigraphie	Lithologie
1	PUITS	0	2.3	CUISIEN	D'après la carte géologique. traverse les calcaires lutétiens et atteint les sables cuisiers.
2	PUITS	0	2.7	CUISIEN	D'après la carte géologique. traverse les calcaires lutétiens et atteint les sables cuisiers.
3	PUITS	0	12.08	SPARNACIEN	D'après la carte géologique. traverse les calcaires lutétiens. les sables cuisiers et atteint les argiles sparnaciennes.
4	PUITS	0	6.52	SPARNACIEN	D'après la carte géologique. traverse les calcaires lutétiens. les sables cuisiers et atteint les argiles sparnaciennes.
5	PUITS	0	11.2	SPARNACIEN	D'après la carte géologique. traverse les calcaires lutétiens. les sables cuisiers et atteint les argiles sparnaciennes.
6	PUITS	0	6	CUISIEN	D'après la carte géologique. traverse les calcaires lutétiens et atteint les sables cuisiers.
7	PUITS	0	9.1	LUTETIEN	D'après la carte géologique. traverse les calcaires lutétiens.
8	PUITS	0	1.9	LUTETIEN	D'après la carte géologique. traverse les calcaires lutétiens.
9	SOURCE	0	0	CUISIEN	Contact Lutétien moyen et inférieur sur Cuisien-Sparnacien.
10	SOURCE	0	0	CUISIEN	Contact Lutétien moyen et inférieur sur Cuisien-Sparnacien.
11	DIAGRAPHIE	0	43	SPARNACIEN	Départ dans les calcaires lutétiens. arrêtée dans les argiles sparnaciennes (épaisseur estimée du Lutétien : environ 13 m.).
12	SONDAGE	0	10	QUAT SUPERF	Passage terreux.
12	SONDAGE	10	60	LUTETIEN	Calcaire avec passage de quartz.
12	SONDAGE	60	80	YPRESIEN	Argile.
12	SONDAGE	80	90	CRETACE SUP	Calcaire très tendre : craie.
12	SONDAGE	90	127	IMPRECIS	Schistes.
13	PUITS	0	19	LUTETIEN	Puits implaté dans les calcaires lutétiens d'après la carte géologique

14	PUITS	0	10.85	YPRESIEN	D'après la carte géologique, implanté dans le Lutétien moyen et inférieur et atteint probablement l'Yprésien.
15	SOURCE	0	0	CUISIEN	Source au contact Lutétien-Cuisien, d'après la carte géologique.
16	PUITS	0	15.45	YPRESIEN	D'après la carte géologique, implanté dans le Lutétien moyen et inférieur et atteint probablement l'Yprésien supérieur.
17	CARRIERE	0	0,3	QUAT SUPERF	Terre.
17	CARRIERE	0,3	10	LUTETIEN INF	Sable coquillier moyen à stratifications obliques avec intercalations de calcaire.
18	SOURCE	0	0	CUISIEN	Source au contact Lutétien-Cuisien, d'après la carte géologique.
19	SOURCE	0	0	CUISIEN	Source au contact Lutétien-Cuisien, d'après la carte géologique.
20	PUITS	0	2,6	LUTETIEN INF	Puits implanté dans le Lutétien inférieur d'après la carte géologique.
21	PUITS	0	27.85	CAMPANIEN	Puits implanté dans le Lutétien inférieur, traversant probablement l'Yprésien supérieur avant d'atteindre le Campanien, d'après la carte géologique.
22	PUITS	0	6.55	LUTETIEN-INF	Puits implanté dans le Lutétien inférieur d'après la carte géologique.
23	PUITS	0	9.7	CUISIEN	D'après la carte géologique, implanté dans le Lutétien moyen et inférieur et atteint probablement l'Yprésien.
24	SOURCE	0	0	CUISIEN	Source au contact Lutétien-Cuisien, d'après la carte géologique.
25	PUITS	0	16,1	CUISIEN	D'après la carte géologique, implanté dans le Lutétien moyen et atteint probablement l'Yprésien.
26	PUITS	0	15,4	CUISIEN	D'après la carte géologique, implanté dans le Lutétien moyen et atteint probablement l'Yprésien.
27	PUITS	0	10.38	LUTETIEN	Puits implanté dans le Lutétien d'après la carte géologique.
28	PUITS	0	2.25	LUTETIEN	Puits implanté dans le Lutétien d'après la carte géologique.
29	PUITS	0	15.2	LUTETIEN	Puits implanté dans le Lutétien d'après la carte géologique.

30	PUITS	0	5.15	LUTETIEN INF	Puits implanté dans le Lutétien inférieur d'après la carte géologique.
31	SOURCE	0	0	THANETIEN	Source au contact Lutétien-Thanétiens, d'après la carte géologique.
32	SOURCE	0	0	CUISIEN	Source au contact Lutétien moyen et inférieur-Cuisien. d'après la carte géologique.
33	CARRIERE	0	0.2	QUAT SUPERF	Terre.
33	CARRIERE	0.2	2.5	LUTETIEN MOYEN	Calcaire à Milioles et Orbitolines.
34	PUITS	0	13.2	CUISIEN	D'après la carte géologique, traverse peut-être les calcaires grossiers du Lutétien inférieur ou moyen, certainement les sables du Cuisien.
35	PUITS	0	22.8	CUISIEN	D'après la carte géologique, implanté dans le calcaire lutétien et atteint probablement les sables cuisien.
36	CARRIERE	0	0.4	QUAT SUPERF	Terre.
36	CARRIERE	0,4	2.7	LUTETIEN	Calcaire coquillier grossier.
36	CARRIERE	2,7	12	CUISIEN	Sable gris, jaune, à galets.
37	CARRIERE	0	0,4	QUAT SUPERF	Terre.
37	CARRIERE	0,4	2,5	LUTETIEN	Calcaire coquillier grossier.
38	SONDAGE	0	3	QUAT SUPERF	Limos et silex.
38	SONDAGE	3	8,8	BARTONIEN	Calcaire de Champigny et St-Ouen.
38	SONDAGE	8.8	29,4	LUTETIEN	Calcaire grossier.
39	SOURCE	0	0	LUTETIEN	D'après la carte géologique, affleurement de la nappe lutétienne.
40	SOURCE	0	0	LUTETIEN	D'après la carte géologique, affleurement de la nappe lutétienne.
41	PUITS	0	3.25	CUISIEN	D'après la carte géologique, traverse les calcaires grossiers du Lutétien inférieur ou moyen, et atteint peut-être les sables du Cuisien.

42	PUITS	0	7,3	LUTETIEN	D'après la carte géologique, traverse les sables du Bartonien inférieur et les calcaires grossiers du Lutétien.
43	PUITS	0	3,45	LUTETIEN	D'après la carte géologique, traverse les sables du Bartonien inférieur et les calcaires grossiers du Lutétien.
44	PUITS	0	4,1	LUTETIEN	Puits implanté dans les calcaires lutétiens d'après la carte géologique.
45	PUITS	0	40,2	CUISIEN	D'après la carte géologique, implanté dans le Burdigalien, atteint probablement le Lutétien et le Cuisien.
46	SONDAGE	0	0,3	QUAT	Terre végétale.
46	SONDAGE	0,3	13	SANNOISIEN	Argiles vertes et rouges.
46	SONDAGE	13	26	BARTONIEN	Marnes et calcaire.
46	SONDAGE	26	39	LUTETIEN	Sables argileux et calcaire siliceux.
47	PUITS	0	21,6	LUTETIEN	Puits implanté dans les calcaires lutétiens, d'après la carte géologique.
48	PUITS	0	18,4	LUTETIEN	Puits implanté dans les calcaires lutétiens, d'après la carte géologique.
49	PUITS	0	20,4	LUTETIEN	Puits implanté dans les calcaires lutétiens, d'après la carte géologique.
50	PUITS	0	5,9	LUTETIEN	Puits implanté dans les calcaires lutétiens, d'après la carte géologique.
51	PUITS	0	7,3	LUTETIEN	Puits implanté dans les calcaires lutétiens, d'après la carte géologique.
52	PUITS	0	15,25	LUTETIEN	Puits implanté dans les calcaires lutétiens, d'après la carte géologique.
53	PUITS	0	20,06	LUTETIEN	Puits implanté dans les calcaires lutétiens, d'après la carte géologique, atteint probablement le Sparnacien.
54	PUITS	0	18,79	LUTETIEN	Puits implanté dans les calcaires lutétiens, d'après la carte géologique, atteint probablement le Sparnacien.
55	PUITS	0	0,3	QUAT SUPERF	Terre.
55	PUITS	0,3	3,4	SANNOISIEN	Argile.
55	PUITS	3,4	9,2	BARTONIEN	Alternances de marnes et de calcaire.

55	PUITS	9,2	13,4	LUTETIEN SUP	Argile ocre à débris calcaires.
55	PUITS	13,4	17,6	LUTETIEN SUP	Alternance de marnes, d'argiles verdâtres et de calcaire jaune sublithographique.
55	PUITS	17,6	27,6	LUTETIEN INF	Calcaires à débris plus ou moins cimentés avec passées de marnes ou d'argiles.
55	PUITS	27,6	36,7	CUISIEN	Sable fin siliceux.
55	PUITS	36,7	49,7	SPARNACIEN	Argile sableuse, sable jaune, marne, lignite.
55	PUITS	49,7	144	SENO-TURONIEN	Craie.
56	SONDAGE	0	1,1	QUAT COLLUV	Terre et limons.
56	SONDAGE	1,1	8	BARTONIEN	Calcaire et travertin.
56	SONDAGE	8	9	AUVERSIEN	Sable argileux.
56	SONDAGE	9	9,5	LUTETIEN SUP	Calcaire blanc crème avec intercalation d'argile.
56	SONDAGE	9,5	30	LUTETIEN INF	Calcaire et calcaire dolomitique.
57	SONDAGE	0	3,8	QUAT	Remblai.
57	SONDAGE	3,8	6,6	IMPRECIS	Argile remanié.
57	SONDAGE	6,6	12	LUTETIEN SUP	Calcaire blanc fin fossilifère et argile brun-noir, en poches, silex.
57	SONDAGE	12	30,75	LUTETIEN INF	Calcaire jaune caveux et argile brune.
57	SONDAGE	30,75	32	IMPRECIS	Perte.
57	SONDAGE	32	33,3	CUISIEN	Sable fin micacé.
58	SONDAGE	0	3	QUAT	Remblai.
58	SONDAGE	3	8	BURDIGALIEN	Sable, argile, blocs de calcaire et marne.
58	SONDAGE	8	14	STAMPIEN-INF	Argile verte, graviers, calcaire.
58	SONDAGE	14	18	EOCENE SUP	Sable fin.
58	SONDAGE	18	21	LUTETIEN	Calcaire marneux.
58	SONDAGE	21	29,5	CUISIEN	Sable fin.
58	SONDAGE	29,5	30	SPARNACIEN	Argile grise.
59	PUITS	0	95,9	SENONIEN	Implanté dans le Lutétien et atteint la craie, d'après la carte géologique.
60	CARRIERE	0	0,3	QUAT SUPERF	Terre.
60	CARRIERE	0,3	6	LUTETIEN	Calcaire grossier coquillier.

61	CARRIERE	0	0.5	QUAT SUPERF	Limon brun jaune.
61	CARRIERE	0.5	5	LUTETIEN	Calcaire grossier coquillier.
62	PUITS	0	75.75	SENONIEN	Implanté dans le Lutetien et atteint la craie, d'après la carte géologique.
63	CARRIERE	0	0.3	QUAT SUPERF	Terre.
63	CARRIERE	0.3	9.5	LUTETIEN	Calcaire grossier coquillier.
64	PUITS	0	27	LUTETIEN	Puits implanté dans les calcaires lutétiens d'après la carte géologique.
65	PUITS	0	105.4	SENONIEN	Implanté dans le Lutetien et atteint la craie, d'après la carte géologique.
66	PUITS	0	1.5	IMPRECIS	Terre et argile.
66	PUITS	1,5	40	LUTETIEN	Calcaire blanc, avec manganèse en mouches, présence de marnes et de grès calcaire.
66	PUITS	40	41,3	CUISIEN	Grès calcaire, galets et marnes.
66	PUITS	41,3	41.5	SANTONIEN	Craie.
67	FORAGE	0	1	QUAT	Terre.
67	FORAGE	1	15	LUTETIEN	Calcaire jaunâtre.
67	FORAGE	15	27	SPARNACIEN	Argile.
67	FORAGE	27	85	SENONIEN	Craie.
68	PUITS	0	5.57	LUTETIEN	Puits implanté dans les calcaires lutétiens d'après la carte géologique.
69	PUITS	0	15	LUTETIEN	Puits implanté dans les calcaires lutétiens d'après la carte géologique.
70	PUITS	0	8,02	LUTETIEN	Puits implanté dans les calcaires lutétiens d'après la carte géologique.
71	PUITS	0	6,8	CUISIEN	D'après la carte géologique, implanté dans le Lutétien et atteint probablement le Cuisien.
72	PUITS	0	7.8	LUTETIEN	Puits implanté dans les calcaires lutétiens d'après la carte géologique.

73	PUITS	0	61,6	SENONIEN	D'après la carte géologique, implanté dans le Lutétien et atteint peut-être le Cuisien, ne rencontre pas le Sparnacien et atteint la craie.
74	PUITS	0	25,5	SPARNACIEN	Puits implanté dans les calcaires lutétiens d'après la carte géologique, traversant les sables cuisien et atteignant vraisemblablement les argiles sparnaciennes.
75	SONDAGE	0	0,2	QUAT SUPERF	Terre.
75	SONDAGE	0,2	35,2	STAMPIEN	Sable avec passées argileuses.
75	SONDAGE	35,2	37,5	LUTETIEN-SUP	Sable fin jaune remanié fossilifère à passées de sables argileux.
75	SONDAGE	37,5	38	IMPRECIS	Sable à silex.
76	SOURCE	0	0	LUTETIEN	D'après la carte géologique, affleurement de la nappe du Lutétien.
77	PUITS	0	17,75	LUTETIEN	Puits implanté dans les calcaires lutétiens d'après la carte géologique.
78	PUITS	0	17,1	LUTETIEN	Puits implanté dans les calcaires lutétiens d'après la carte géologique.

Tab. 4 : Données géologiques relatives aux ouvrages sélectionnés au SGR/HNO.

N° d'ordre	Nature	Prof. déb.	Prof. fin	Stratigraphie	Lithologie
79	SONDAGE	0	0,5	QUAT SUPERF	Limon et calcaire.
79	SONDAGE	0,5	9,5	LUTETIEN	Sable calcaire avec nombreux rognons de calcaire grossier.
79	PSONDAGE	9,5	10,5	SENONIEN	Craie marneuse et silex noirs.

Tab. 5 : Données géologiques relatives à l'ouvrage sélectionné au CETE.

N° d'ordre	Nature	Prof. déb.	Prof. fin	Stratigraphie	Lithologie
80	SONDAGE	0	1	QUAT SUPERF	Terre végétale.
80	SONDAGE	1	12	LUTETIEN	Calcaire.
80	SONDAGE	12	21,5	CUISIEN	Sables.
80	SONDAGE	21,5	24	SPARNACIEN	Argiles.
81	SONDAGE	0	5,1	QUAT	
81	SONDAGE	5,1	20,2	LUTETIEN	Calcaire.
81	SONDAGE	20,2	22	CUISIEN	Sables.

Tab. 6 : Données géologiques relatives aux ouvrages retenus. Source carrier.

proposons de retenir 5 zones (numérotées de 1 à 5, d'est en ouest et du nord au sud) ayant comme puissance 12 m (zone 1), 15 m (zone 2), 2 m (zone 3), 8 m (zone 4) et 4 m (zone 5).

1.4 RESERVES GEOLOGIQUES.

Pour chacune des zones précédemment définies, les surfaces correspondantes ont été calculées (calcul informatique automatique réalisé directement sous MAPINFO). Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Zone	Superficie km ²	Epaisseur moyenne m	Réserves géologiques m ³
1	16,05	12	1,926.10 ⁸
2	15,52	15	2,328.10 ⁸
3	1,79	2	0,036.10 ⁸
4	6,28	8	0,502.10 ⁸
5	17,55	4	0,702.10 ⁸
Total	57,19	-	5,494.10 ⁸

Tab. 7 : Estimation des réserves géologiquement disponibles.

Comme on peut le voir dans le tableau ci-dessus, les volumes des réserves géologiques sont obtenus en multipliant les épaisseurs moyennes par la superficie des affleurements. Trop peu de données complètes, c'est-à-dire provenant de sondages ayant traversé et individualisé les calcaires du Lutétien, ayant été retrouvées, il ne nous a pas été possible de définir de petits polygones à puissance constante, ce qui nous aurait permis de mieux appréhender ces réserves.

Ces réserves ne peuvent en aucun cas être assimilées à des réserves exploitables. En effet, certaines sont situées à l'aplomb de contraintes interdisant toutes exploitations : agglomérations, routes, rivières... Dans d'autres secteurs, ces zones seront gelées par des contraintes d'environnement : périmètres de protection, ZNIEFF,... pouvant s'opposer totalement ou partiellement à toute ouverture de carrière.

1.5 DONNEES SUR LA QUALITE DES CALCAIRES LUTETIENS.

Au cours des recherches effectuées dans le but de préciser le volume des réserves géologiquement disponibles en calcaire lutétien, un certain nombre de données relatives à la qualité de ces calcaires a pu être recueilli.

1.5.1 Données en provenance des cartes géologiques.

Les cartes géologiques concernées par cette étude ne fournissent aucun renseignement quant aux caractéristiques géomécaniques des calcaires lutétiens. Les seules informations disponibles concernent les teneurs en CaCO_3 du calcaire grossier (de 75 à 90 % selon les endroits, feuille Houdan) ainsi qu'en MgO (teneurs variables mais tendant à croître de la base au sommet : de 0,5 à 5 % et plus, feuille Houdan). Les autres données concernent les sables que l'on trouve dans le Lutétien moyen (le plus souvent à la base).

	% quartz	Md	Hq
Feuille Gisors	< 10 %	0,10 à 0,20 mm sable fin	0,80 à 0,90 : sable, en général, bien classé
Feuille St-André-de- l'Eure	9 %	0,28 mm sable assez grossier	1,80 : sable mal classé

Tab. 8 : Caractéristiques des sables du Lutétien moyen.

Ces valeurs semblent indiquer une hétérogénéité assez forte de ces sables, le faciès grossier, mal classé correspondant à la bordure ouest de la transgression lutétienne (faciès de plage ?).

1.5.2 Données en provenance du CETE Normandie-Centre.

Les essais réalisés sur les échantillons prélevés en sondages, ainsi qu'au niveau d'une ancienne carrière, ont donné les résultats suivants :

- teneur en eau

Au niveau de 3 sondages sur 4, la teneur en eau varie peu (de 7,4 % à 10,8 %), du moins jusqu'à une profondeur relativement faible (variant de 7 à 9 m suivant les sondages). Au-delà de cette profondeur, la teneur en eau augmente fortement (elle atteint 22,6 % à 7,5 m au sondage S1). Pour ce qui est du quatrième sondage, le faciès légèrement plus argileux des sables lutétiens conduit à des teneurs en eau plus élevées : de 19,3 à 27 %.

- granulométrie

Sur un échantillon prélevé en carrière (entre 0,2 et 3,5 m) a été réalisée une analyse granulométrique : 60 % des éléments ont une taille supérieure à 10 mm et 30 % inférieure à 1 mm. La teneur en fines (< 80 μm) est égale à 13 %. Après compactage cette teneur en fines passe à 20 % (la production de fines lors du compactage est donc relativement faible).

- compactage

Les conclusions des essais réalisés par le CETE sont :

- sur un échantillon prélevé en carrière, de granulométrie 0-20 mm, la courbe Proctor est très plate avec $d_{\text{max}} = 1,83$ pour W_{optimale} de 13,5 %. Le CBR immédiat est élevé (> 40) pour des teneurs en eau proche de l'optimum, mais chute très vite au-delà de 15 % (CBR de

6 pour W de 16 %). Après imbibition de 4 jours le CBR reste élevé, même pour des teneurs en eau fortes (CBR de 24 pour W de 16 %).

- sur un échantillon provenant de sondage, la courbe Proctor présente une convexité nettement plus marquée avec $d_{max} = 2,07$ pour W optimale de 8,5 %. Le CBR immédiat est supérieur à 10 pour $W_n < 10$ %, au-delà il chute rapidement pour devenir nul. Le CBR après imbibition de 4 jours est systématiquement plus élevé.

1.5.3 Données en provenance des carrières.

La société Breton - Jeannot nous a communiqué les données suivantes :

- caractéristiques intrinsèques de la roche

- faciès rocheux

Masse volumique réelle $MVR = 2,45$

Essai Los Angelès $32 < LA < 38$

Essai Micro-Deval $32 < MDE < 40$

Sensibilité au gel $G = 6,5$ (non gélif)

Coefficient d'absorption d'eau $Ab = 3,5$ %

D'après la norme NFP 18 540, ces granulats appartiennent à la catégorie "E".

- faciès sableux (sable constituant la matrice du gisement)

Granularité : sable 0/5 avec 80 % des éléments $< 0,5$ mm et une teneur en fines $< 80 \mu m$ de l'ordre de 24,5 %

Friabilité des sables $FS = 44$

Valeur au bleu à la tâche (NFP 18-592) $VB_{ta} = 1,53$ et $VB_{ta} \times F = 37,8$

Valeur au bleu des sables et sols (NFP 94-068) $VBS = 0,45$

Valeur au bleu selon NF EN 933-9 $VB_{0/5} = 4,4$

Selon la classification GTR, ce sable appartient à la classe **B5**. Selon la classification des granulats routiers, il s'agit d'un sable d.

- caractéristiques des granulats

D'après les fiches techniques fournies par l'entreprise, les GNT produites (0/31,5 et 0/60) ont une valeur au bleu à la tâche VB_{ta} comprise entre 0,2 et 1,2. D'après les fuseaux granulométriques, les teneurs en fines $< 80 \mu m$ sont, en moyenne, de 8 % pour la GNT 0/31,5 et de 14 % pour la GNT 0/60. Dans les deux cas, il s'agit de GNT de catégorie "**R₂₁**" du GTR 1994.

D'autres résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Classe granulaire	% fines	LA	MDE	FS	Propreté superf. gravillon P	Propreté du sable PS	VBta	VBS	VB
Grave 0/30 primaire	14,1	29	40					0,15-0,32	1,1-1,5
Granulats secondaires 0/10 et 10/20	22,2	29	36	48	2,9 % (sur 10/20)	36	1,9		2,3 (sur 0/10)
Granulats secondaires lavés 8/20-4/10-0/5	5 (sur 0/5)		39		1,2 % (10/20) 1,4 % (4/10)	67		0,15	1,4 (sur 0/5)

Tab. 9 : Caractéristiques de granulats de calcaire lutétien (carrière d'Authevernes).

1.5.4 Données en provenance des sondages archivés en BSS.

Les seules données utilisables trouvées dans les dossiers archivés dans la banque des données du sous-sol du SGR/HNO concernent le chimisme des calcaires lutétiens. Ces données sont regroupées dans le tableau ci-dessous :

N° d'ordre	Indice BSS	CaCO ₃	MgCO ₃	Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃	Na ₂ O+K ₂ O	SiO ₂	S
		%	%	%	%	%	%
33	01257X0052/C	97,50	0,84	0,56	0,22	0,20	0,01
61	01507X0024/C	90,98	2,52	0,88	0,28	5,70	0,02

Tab. 10 : Analyses chimiques de deux échantillons de calcaire lutétien.

1.5.5 Conclusion.

Les calcaires lutétiens présents en Haute-Normandie sont le plus souvent constitués d'un mélange de calcaires et de sables à dominante calcaire mais pouvant contenir des quartz. La fraction "dure" est caractérisée par un calcaire moyennement dur (LA de l'ordre de 30 à 38, MDE entre 32 et 40), non gélif, avec un coefficient d'absorption de 3,5 %.

La fraction sableuse est caractérisée par un sable dont environ 85 % est < à 1 mm (et 80 % < à 0,5 mm).

Un essai Proctor normal, réalisé sur sur une grave primaire 0/30 a donné une densité optimale de 2,07 pour une teneur en eau W de 9 %.

1.6 UTILISATIONS ANCIENNES ET ACTUELLES DES CALCAIRES LUTETIENS.

Les notices des cartes géologiques concernées par cette étude recensent un certain nombre d'utilisations anciennes.

- feuille Gisors : pierres de construction, empierrement ;

- feuille Les Andelys : moellons et empierrement ;
- feuille Mantes-la-Jolie : pierre à bâtir, empierrement ;
- feuille Evreux : empierrement ;
- feuille Houdan : moellons de construction ;
- feuille St-André-de-l'Eure : rien de mentionner.

Les utilisations actuelles possibles, après traitement éventuel, nous ont été communiquées par l'entreprise Breton - Jeannot :

- sable provenant de l'extraction

Il peut être utilisé en remblai de hauteur < 10 m, en remblayage de tranchées, en couche de forme après traitement aux liants hydrauliques, en correction de sables grossiers qui pourront être utilisés, après traitement aux liants hydrauliques, pour couche de fondation de chaussées tout trafic ou couche de base de chaussées à faible trafic ($\leq T3$).

- grave primaire 0/30

Elle peut être utilisée en remblais routiers ; en remblayage de tranchées ; en couche de forme, sans traitement ou avec stabilisation en place ou en centrale ; en couche de fondation et base de chaussées à trafic \leq à T3 (< 150 PL/jour).

- granulats 0/10 et 10/20

Les gravillons 10/20 peuvent être utilisés dans la composition de graves non traitées (couche de fondation et de base pour chaussée à trafic $\leq T3$) ou de graves 0/20 traitées aux liants hydrauliques (couche de fondation tout trafic, couche de base de chaussée neuve ou renforcement hors circulation pour trafic $< T1$ et renforcement sous circulation pour trafic $< T2$).

Les granulats 0/20 ne pourront être utilisés en formulation de graves traités aux liants hydrauliques qu'après s'être assuré du respect des fuseaux granulaires.

- granulats lavés 8/20 - 4/10 - 0/5

Ces matériaux traités aux liants hydrauliques pourront être utilisés en couche de fondation tout trafic, en couche de base de chaussée neuve ou renforcement hors circulation pour trafic $< T1$ et renforcement sous circulation pour trafic $< T2$. Ils pourront également être utilisés en grave non traité pour couche de base et fondation pour chaussée à trafic $\leq T3$. Ils pourront également à la fabrication de bétons.

La documentation remise par le carrier précise, de plus, que des blocs de calcaire sont utilisés en enrochements de berges ou de talus.

N° d'ordre	Indice BSS	Commune	X	Y	Z	Prof. eau/soi	Date mesure	N.S. NGF	Observations
1	01247X0039/P	VILLERS-SUR-ROULE	526,22	166,2	87	1,93	14/06/1967	85,14	
2	01247X0047/P	VILLERS-SUR-ROULE	525,6	166,47	88	1,6	16/06/1967	86,4	
3	01247X0092/P	VENABLES	524,2	167,11	115,5	10,77	20/10/1966	104,73	
4	01247X0093/P	HEUDEBOUVILLE	522,24	166,63	126	4,27	13/06/1967	121,77	
5	01247X0129/P	VENABLES	523,92	167,03	120	9,23	13/06/1967	110,77	
6	01247X0130/P	VENABLES	524,15	166,76	111	5	13/06/1967	106,7	
7	01248X0050/P	VESLY	550,55	171,23	110	9	05/02/1970	102	
8	01248X0051/P	VESLY	550,41	171,29	105	11	05/02/1970	104	
9	01253X0072/HY	VESLY	550,25	171,19	98	0	10/08/1988	98	
10	01253X0076/HY	VESLY	550,51	171,54	96	0	12/02/1970	96	
13	01256X0003/P	ECOS	546,42	163,82	146	17,8	12/01/1970	128,2	
14	01256X0004/P	ECOS	546,55	162,85	120	17,5	12/01/1970	116,25	
15	01256X0007/HY	FONTENAY	544,1	167,68	120	0	17/12/1969	120	
16	01256X0010/P	CAHAIGNES	546,3	167,71	128	14,45	22/12/1969	113,55	
18	01256X0017/HY	CAHAIGNES	546,4	167,35	120	0	22/12/1969	120	
19	01256X0019/HY	CAHAIGNES	546,61	168,11	110	0	22/12/1969	110	
20	01256X0029/P	CIVIERES	545,56	163,55	122	1,6	06/01/1970	120,4	
21	01256X0030/P	CIVIERES	545,36	163,8	115	21,6	06/01/1970	93,4	
22	01256X0032/P	CIVIERES	545,45	163,77	120	5	06/01/1970	119	
23	01256X0037/P	FOURS-EN-VEXIN	546,38	165,38	122	7	21/01/1970	115	
24	01256X0038/HY	FOURS-EN-VEXIN	546,26	165,62	115	0	21/01/1970	115	
25	01256X0039/P	FOURS-EN-VEXIN	546,09	165,31	134,8	13,24	21/01/1970	121,56	
26	01256X0040/P	FOURS-EN-VEXIN	546,27	165,4	137	14,98	21/01/1970	122,02	
27	01257X0007/P	BUS-SAINT-REMY	547,83	160,81	139	9,6	13/01/1970	129,7	
28	01257X0008/P	BUS-SAINT-REMY	547,74	160,97	123	0	13/01/1970	122	
29	01257X0009/P	BUS-SAINT-REMY	548,02	160,95	144	14,8	13/01/1970	129,2	
30	01257X0014/P	CAHAIGNES	548,25	167,11	105	3,85	23/12/1969	101,15	
31	01257X0019/HY	AUTHEVERNES	549,68	169,12	105	0	07/01/1970	105	
32	01257X0029/HY	BERTHENONVILLE	550,05	164,86	90	0	08/01/1970	90	
34	01503X0051/P	SAINT-JULIEN-DE-LA-LIEGUE	523,22	159,87	144		25/04/1968		à sec

35	01503X0105/P	SAINTE-COLOMBE-PRES-VERNON	526,98	155,65	125	20,75	06/05/1968	104,25	
39	01504X0084/HY	SAINT-PIERRE-D'AUTILS	532,37	159,65	79	0	24/03/1967	79	
40	01504X0085/HY	SAINT-PIERRE-D'AUTILS	533,71	157,83	74	0	24/03/1967	74	
41	01504X0086/P	SAINT-PIERRE-DE-BAILLEUL	530,92	158,3	76,5	1,85	24/03/1967	75,15	
42	01504X0087/P	SAINT-PIERRE-DE-BAILLEUL	531,09	158,83	93,5	4,76	28/06/1968	88,77	
43	01504X0088/P	SAINT-PIERRE-DE-BAILLEUL	530,84	158,42	87,5	2,15	28/06/1968	85,35	
44	01504X0106/P	SAINT-PIERRE-DE-BAILLEUL	530,43	157,88	95	3,34	28/06/1968	91,66	
45	01504X0109/P	SAINT-JUST	533,3	155,64	133	35,82	08/05/1968	97,18	
47	01504X0165/P	HOULBEC-COCHEREL	528,88	152,9	125	21,2	20/06/1968	103,8	
48	01504X0187/P	VILLEZ-SOUS-BAILLEUL	529,52	157,9	115	15	27/06/1968	100	
49	01504X0191/P	SAINT-ETIENNE-SOUS-BAILLEUL	532,53	158,73	125		27/06/1968		à sec
50	01504X0196/P	LA-CHAPELLE-REANVILLE	530,6	154,6	107	4	25/06/1968	103	
51	01504X0198/P	LA-CHAPELLE-REANVILLE	529,71	155,51	99	4,77	26/06/1968	94,23	
52	01504X0199/P	LA-CHAPELLE-REANVILLE	530,15	155,65	110	14	27/06/1968	96	
53	01504X0213/P	SAINT-VINCENT-DES-BOIS	530,7	151,1	123	9,57	21/06/1968	113,43	
54	01504X0214/P	SAINT-VINCENT-DES-BOIS	530,73	151	118	9,32	21/06/1968	108,68	
55	01504X0224/P	LA-CHAPELLE-REANVILLE	530,76	155,49	127	64,12	07/01/1971	62,88	nappe de la craie
58	01504X0238/P2	LA-CHAPELLE-REANVILLE	531,34	154,76	121,89	18,42	08/10/1993	122,39	
59	01507X0010/P	CROISY-SUR-EURE	526,37	147,23	119,5	81,6	29/04/1968	37,7	nappe de la craie
62	01508X0052/P	AIGLEVILLE	533,74	145,45	117	71,53	07/06/1968	45,47	nappe de la craie
64	01508X0065/P	MENILLES	529,9	148,83	115	26,5	20/06/1968	88,5	
65	01508X0074/P	PACY-SUR-EURE	532,18	147,93	133	90,7	02/07/1968	42,3	nappe de la craie
66	01508X0128/P	PACY-SUR-EURE	531,05	148,7	130	37,65	15/05/1973	92,35	
67	01511X0011/F	VERNON	535,42	154,26	96	24,6	00/00/1912	71,4	
68	01511X0085/P	SAINTE-MARCEL	534,8	155,5	73	2,96	08/05/1968	70,04	

69	01511X0091/P	VERNON	535,84	154,09	89		15/05/1968	79,25	
70	01511X0100/P	VERNON	537,23	150,85	95		16/05/1968	89,78	
71	01511X0147/P	VERNON	534,59	155,28	78		12/06/1968	72,28	
72	01515X2006/P	BREUILPONT	535,63	141,17	121		11/06/1968	114,68	
73	01515X2025/P	VILLEGATS	535,31	143,54	115		01/07/1968		à sec
74	01515X0228/P	VILLIERS-EN-DESOEUVRE	537,09	141,95	132		27/06/1968	110,16	
76	01811X2010/HY	VILLIERS-EN-DESOEUVRE	535,6	139,58	115		08/07/1968	115	
77	01811X2021/P	VILLIERS-EN-DESOEUVRE	537,8	138,89	131,5		26/06/1968	118,95	
78	01811X2024/P	VILLIERS-EN-DESOEUVRE	538,13	138,88	130		26/06/1968	120,69	

Tab. 11 : Liste des principaux ouvrages renseignant sur la profondeur de la nappe des calcaires du Lutétien. Source : SGR/HNO.

N° d'ordre	Indice BSS	Commune	X	Y	Z	Pier calcaire	Date mesure	N.S. NGF	Observations
80	S1	AUTHEVERNES	550,15	170,35	140		00/00/1997		à sec
81	S2	AUTHEVERNES	550,0	170,37	125,9		00/00/1997	105,9	

Tab. 12 : Liste des principaux ouvrages renseignant sur la profondeur de la nappe des calcaires du Lutétien. Source : carrier.

1.7 DONNEES HYDROGEOLOGIQUES.

Au cours de ces recherches documentaires, nous avons relevé toutes les données relatives à la profondeur de la première nappe d'eau souterraine rencontrée.

Pour ce qui est de la zone d'emprunt étudiée par le CETE (St-Aquilin-de-Pacy) aucune information hydrogéologique n'était jointe au dossier.

Au niveau de la carrière d'Authavernes, les ouvrages n° 80 et 81 sont des piézomètres installés par le carrier afin de déterminer la profondeur de la nappe. Le sondage 80, profond de 24 m et atteignant les argiles sparnaciennes est sec, alors que le 81, profond de 22 m et n'atteignant pas le Sparnacien mais situé 14 m plus bas, a rencontré une nappe d'eau à la profondeur de 20 m (il s'agit d'une nappe cuisienne baignant la base du Lutétien).

Les données collectées au SGR/HNO sont le plus souvent relatives à d'anciens puits pour lesquels aucune coupe n'est donnée ("d'après la carte géologique, ils sont implantés dans les calcaires lutétiens").

Le Lutétien repose, soit sur les sables cuisiers, soit sur la craie sénonienne, suivant la localisation géographique des ouvrages. Dans les deux cas, aucun horizon imperméable ne marque la base des formations lutétiennes, ce qui fait que les nappes rencontrées concernent l'ensemble Lutétien-Cuisien ou directement la craie.

La nappe d'eau rencontrée, appartenant fréquemment à l'ensemble Lutétien-Cuisien est, le plus souvent, peu profonde et de ce fait très sensible aux conditions climatiques locales. Aussi toute information relative à la profondeur de la nappe devra être associée à la date de la mesure et toute extrapolation sera dangereuse.

Nous avons précédemment défini cinq zones à l'intérieur desquelles nous avons estimé la puissance des calcaires lutétiens sensiblement homogène. Si au niveau de ces zones nous prenons en compte la profondeur moyenne de la nappe d'eau souterraine par rapport au sol, les remarques suivantes peuvent être faites :

- zone 1

La profondeur de la nappe d'eau varie de 0 à 21,60 m. La profondeur 0 correspond à des sources situées au contact du Sparnacien calcaire (la majorité des points concernés se trouvent d'ailleurs en limite de zone d'affleurement, voire à l'extérieur de ces zones et correspondent certainement à des affleurements cuisiers). Aussi pour l'estimation de la profondeur moyenne de la nappe d'eau souterraine, nous ne tiendrons pas compte de ces points (ainsi que ceux pour lesquels cette profondeur sera \leq à 1 m). Avec ces réserves, nous retiendrons comme puissance moyenne des calcaires lutétiens hors d'eau 10 m ;

- zone 2

Dans cette zone, 3 ouvrages présentent la particularité de capter l'eau de la craie, c'est-à-dire une nappe très profonde qui ne gênera en rien une éventuelle exploitation des calcaires lutétiens. Il s'agit des ouvrages 55 (eau à 64,12 m le 07/01/71), 62 (eau à 71,53 m le 07/06/68) et 65 (eau à 90,7 m le 02/07/68). Trois ouvrages, situés en limite de zone d'affleurement ou légèrement en dehors, concernent des sources (n° 34, 39 et 40).

A partir des autres ouvrages, nous avons estimé la puissance moyenne hors d'eau des calcaires lutétiens à 13 m ;

- zone 3

Dans cette petite zone, les ouvrages implantés dans le Lutétien capte une nappe ne baignant, semble-t-il, que les sables cuisiers. Aussi nous retiendrons comme puissance moyenne hors d'eau des calcaires lutétiens la même que celle précédemment estimée, à savoir 2 m ;

- zone 4

Un seul ouvrage renseigné sur la profondeur de la nappe, mais captant l'eau de la craie (sondage 59 avec l'eau à 81,8 m de profondeur), il ne peut servir à estimer la puissance hors d'eau des calcaires lutétiens. Faute de données, nous considérerons cette puissance comme égale à celle initialement estimée, soit 8 m ;

- zone 5

Cette zone comprend 2 parties : une au sud, dans la région d'Ivry-la-Bataille pour laquelle nous ne possédons aucune donnée hydrogéologique, et une autre au nord. Pour cette dernière, les données en notre possession montrent que les calcaires lutétiens pourraient être exploités totalement à sec, à l'exception de petites zones situées en limite d'affleurement (zone de sources). La puissance moyenne hors d'eau des calcaires lutétiens sera donc la même que celle initialement estimée, soit 4 m. Faute de donnée, nous extrapolerons cette hypothèse à la région d'Ivry-la-Bataille.

Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Zone	Superficie km ²	Epaisseur moyenne (m)	Réserves géologiques théoriques (m ³)	Epaisseur moyenne hors d'eau (m)	Réserves géologiques hors d'eau (m ³)
1	16,05	12	1,926.10 ⁸	10	1,605.10 ⁸
2	15,52	15	2,328.10 ⁸	13	2,018.10 ⁸
3	1,79	2	0,036.10 ⁸	2	0,036.10 ⁸
4	6,28	8	0,502.10 ⁸	8	0,502.10 ⁸
5	17,55	4	0,702.10 ⁸	4	0,702.10 ⁸
Total	57,19		5,494.10 ⁸		4,863.10 ⁸

Tab. 13 : Estimation des réserves géologiquement disponibles hors d'eau.

Ces réserves hors d'eau sont, compte tenu des dangers liés à l'extrapolation des données hydrogéologiques, très proches des réserves géologiquement disponibles. L'exploitation éventuelle de ces calcaires ne devrait pas être freinée par la présence d'une nappe d'eau souterraine limitant la puissance exploitable.

Comme précédemment, ces réserves ne peuvent en aucun cas être assimilées à des réserves exploitables. En effet, certaines sont situées à l'aplomb de contraintes interdisant toutes exploitations : agglomérations, routes, rivières... Dans d'autres secteurs, ces zones seront gelées par des contraintes d'environnement : périmètres de protection, ZNIEFF,... pouvant s'opposer totalement ou partiellement à toute ouverture de carrière.

2. Les sables verts de l'Albien inférieur du Pays-de-Bray.

Le Pays de Bray est une entité géographique intéressant les départements de l'Oise et de la Seine-Maritime. De direction sud-est - nord-ouest, il a la forme d'une demi-ellipse dont le grand axe aurait 85 km et le petit 14 km. Il est limité sur ses flancs nord et sud par deux "falaises" de craie qui surplombent d'une soixantaine de mètres une vallée mamelonnée (certains de ces mamelons peuvent atteindre l'altitude des "falaises"). Ces deux escarpements crayeux finissent par se rejoindre aussi bien au nord-ouest qu'au sud-est en enserrant cette vallée et en lui donnant la forme d'une boutonnière.

La vallée du Pays de Bray n'est pas une vallée ordinaire de type fluviale mais correspond à une échancrure dans la couverture sédimentaire du Crétacé supérieur. Cette couverture ayant été fortement plissée au Tertiaire (phase principale à la base de l'Eocène, en même temps que le plissement pyrénéen), une érosion intense a amené à l'affleurement des terrains anciens que l'on rencontre au coeur de la vallée.

L'anticlinal résultant de ce plissement est orienté selon la direction "armoricaire" (nord-ouest - sud-est). Il est dissymétrique, son flanc sud-ouest présente des pendages (4 à 16°) plus faibles que son flanc nord-est (20 à 45°).

En ce qui concerne la région Haute-Normandie, l'entité géographique du Pays de Bray intéresse les cartes géologiques au 1/50 000 suivantes : Forges-les-Eaux, Gournay, Londinières, Neufchâtel et très faiblement St-Saëns.

Le rapport R 39163 de novembre 1996 avait permis de sélectionner les formations géologiques susceptibles de pouvoir fournir des matériaux de substitution aux graves alluvionnaires. Il s'agissait des calcaires portlandiens (principalement le niveau de calcaire lithographique du Portlandien inférieur) et des formations sableuses du Néocomien (Wealdien) et de l'Albien inférieur (Sables Verts). Ce rapport ne traitera que des sables albiens en s'attachant à préciser les réserves et à fournir leurs caractéristiques géomécaniques, dans la mesure où les informations seront disponibles.

2.1 DONNEES GENERALES SUR L'ALBIEN DU PAYS-DE-BRAY.

L'étage albien (n7) est représenté par trois faciès distincts, individualisés sur les cartes géologiques. De bas en haut (c'est-à-dire du plus ancien au plus récent) on trouve :

- Albien inférieur (n7a)

Ce niveau correspond aux Sables Verts, formation faisant l'objet de cette étude ;

- Albien moyen (n7b)

C'est le niveau des argiles du Gault utilisées dans le domaine des tuiles et briques. Il s'agit d'argiles gris verdâtre à gris noir, plastiques, parfois collantes, localement glauconieuses et très peu calcaires (les teneurs en CaCO_3 ne dépassent pas 10 %). Ces argiles sont constituées de 40 % d'illite, 30 % de smectite et 30 % de kaolinite (carrière Ledoigt à Bully, feuille Londinières).

- Albien terminal (n7c)

C'est le niveau de transition avec le Cénomaniens, caractérisé par la gaize. Il s'agit d'une roche poreuse, légère, blanche, rose ou gris-beige, au toucher farineux. Localement on a pu y différencier deux faciès : la gaize solide et la gaize bleue. Ces deux faciès coexistent, la gaize solide formant des lentilles importantes dans la gaize bleue. La gaize solide est constituée par une marne argileuse gris clair à blanchâtre, à nombreux blocs siliceux, à cœur gris foncé avec de nombreuses taches de rouille de pyrite oxydée. La gaize bleue est une marne tendre, siliceuse, micacée de couleur gris foncé devenant blanche en séchant. Localement la gaize bleue se termine par une surface d'érosion perforée.

Les spicules d'éponges sont abondantes, en particulier dans la gaize solide et se rencontrent souvent en association avec des accidents siliceux de type chert.

L'épaisseur de cette formation va en diminuant vers le nord-ouest, passant de 15 m à 5 m.

2.2 DONNEES GENERALES SUR LES « SABLES VERTS » ALBIENS DU PAYS-DE-BRAY.

Ce chapitre a été rédigé à partir de données extraites des notices des cartes géologiques au 1/50 000 Forges-les-Eaux, Gournay, Londinières, Neufchâtel et St-Saëns.

2.2.1 Caractéristiques pétrographiques.

Les Sables verts sont constitués de sables quartzeux gris-vert, glauconieux devenant jaunes ou roux par oxydation à l'affleurement, renfermant des nodules pyriteux et des fragments de lignite, avec parfois des fragments micacés. En de nombreux endroits, ils sont parcourus de minces lits d'argile gris-rose constituée en proportions égales de kaolinite et de minéraux interstratifiés. A leur sommet, se développent des grès ferrugineux en bancs discontinus ou en lits de nodules.

A l'affleurement, de nombreuses stratifications entrecroisées sont visibles, ainsi que des traces de chenaux et de bioturbations. La granulométrie des grains de quartz est caractérisée par des médianes variant de 0,15 mm à 0,53 mm. Les grains sont ronds, mats, non usés, à teneur relativement élevée en disthène suggérant des apports, avec un court transport, de matériel anté-crétacé issu surtout du Massif armoricain (en plus du disthène, on y trouve du zircon, du rutile et de la tourmaline).

2.2.2 Caractéristiques géométriques des gisements.

Le faciès "sables verts" de l'Albien inférieur affleure à la périphérie de la boutonnière du Pays-de-Bray, au sud d'une ligne Sainte-Geneviève-Haucourt, c'est-à-dire sur les feuilles au 1/50 000 de Forges-les-Eaux et Gournay.

Au sud de cette ligne, l'épaisseur des sables verts va en augmentant du nord-ouest vers le sud-est pour atteindre 47 m au sondage d'Avesnes-en-Bray (cf. étude détaillée des coupes de sondages archivés dans la banque des données du sous-sol du BRGM) tandis que la granulométrie croît du nord-est vers le sud-ouest. Au niveau de la feuille de Forges-les-Eaux, leur puissance diminue vers le nord-est en même temps qu'ils deviennent plus fins, la puissance devenant identique à celle des argiles barrémiennes, c'est-à-dire une quinzaine de mètres.

Au nord de la ligne Sainte-Geneviève-Haucourt (c'est-à-dire au niveau des feuilles au 1/50 000 Londinières, Neufchâtel et St-Saëns) le faciès "sables verts" disparaît, les argiles du Gault étant alors datées de l'Albien inférieur à supérieur. La notice de la feuille Neufchâtel fait référence à une lacune stratigraphique correspondant aux argiles barrémiennes et aux sables verts albiens. Toutefois, la possibilité d'un passage latéral du faciès sableux au faciès argileux est envisagée. Ce passage latéral semble se confirmer au niveau des feuilles Londinières et St-Saëns (des études paléontologiques et micro paléontologiques ont montré, sur la feuille Londinières que le faciès gault correspondait à la totalité de l'Albien). Au nord de cette ligne Sainte-Geneviève-Haucourt, les formations albiennes reposent directement sur les sables wealdiens (les argiles barrémiennes ayant disparues à la hauteur de Sommary). Dans ce cas il est souvent difficile de séparer les éventuels sables albiens des sables wealdiens ; aussi les formations correspondantes sont simplement datées du Crétacé inférieur. Cette différenciation peut parfois être faite, en particulier au niveau d'un sondage à Clères (feuille St-Saëns) où il a été possible d'individualiser 13 m de sables glauconieux albiens surmontant 8 m de sables wealdiens.

2.3 DONNEES SUR LA GEOMETRIE DES GISEMENTS.

Afin de compléter les informations fournies par les notices des cartes géologiques, une recherche de données complémentaires a été entreprise auprès du CETE Normandie-Centre, des carriers et du BRGM / SGR Haute-Normandie.

2.3.1 Recherches entreprises auprès du CETE.

Une recherche systématique a été faite au CETE de Rouen au niveau de toutes les communes géographiquement concernées. A l'exception des dossiers d'étude d'impact réalisés pour le compte d'un carrier, et dont nous reparlerons au paragraphe suivant, aucune donnée complémentaire n'a pu être trouvée.

2.3.2 Recherches entreprises auprès des carriers.

L'entreprise Lhotellier de Eu exploite deux sites implantés dans les Sables verts de l'Albien du Pays-de-Bray, le premier à Sommery et le second à Roncherolles.

- site de Sommery

Il s'agit d'une carrière limitrophe à une autre petite carrière exploitée par l'entreprise Varin. L'arrêté préfectoral d'autorisation porte sur une superficie de 3,3 ha. Le dossier relatif à l'étude d'impact a été établi pour un gisement de 10 m de puissance sous un recouvrement stérile de 0,30 m en moyenne. Ce dossier rappelle, que d'après la carte géologique, la puissance globale est de l'ordre de 30 m.

Localement le front de taille présente, au sommet des sables verts, des passées de sables argileux noirs, épaisses de 0,80 m en moyenne. Ces deux carrières correspondent peut-être aux sites n° 16 et 17 (cf. & suivant).

- site de Roncherolles

Cette carrière est ouverte au lieu-dit du mont du Gat (alt. 144 m). La surface autorisée est de 5 ha 30 a, pour une hauteur d'exploitation de 8 m, sous un recouvrement de 0,30 m de terre végétale. Elle correspond peut-être au site n° 14 (cf. & suivant).

2.3.3 Recherches entreprises au BRGM SGR/HNO.

Une recherche systématique de tous les ouvrages archivés dans la banque des données du sous-sol, et ayant atteint l'Albien inférieur a été entreprise au SGR Haute-Normandie. Elle a permis de retenir 28 ouvrages (cf. tabl. 1), comprenant 1 source, 13 sondages, 7 puits, 6 carrières et 1 coupe de talus. Nous n'avons retenu que les ouvrages apportant des informations sur la nature et la puissance des formations de l'Albien inférieur. Cependant, et afin d'illustrer les données relevées dans les notices des cartes géologiques, nous avons retenu un certain nombre d'ouvrages situés hors zone ou dans lesquels l'horizon des sables verts n'était pas nettement individualisé. Les informations géologiques relatives aux 28 ouvrages retenus, sont données dans le tableau 3.

Dans le détail, ce tableau 3 permet les remarques suivantes :

- les sondages 1 à 4 n'ont atteint que l'Albien supérieur et moyen. Situés au nord-ouest de la zone d'affleurement des sables verts, ils n'ont été reportés que pour indiquer la présence de l'Albien ;
- le sondage 5, situé également au nord-ouest de la zone montre une lacune des formations sablo-argileuses de l'Albien inférieur et du Néocomien ;
- les ouvrages 6 à 11 sont relatifs à des puits. Aucune coupe géologique précise n'était jointe au dossier, les quelques informations données étaient extraites de la carte géologique. Un seul de ces ouvrages (n° 9) est implanté au niveau des zones d'affleurement des sables verts. Les autres ouvrages, implantés dans les argiles du Gault et touchant une nappe d'eau souterraine ont certainement atteint les sables verts, ce qui permet d'estimer, très grossièrement, leur profondeur (c'est pour cette raison que ces ouvrages ont été retenus) ;
- l'ouvrage n° 12 est également un puits, implanté dans les argiles du Gault, mais avec une coupe géologique précise : les sables verts ont une puissance de 7 m sous un recouvrement de 6 m ;

- l'ouvrage n° 13 est relatif à un affleurement au niveau d'un talus. Cet ouvrage, très peu profond, (1,2 m) a atteint les sables verts sous 0,5 m de recouvrement. Comme indiqué dans les notices des cartes géologiques, leur sommet est marqué par une croûte ferrugineuse ;

N° d'ordre	Indice BSS	Nature	Commune	Lieudit	X	Y	Z	Prof.
1	00598X0061/HY	SOURCE	BULLY		530,55	224,60	126,08	10
2	00598X0071/S2	SONDAGE	MASSY		532,24	222,48	140	13,5
3	00598X0074/C	CARRIERE	BULLY	LES TUILERIES	532,15	226,78	90	7
4	00598X0104/B1	SONDAGE	BULLY	LE QUESNAY	531,32	226,22	118	23,5
5	00598X0105	SONDAGE	BULLY	LES TUILERIES	532,12	226,80	86	36,1
6	00774X0044/P	PUITS	SAINTE GENEVIEVE		534,68	218,68	133	8,5
7	00774X0045/P	PUITS	SAINT GENEVIEVE		534,48	219,40	143	26,42
8	00774X0046/P	PUITS	SAINTE GENEVIEVE		534,24	220,34	124	13,5
9	00781X0058/P	PUITS	RONCHEROLLES	PASSAGE A NIVEAU 25	538,83	213,36	157	26,12
10	00781X0061/P	PUITS	SOMMERY	HAMEAU DU BRAY	536,25	215,19	137	8,4
11	00781X0062/P	PUITS	SOMMERY	LE GRAND PRE	535,59	216,02	158	6,65
12	00781X0063/P	PUITS	SOMMERY	HAMEAU DU BRAY	536,28	215,06	140	17
13	00781X0070/A	TALUS	SAINT GENEVIEVE	CARREFOUR D117 ET D83	536,72	217,91	140	1,2
14	00781X0071/C	CARRIERE	RONCHEROLLES	FRETANCOURT	539,50	212,25	140	4,6
15	00781X1172/C	CARRIERE	RONCHEROLLES	FRETANCOURT	539,55	212,50	145	2,3
16	00781X0073/C	CARRIERE	SOMMERY	LES SABLES ET BEAU SOLEIL	538,25	215,13	150	5,4
17	00781X0074/C	CARRIERE	SOMMERY	LES ASBLES	538,05	215,05	150	8
18	00781X0075/S	SONDAGE	SOMMERY	LES TROIS CROIX	537,18	216,80	140	1
19	00786X0085/S3	SONDAGE	BREMONTIER-MERVAL	L.E.P.A.	546,95	202,18	130	5,7
20	00605X0187/PREU-4	SONDAGE	BOUELLES	PREUSEVILLE	537,65	225,03	115,2	136,6
21	00605X0200/PR1	SONDAGE	SAINT GERMAIN SUR EAULNE	PREUSEVILLE	540,97	229,96	116,2	389,95

22	00606X0010/PREU3B	SONDAGE	BEAUSSAULT	PREUSEVILLE	543,93	221,30	155,2	282,6
23	01013X0071/C	CARRIERE	GOURNAY	SAINT AUBIN	552,63	199,21	115	3,3
24	00771X0001/SV1	SONDAGE	SAINT VICTOR L'ABBAYE		511,37	220,51	113,3	337,6
25	00771X0052/S	SONDAGE	CLERES	LA CHAPELLE ST-WAST	512,04	211,94	95	532
26	00777X0001/BLA-C1	SONDAGE	BLAINVILLE-CREVON		524,36	201,30	101,3	300
27	00778X0001/HR-1	SONDAGE	HERONCELLES		531,44	206,36	138,8	300
28	01013X0001/F	SONDAGE	AVESNES-EN-BRAY	LAITERIE MARTIN	551,50	197,23	152	165

Tab 1 : Ouvrages ayant atteint ou traversé les Sables verts de l'Albien inférieur
Pays de Bray

- les ouvrages 14 à 17 inclus sont relatifs à des carrières implantées dans les sables verts et toutes situées dans la partie nord-ouest de la zone d'affleurement étudiée ;
- le sondage 18, également situé dans la partie nord-ouest de la zone d'affleurement, est très peu profond (1 m) et n'est pris en compte que pour justifier l'existence des sables verts dans cette région ;
- le sondage 19, situé dans la partie sud-est de la zone d'affleurement a atteint les sables verts sous un recouvrement de 4,8 m mais ne les a pas traversés (il permet seulement de déplacer légèrement vers le sud la limite d'affleurement portée sur la carte géologique) ;
- les ouvrages 20 à 22 sont des sondages profonds ayant tous recoupé, sous un niveau argileux daté de l'Albien (Gault certainement), des formations d'abord constituées de sables glauconieux (sables verts ?) puis de silt et d'argile silteuse (Néocomien ?). Si ces hypothèses sont justes, la puissance des sables verts varierait de 4 à 9 m (le sondage n° 22 est porté sur la carte, les sondages 20 et 21 sont situés plus au nord-ouest) ;
- l'ouvrage n° 23 est une carrière implantée dans les sables verts, ce qui permet de déplacer vers le nord la limite de la zone d'affleurement ;
- les ouvrages 24 à 28 sont des sondages profonds, qui à l'exception du n° 25 et 28 ne permettent pas de différencier les formations comprises entre les argiles du Gault et les marnes, calcaires ou grès du Portlandien. Ces formations sont constituées des sables à lentilles silto-argileuses du faciès wealdiens et, éventuellement des sables verts de l'Albien inférieur (les argiles barrémiennes ayant disparues à la hauteur de Sommary sur la feuille Forges-les-Eaux). Ces ouvrages sont situés au sud-ouest de la zone retenue et permettent d'affirmer que l'ensemble Néocomien et Albien inférieur a une puissance maximum variant de 36 à 46 m. Le sondage n° 25 a individualisé 13 m de sables verts sous un recouvrement de 163 m. Le sondage n° 28, plus à l'est, a recoupé 47 m de sables verts sous 63,25 m de découverte, essentiellement constituée d'argiles du Gault.

2.3.4 Conclusion

Les recherches entreprises auprès des différents organismes susceptibles de détenir des données de sondages n'ont donné que très peu de résultats. En particulier, aucun ouvrage n'a été recensé dans la partie centrale de la zone d'affleurement des sables verts. Toutefois les renseignements collectés permettent de vérifier que la puissance des sables verts va en diminuant du sud-est vers le nord-ouest (passant de plus de 45 m à 7 m). Aussi, et afin de mieux appréhender les volumes géologiquement disponibles, nous proposons de retenir trois zones ayant, du sud-est au nord-ouest, respectivement comme puissance 30 m, 15 m et 10 m.

2.4 RESERVES GEOLOGIQUES.

Pour chacune des zones précédemment définies, les surfaces correspondantes ont été calculées (calcul informatique automatique réalisé directement sous MAPINFO). Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

Zone	Superficie Km ²	Epaisseur moyenne m	Réserves géologiques m ³
Sud- est	6,37	30	1,911.10 ⁸
Centrale	7,18	15	1,078.10 ⁸
Nord-ouest	7,35	10	0,735.10 ⁸
Total	20,90	-	3,724.10 ⁸

Tab. 2 : Estimation des réserves géologiquement disponibles

Comme on peut le voir dans le tableau ci-dessus, les volumes des réserves géologiques sont obtenus en multipliant les épaisseurs moyennes par la superficie des affleurements. Trop peu de données complètes, c'est-à-dire provenant de sondages ayant traversé les sables verts, ayant été retrouvées, il ne nous a pas été possible de définir de petits polygones à puissance constante, ce qui nous aurait permis de mieux appréhender ces réserves.

Ces réserves ne peuvent en aucun cas être assimilées à des réserves exploitables. En effet, certaines sont situées à l'aplomb de contraintes interdisant toutes exploitations : agglomérations, routes, rivières... Dans d'autres secteurs, ces zones seront gelées par des contraintes d'environnement : périmètres de protection, ZNIEFF,... pouvant s'opposer totalement ou partiellement à toute ouverture de carrière.

2.5 DONNEES SUR LES SABLES VERTS.

Au cours des recherches effectuées dans le but de préciser la géométrie des gisements, nous avons recueilli toutes les données disponibles sur les caractéristiques des sables verts.

2.5.1 Données en provenance des cartes géologiques.

La notice de la carte géologique Gournay précise que "les quartz qui constituent les sables verts montrent un grain moyen à grossier (médiane comprise entre 0,200 et 0,400 mm) et sont en général assez bien classés".

2.5.2 Données en provenance des carrières.

L'entreprise Lhotellier nous a communiqué des données sur la qualité des sables en provenance de ses carrières.

Pour la carrière de Roncherolles, la teneur en fines est de 8 à 10 %, pour une valeur au bleu proche de 1.

Pour le site de Sommary, les informations sont données en annexe. Il apparaît que la teneur en fines < à 80 µm varie de 13,9 % à 2,3 % (moyenne à 7,1 %) et que la valeur au bleu est comprise entre 1,4 et 0,3 (moyenne égale à 0,76).

2.5.3 Données en provenances des sondages archivés en BSS.

Préalablement, nous rappellerons 3 définitions qui seront utilisées dans ce qui va suivre (définitions extraites des thèses de Corine Cuillé : "Qualité des sables fins auversiens et stampiens de la région parisienne" et de Gholam Ali Okhravi : " Etude sédimentologique des sables et argiles du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur du Pays de Bray") :

- médiane Md : la médiane correspond à la dimension des mailles du tamis ayant pour ordonnée $y = 50 \%$. C'est donc la dimension des grains telle qu'il en existe 50 % qui ont une taille supérieure et 50 % une taille inférieure ;

- indice d'hétérométrie interquartile (Hq) de C. Pomerol tel que $Hq = \frac{\text{colog } D75 - \text{colog } D25}{2}$

- indice d'assymétrie (Asq) de Krumbein tel que $Asq = \frac{\text{colog } D25 + \text{colog } D75 - 2 \text{ colog } D50}{2}$

Parmi les 28 ouvrages retenus au cours de l'examen des dossiers archivés en BSS, 6 ouvrages apportent quelques données quant aux caractéristiques des sables verts :

- ouvrage n° 13 (00781X0070/A)

Au niveau du talus décrit 2 échantillons ont été analysés. En pied de talus (prof. = 1,2 m), il s'agit d'un sable assez grossier, avec une médiane de 0,35 mm, médiocrement classé ($Hq = +1,25$), la fraction fine étant toutefois la mieux classée ($Asq = - 0,25$).

Au sommet du talus, les sables décrits comme argile grise sableuse sont légèrement moins grossiers que les précédents (médiane de 0,31 mm), médiocrement classés ($Hq = +1,15$), la fraction fine étant également la mieux classée ($Asq = - 0,45$).

Un autre échantillon a été prélevé de l'autre côté de la route (RN 15). Il s'agit d'un sable moins grossiers que les précédents ($Md = 0,27$ mm), également médiocrement classé ($Hq = +1,05$) mais dans ce cas c'est la fraction grossière la mieux classée ($Asq = +0,10$).

L'étude morphoscopique des grains de quartz compris entre 0,3 et 1 mm montre 16 % de grains N.U (non usés provenant par exemple d'arènes de désagrégation in-situ), 36 % d'E.L. (émoussés-luisants dûs à une longue usure par brassage mécanique dans l'eau des rivières ou des plages marines ou lacustres) et 48 % de R.M. (rond-mats propres liés à une longue usure par le vent) ;

- ouvrage n° 14 (00781X0071/C)

4 échantillons ont été analysés dont 2 correspondent aux 2 horizons sableux de l'Albien décrits dans les coupes du tab. 3. Le niveau supérieur (compris entre 2,6 et 4,6 m) est constitué de sables grossiers ($Md = 0,23$ mm), médiocrement classés ($Hq = +1,05$), mais à distribution symétrique ($Asq = 0,00$). Le plancher de la carrière est formé de sables plus fins ($Md = 0,18$ mm), assez bien classés ($Hq = +0,87$), à distribution symétrique ($Asq = - 0,05$).

N° d'ordre	Nature	Prof. déb.	Prof. fin	Stratigraphie	Lithologie
1	Source	0	0,3	QUAT SUREF	TERRE
1	Source	0,3	4,3	CENOMANIEN	CRAIE A SILEX
1	Source	4,3	6	CENOMANIEN	CRAIE ARGILEUSE
1	Source	6	10	ALBIEN SUP	ALTERNANCE ARGILE NOIRE, ARGILE GRIS FONCE ET ARGILE SABLEUSE GLAUCONIEUSE (PARFOIS DATE DU CENOMANIEN)
2	Sondage	0	2,25	QUAT ALLUV	LIMON ET ARGILE BRUNE A SILEX
2	Sondage	2,25	11,5	CENOMANIEN	CRAIE BLANCHE GLUCONIEUSE
2	Sondage	11,5	13,5	ALBIEN	ARGILE NOIRE DU GAULT
3	Carrière	0	0,2	QUAT SUPERF	TERRE VEGETALE AT ARGILE BRUNE
3	Carrière	0,2	7	ALBIEN	ARGILE GRISE AVEC FILETS DE SABLES JAUNÂTRES FINS ARGILEUX
4	Sondage	0	0,2	QUAT SUPERF	TERRE
4	Sondage	0,2	1,5	VRACONIEN	SABLE CALCAIRE GLAUCONIEUX
4	Sondage	1,5	4,8	ALBIEN SUP	MARNE CREME
4	Sondage	4,8	21,7	ALBIEN SUP	ALETRNANCE ARGILE BLEU NOIR ET SABLE GLAUCONIEUX AVEC NODULES DE PYRITE
4	Sondage	21,7	23,5	ALBIEN MOYEN	ARGILE BLEU NOIR

5	Sondage	0	1,8	INCONNU	
5	Sondage	1,8	13,5	ALBIEN SUP	PRESENCE ARGILE GRIS NOIR, CALCAIRE AVEC NODULES DE PHOSPHATE, DE PYRITE ET DE GYPSE
5	Sondage	13,5	14,8	ALBIEN SUP	CALCAIRE GLAUCONIEUX SILTEUX AVEC PYRITE
5	Sondage	14,8	15,5	ALBIEN SUP	CALCAIRE GLAUCONIEUX SILTEUX AVEC PYRITE
5	Sondage	15,5	36,1	PORTLANDIEN	ALTERNANCE ARGILE CALCAIRE ET SABLE
6	Puits	0	8,5	ALBIEN	PUITS IMPLANTE DANS L'ALBIEN TE ATTEIGNANT PROBABLEMENT LES SABLES VERTS D'APRES LA CARTE GEOLOGIQUE AU 1/80 000
7	Puits	0	26,42	ALBIEN	CE Puits ATTEINT PROBABLEMENT LES SABLES VERTS ET EST IMPLANTE DANS L'ARGILE DU GAULT
8	Puits	0	13,5	ALBIEN	IMPLANTE DANS LE GAULT ET ATTEIGNANT PROBABLEMENT LES SABLES VERTS D'APRES LA CARTE GEOLOGIQUE AU 1/80 000
9	Puits	0	26,12	ALBIEN	PUITS IMPLANTE DANS LES SABLES VERTS DE L'ALBIEN
10	Puits	0	8,4	ALBIEN	PUITS CAPTANT UNE VENUE D'EAU AU TOIT DES SABLES ALBIENS APRES AVOIR TRAVERSE LES ARGILES DU GAULT
11	Puits	0	6,65	ALBIEN	PUITS POUVANT CAPTER UN HORIZON AQUIFERE AU TOIT DES SABLES ALBIENS
12	Puits	0	0,4	QUAT SUPERF	TERRE VEGETALE ET LIMONS
12	Puits	0,4	6	ALBIEN	ARGILE GRISE DU GAULT
12	Puits	6	13	ALBIEN	SABLES VERTS ET ROUX
12	Puits	13	13,2	BARREMIEN	CRAIE BARIOLEE

12	Puits	13,2	17	BARREMIEN	SABLES BLANCS AVEC POINTS DE GLAUCONIE
13	Talus	0	0,2	QUAT SUPERF	TERRE
13	Talus	0,2	0,5	ALBIEN	ARGILE GRISE SABLEUSE
13	Talus	0,5	0,6	ALBIEN	CROÛTE FERRUGINEUSE
13	Talus	0,6	1,2	ALBIEN	SABLE ROUX PLUS OU MOINS GRESIFIE
14	Carrière	0	0,6	QUAT SUPERF	TERRE VEGETALE
14	Carrière	0,6	1,6	QUAT SUPERF	PODZOL LESSIVE CHOCOLAT
14	Carrière	1,6	2,6	QUAT SUPERF	NIVEAU HUMIFERE MARRON
14	Carrière	2,6	4,6	ALBIEN	SABLE ARGILEUX BLANC
14	Carrière	4,6	4,61	ALBIEN	SABLE ROUX FERRUGINEUX
15	Carrière	0	0,8	QUAT SUPERF	SOL OCRE JAUNE
15	Carrière	0,8	2,3	ALBIEN	SABLE GLAUCONIEUX MICACE AVEC SABLES ARGILEUX
16	Carrière	0	0,3	QUAT SUPERF	TERRE VEGETALE
16	Carrière	0,3	1,1	ALBIEN	SABLE CLAIR
16	Carrière	1,1	1,4	ALBIEN	SABLE MARRON ARGILEUX
16	Carrière	1,4	1,9	ALBIEN	SABLE GLAUCONIEUX MARRON
16	Carrière	1,9	3,4	ALBIEN	SABLE CLAIR AVEC NODULES FERRUGINEUX
16	Carrière	3,4	5,4	ALBIEN	LIT GLAUCONIEUX AVEC NODULES FERRUGINEUX

17	Carrière	0	1	ALBIEN	SABLE OCRE FERRUGINEUX
17	Carrière	1	4	ALBIEN	SABLE JAUNE CLAIR AVEC CROÛTES FERRUGINEUSES
17	Carrière	4	6	ALBIEN	SABLE MARRON AVEC LITS FERRUGINEUX
17	Carrière	6	8	ALBIEN	SABLE JAUNE CLAIR
18	Sondage	0	1	ALBIEN	SABLE OCRE JAUNE
19	Sondage	0	4,8	QUAT SUPERF	TERRE VEGETALE ET LIMONS
19	Sondage	4,8	5,7	ALBIEN INF	SABLE BEIGE PROPRE
20	Sondage	0	2	QUAT SUPERF	ARGILE GRISÂTRE LIMONEUSE
20	Sondage	2	14	CENOMANIEN	CRAIE GRISÂTRE A SILEX
20	Sondage	14	81	ALBIEN	ARGILE GRIS BLEU PYRITEUSE ET GLAUCONIEUSE DU GAULT
20	Sondage	81	86	CRETACE INF	SABLE GLAUCONIEUX ET ARGILE GRIS BLEU (SABLES VERTS ?)
20	Sondage	86	130	CRETACE INF	ALTERNANCE DE BANCS DE SILT ET D'ARGILE SILTEUSE A LIGNITE
20	Sondage	130	136,6	PORTLANDIEN	GRES A CHAILLES ET CALCAIRE GRESEUX GLAUCONIEUX
21	Sondage	0	4	QUAT SUPERF	LIMON ARGILEUX
21	Sondage	4	81	ALBIEN	ARGILE GRIS VERT DU GAULT
21	Sondage	81	85	CRETACE INF	SABLES GLAUCONIEUX (SABLES VERTS ?)
21	Sondage	85	153	CRETACE INF	ARGILE SILTEUSE, SILT ARGILEUX

21	Sondage	153	250,7	PORTLANDIEN	ALTERNANCE DE GRES D'ARGILE DE MARNES ET DE CALCAIRE
21	Sondage	250,7	385	KIMMERIDGIEN	MARNE SABLEUSE, CALCAIRE ET MARNE CALCAIRE ET SABLE
21	Sondage	385	389,95	LUSITANIEN	SABLE, CALCAIRE A OOLITHES ET MARNE
22	Sondage	0	2	QUAT SUPERF	ARGILE
22	Sondage	2	59	CENOMANIEN	CRAIE BLANCHE A GRISÂTRE A SILEX
22	Sondage	59	133	ALBIEN	ARGILE GRIS BLEU UN PEU SABLEUSE, GLAUCONIEUSE ET PYRITEUSE DU GAULT
22	Sondage	133	142	CRETACE INF	SABLES ARGILEUX GLAUCONIEUX (SABLES VERTS ?)
22	Sondage	142	214	CRETACE INF	SILT ET ARGILE SILTEUSE
22	Sondage	214	282,6	PORTLANDIEN	ALTERNANCE DE GRES A CHAILLES ET DE MARNES
23	Carrière	0	0,3	QUAT SUPERF	TERRE VEGETALE
23	Carrière	0,3	3,3	ALBIEN	SABLE FIN A STRATIFICATION ENTRECROISEE BLANC AVEC ALTERNANCE DE PETITS FILETS GLAUCONIEUX LEGEREMENT MICACE
24	Sondage	0	5	QUAT SUPRF	ARGILE A SILEX
24	Sondage	5	53	SENONIEN	CRAIE BLANCHÂTRE A SILEX BRUNS
24	Sondage	53	133	TURONIEN	CRAIE BLANCHE ARGILEUSE A SILEX NOIRATRES
24	Sondage	133	165	CENOMANIEN	CRAIE GRISATRE AVEC QUELQUES SILEX GRISATRES A LA BASE
24	Sondage	165	169	CENOMANIEN	GLAUCONIE ARGILEUSE
24	Sondage	169	174	CENOMANIEN	ARGILE GRISATRE GLAUCONIEUSE AVEC NIVEAUX DE GRES SILICEUX
24	Sondage	174	197	ALBIEN	ARGILE GRISE DU GAULT
24	Sondage	197	243	CRETACE INF	SABLE ARGILEUX GLAUCONIEUX ET ARGILE SABLEUSE GLAUCONIEUSE

24	Sondage	243	307	PORTLANDIEN	MARNO-CALCAIRE OU CALCAIRE MARNEUX. CALCAIRE LITHOGRAPHIQUE A LA BASE
24	Sondage	307	337,6	KIMMERIDGIEN	MARNE, CALCAIRE MARNEUX OU SABLE MARNEUX
25	Sondage	0	20,8	QUAT ALLUV	ARGILE, LIMONS ET SABLE GRAVELEUX
25	Sondage	20,8	99,1	SENO-TURONIEN	CRAIE BLANCHE
25	Sondage	99,1	149	CENOMANIEN	CRAIE SABLEUSE, SABLE GROSSIER NOIR, GAIZE
25	Sondage	149	163	ALBIEN	ARGILE MARNEUSE MICACE DU GAULT
25	Sondage	163	176	ALBIEN	SABLE GRIS VERT GLAUCONIEUX - SABLES VERTS
25	Sondage	176	214,7	NEOCOMIEN	SABLE GRAVELEUX A FIN, ARGILE SABLEUSE A LA BASE
25	Sondage	214,7	252	PORTLANDIEN SUP	MARNES, CALCAIRE SABLEUX ET GRES CALCAREUX
25	Sondage	252	297,15	PORTLANDIEN INF	ARGILE, CALCAIRE SABLEUX ET MARNES
25	Sondage	297,15	403,3	KIMMERIDGIEN	CALCAIRE, MARNES
25	Sondage	403,3	464,4	SEQUANIEN	CALCAIRE, ARGILE ET MARNES
25	Sondage	464,4	523,1	RAURACIEN	MARNE
25	Sondage	523,1	532	RAURACIEN	CALCAIRE MARNEUX ET CALCAIRE PISOLITHIQUE
26	Sondage	0	11	QUAT SUPERF	ARGILE A SILEX
26	Sondage	11	105	SENONIEN	CRAIE UN PEU JAUNATRE A SILEX BRUNS
26	Sondage	105	176	TURONIEN	CRAIE ARGILEUSE LEGEREMENT JAUNATRE A SILEX BRUNS
26	Sondage	176	225	CENOMANIEN	CRAIE GRISATRE, GLAUCONIEUSE ET MARNE
26	Sondage	225	244	ALBIEN	ARGILE GRISE DU GAULT
26	Sondage	244	280	CRETACE INF	SABLES GROSSIERS BLONDS A NIVEAUX ARGILEUX

26	Sondage	280	300	PORTLANDIEN	MARNE, SABLE ET CALCAIRE GRESEUX
27	Sondage	0	126	SENO-TURONIEN	CRAIE BLANCHATRE A SILEX BRUNS ET BLONDS
27	Sondage	126	168	CENOMANIEN	CRAIE GRISE AVEC BANC DE GLAUCONIE, GAIZE
27	Sondage	168	200	ALBIEN	ARGILE GRIS NOIR DU GAULT
27	Sondage	200	245,5	CRETACE INF	SABLE GROSSIER A GALETS ET ARGILE SABLEUSE
27	Sondage	245,5	300	PORTLANDIEN	GRES FIN SILICEUX, MARNE GRIS NOIR ET MARNO-CALCAIRE
28	Sondage	0	3,4	QUAT SUPERF	TERRE VEGETALE ARGILEUSE
28	Sondage	3,4	63,25	ALBIEN	SABLE ARGILEUX, MARNE ARGILEUSE ET ARGILE NOIRE PLASTIQUE (ARGILE DU GAULT)
28	Sondage	63,25	110,3	ALBIEN	SABLE ARGILEUX GRIS GLAUCONIEUX VERDATRES AVEC INTERCALATIONS D'ARGILE GLAUCONIFERE
28	Sondage	110,3	165	NEOCOMIEN	ALTERNANCES D'ARGILE ET DE SABLES

Tab. 3 : Coupes géologiques des ouvrages sélectionnés

L'étude morphoscopique des grains de quartz compris entre 0,3 et 1 mm montre 12 % de grains N.U. (non-usés), 29 % d'E.L. (émoussés-luisants) et 59 % de R.M. (ronds-mats propres) ;

- ouvrage n° 15 (00781X0072/C)

Le niveau appartenant aux sables verts a été échantillonné entre 0,8 et 2,3 m. Il s'agit d'un sable assez grossier ($Md = 0,20$ mm), assez bien classé ($Hq = +0,67$), à distribution symétrique ($Asq = +0,02$).

L'étude morphoscopique des grains de quartz montre, au niveau de cette carrière mais également au niveau de la précédente, une action du vent prédominante, suivie d'une faible reprise par l'eau ;

- ouvrage n° 16 (00781X0073/C)

3 échantillons ont été prélevés dans les sables verts et analysés. Entre 1,10 et 1,40 m de profondeur, il s'agit de sables grossiers ($Md = 0,20$ mm), assez bien classés ($Hq = +0,72$), à distribution symétrique ($Asq = - 0,02$). Entre 1,40 et 1,90 m, les sables sont plus grossiers ($Md = 0,25$ mm), assez bien classés ($Hq = +0,97$), la fraction grossière étant la mieux classée ($Asq = +0,22$). Enfin, entre 1,90 et 3,40 m les sables sont assez grossiers ($Md = 0,20$ mm), assez bien classés ($Hq = +0,72$), à distribution symétrique ($Asq = - 0,02$);

- ouvrage n° 17 (00781X0074/C)

4 prélèvements ont été faits dans les sables verts. Le premier, entre 0 et 1 m, montre des sables assez grossiers ($Md = 0,22$ mm), assez bien classés ($Hq = +0,80$), à distribution parfaitement symétrique ($Asq = 0,00$). Les sables du deuxième prélèvement, entre 1 et 4 m sont identiques aux précédents ($Md = 0,23$ mm), assez bien classés ($Hq = +0,85$), à distribution symétrique ($Asq = +0,05$). Le troisième échantillon, entre 4 et 6 m, montre des sables légèrement plus grossiers ($Md = 0,25$ mm), médiocrement classés ($Hq = +1,07$), la fraction grossière étant la mieux classée ($Asq = +0,32$). Enfin, les sables prélevés en fond de carrière, entre 6 et 8 m, sont assez grossiers ($Md = 0,20$ mm) et assez bien classés ($Hq = +0,77$), à distribution symétrique ($Asq = +0,02$).

Ce site et le précédent, tous deux situés sur la commune de Sommery, concernent deux carrières ouvertes dans les sables verts de l'Albien inférieur. La stratification des lits est entrecroisée, les nodules ferrugineux fréquents. Au sommet apparaissent de minces lits glauconieux, renfermant des terriers d'animaux marins. Les grains sont sensiblement de taille identique à tous les niveaux ;

- ouvrage n° 18 (00781X0075/S)

L'échantillon prélevé, entre 0 et 1 m de profondeur, est un sable grossier ($Md = 0,20$ mm) assez bien classé ($Hq = +0,72$), à distribution symétrique ($Asq = - 0,02$).

2.5.4 Conclusion.

Les données qualitatives trouvées sont regroupées dans le tableau 4.

Les sables albiens peuvent être considérés comme des sables très légèrement grossiers (Md de l'ordre de 0,20 - 0,25 mm). Les courbes granulométriques jointes montrent que la dimension des grains de quartz varie entre 0 et 0,5 mm avec, en moyenne, moins de 10 % de fines (inférieures à 80 µm). Les quelques valeurs au bleu (VBS) trouvées varient entre 0,3 et 1,4.

N° d' ordre	Prélèvement	% fines	Md	Hq	Asq	VBS	N.U.	E.L.	R.M.
13	Pied de talus		0,35	+1,25	- 0,25				
13	Sommet de talus		0,31	+1,15	- 0,45		16 %	36 %	48 %
13	Talus en face		0,27	+1,05	+0,10				
14	Entre 2,6 et 4,6 m		0,23	+1,05	0,00		12 %	29 %	59 %
14	Plancher carrière		0,18	+0,87	- 0,05				
15	Entre 0,8 et 2,3 m		0,20	+0,67	+0,02				
16	Entre 1,1 et 1,4 m		0,20	+0,72	- 0,02				
16	Entre 1,4 et 1,9 m		0,25	+0,97	+0,22				
16	Entre 1,9 et 3,4 m		0,20	+0,72	- 0,02				
17	Entre 0 et 1 m		0,22	+0,80	0,00				
17	Entre 1 et 4 m		0,23	+0,85	+0,05				
17	Entre 4 et 6 m		0,25	+1,07	+0,32				
17	Entre 6 et 8 m		0,20	+0,77	+0,02				
18	Entre 0 et 1 m		0,20	+0,72	- 0,02				
Notice	Carte Gournay		0,2 à 0,4						

Carrière A	Sommerly	8 à 10 %				1			
Carrière B	Roncherolles	2,3 à 13,9 %				0,3 à 1,4			

Tab. 4 : Récapitulatif des données sur la qualité des sables verts de l'Albien inférieur du
Pays de Bray

Ces sables sont soit bien classés (9 prélèvements sur 14), soit médiocrement classés (5 prélèvements sur 14). La distribution est le plus souvent symétrique (Asq de l'ordre de 0), la fraction fine étant prépondérante dans deux prélèvements, provenant du même site (Asq négatif), alors que la fraction grossière l'est dans trois prélèvements (Asq positif).

2.6 UTILISATIONS ANCIENNES ET ACTUELLES DE CES SABLES.

Au cours de ces recherches nous avons répertorié toutes les indications relatives aux anciennes et actuelles utilisations des sables verts de l'Albien inférieur du Pays de Bray.

La notice de la carte géologique au 1/50 000 Gournay précise que ces sables "ont été exploités pour la maçonnerie (matières et enduits) et les remblais routiers".

D'après la norme NF11-300, ces sables sont classés généralement en catégorie D1 (sables alluvionnaires propres, sables de dune avec $VBS < 0,1$) ou B1 (sables silteux avec $0,1 \leq VBS \leq 0,2$) et parfois en catégorie B2 (sables argileux avec $VBS > 0,2$).

Selon la valeur au bleu (VBS), la norme NF P 98-113 distingue :

Les sables propres	PR1	$VBS \leq 0,2$
Les sables légèrement argileux	PR2	$0,2 < VBS \leq 0,4$
Les sables moyennement argileux	PR3	$0,4 < VBS \leq 1$
Les sables très argileux	PR4	$VBS > 1$

Tab. : 5 Classification des sables selon leur valeur au bleu (VBS)

Norme NF P 98-113

Les possibilités et conditions d'emploi qui suivent nous ont été communiquées lors de nos recherches :

- utilisation en remblai

Les sables verts pourront constituer de très bons matériaux de remblai, surtout ceux classés en B1 (limoneux). Trop propres (classe D1), les sables sont sans cohésion et perméables et peuvent poser des problèmes de traficabilité. A l'inverse, s'ils sont très limoneux (classe B2), ils deviennent sensibles aux conditions météorologiques et devront être traités sur place avant leur mise en œuvre ;

- utilisation en couche de forme

Pour cette utilisation, on ne retiendra que les sables pour lesquels $VBS < 1$. Dans le cas où la finesse, l'uniformité des grains et l'état hydrique moyen poseraient des problèmes, ceux-ci seraient résolus par un traitement avec un liant hydraulique (sur place ou en centrale) ;

- utilisation en assises de chaussée

Les sables fins propres (PR1) et les sables fins légèrement argileux (PR2 avec $0,2 < VBS \leq 0,4$) pourront être utilisés en assises de chaussée après un traitement avec un liant hydraulique de préférence en centrale de malaxage (dosage plus aisé). Actuellement, on arrive même à doser correctement des sables PR3 avec $VBS < 1$.

L'entreprise Lhotellier a réalisé la plate-forme de ses ateliers de Blangy-sur-Bresle par cette technique, en mettant en œuvre deux formulations ayant donné toutes satisfactions.

Première formulation :

- 56 % de sable albien ;
- 28 % de 0/2 calcaire f18 (correcteur) ;
- 15 % de laitier prébroyé (8,5 % de fines) ;
- 1 % d'activant sulfatique.

Le produit obtenu est un sable traité de classe S2 (vérifié par carottage sur chantier) ;

Seconde formulation :

- 61 % de sable albien ;
- 25 % de 0/6 calcaire f20 (correcteur) ;
- 13 % de laitier prébroyé (10 % de fines) ;
- 1 % d'activant sulfatique (+ défloculant).

Le produit obtenu est un sable traité de classe S2 (bas de la classe S2 vérifié par carottage sur chantier)

- utilisation en terre armée

Les sables verts ont été utilisés avec succès dans la technique de la terre armée au niveau d'un tunnel à Rouen.

2.7 DONNEES HYDROGEOLOGIQUES.

Les sables albiens ne pourront être exploités qu'à sec, compte-tenu de leur granulométrie et du surcoût important qu'entraînerait une exploitation en nappe. Aussi la connaissance de la

profondeur de la nappe est une donnée fondamentale à prendre en compte lors de l'étude de faisabilité en vue d'une ouverture de carrière.

Le tableau 6 recense les informations, recueillies lors de nos recherches dans la banque des données du sous-sol du BRGM et relatives à la nappe des sables albiens. Il appelle les remarques suivantes :

- les ouvrages ayant un numéro d'ordre égal ou supérieur à 29 correspondent à des sondages non retenus précédemment, car n'apportant aucune donnée relative à la géologie des terrains rencontrés ;
- la nappe des sables albiens repose sur les argiles barrémiennes qui en constituent le mur imperméable ;
- la nappe des sables albiens est, le plus souvent peu profonde et de ce fait très sensible aux conditions climatiques locales. Aussi toute information relative à la profondeur de la nappe devra être associée à la date de la mesure et toute extrapolation sera dangereuse. Un exemple en est donné au niveau de l'ouvrage numéro 36, où en l'espace de 5,5 mois (du 01/05/1970 au 14/10/1970) la profondeur de l'eau par rapport au sol est passée de 3,91 m à 1,96 m.

Nous avons précédemment défini trois zones pour lesquelles nous avons estimé la puissance des sables verts sensiblement homogène : une zone nord-ouest (puissance = 10 m), une zone centre (puissance = 15 m) et une zone sud-est (puissance = 30 m).

Si au niveau de ces zones nous prenons en compte la profondeur de la nappe d'eau souterraine par rapport au sol, les remarques suivantes peuvent être faites :

N° d'ordre	Indice BSS	Commune	X	Y	Z	Profondeur	Date mesure	Cote nappe NGF	OBSERVATIONS
6	00774X0044/P	BULLY	534,68	218,68	133	264	10/10/1967	130,36	
7	00774X0045/P	BULLY	534,48	219,4	143	192	09/05/1972	141,73	
8	00774X0046/P	BULLY	534,24	220,34	124	122	05/05/1972	122,8	
9	00781X0058/P	RONCHEROLLES	538,83	213,36	157	2489	08/04/1964	132,11	
10	00781X0061/P	SOMMERY	536,25	215,19	137	66	29/09/1967	128,7	
11	00781X0062/P	SOMMERY	535,59	216,02	158	66	29/09/1967	154,86	
12	00781X0063/P	SOMMERY	536,28	215,06	140	66	29/09/1967	133	
29	00781X0079/P	RONCHEROLLES	540,7	210,95	124	155	18/09/1973	122,45	
30	00781X0080/P	RONCHEROLLES	539,32	212,6	134	23	18/09/1973	131,7	
31	00786X0064/P	BREMONTIER Merval	547,43	202,44	123	372	14/05/1970	119,28	
32	00786X0070/P	BREMONTIER Merval	547,83	201,79	127	1074	14/05/1970	116,26	
33	00786X0074/P	LA FERTE SAINT SAMSON	541,59	207,45	129	485	06/09/1973	124,15	
34	00786X0075/P	LA FERTE SAINT SAMSON	542,4	208,31	128	263	06/09/1973	125,37	
35	00786X0077/P	ARGUEIL	543,24	206,69	133	68	12/09/1973	126,2	
36	00787X0165/P	BREMONTIER Merval	548,26	202,03	118	391	01/05/1970	114,09	1,96 le 14/10/70
37	00787X0169/P	ELBEUF EN BRAY	549,77	200,71	117	257	13/05/1970	114,43	
38	00787X0170/P	ELBEUF EN BRAY	549,91	200,53	117	257	13/05/1970	112,85	
39	00787X0171/P	ELBEUF EN BRAY	550,24	200,23	108	336	13/05/1970	106,65	
40	01013X0026/P	AVESNES	552,55	197,69	132	2132	11/05/1970	110,48	
41	01013X0027/P	AVESNES	553,2	197,1	127	170	11/05/1970	109,93	
42	01013X0028/P	AVESNES	553,5	196,8	125	1616	11/05/1970	108,87	

43	01013X0032/P	AVESNES	551,65	198,2	126		05/05/1970	111,28	
44	01013X0036/P	AVESNES	552,45	197,18	158		11/05/1970	155,32	
45	01013X0043/P	ELBEUF EN BRAY	549,8	199,66	120		13/05/1970	119,2	
46	01013X0044/P	ELBEUF EN BRAY	549,95	199,85	124		13/05/1970	116,05	
47	01014X0030/P	ERNEMONT LA VILLETTE	556,25	194,63	95		19/05/1970	90,45	
48	01014X0031/P	ERNEMONT LA VILLETTE	555,55	195,13	106		19/05/1970	98,5	

Tab. 6 : Liste des principaux ouvrages renseignant sur la profondeur de la nappe des sables de l'Albien.

- zone nord-ouest

La profondeur de la nappe des sables albiens varie de 1,2 m à 24,89 m. Cette dernière valeur a été mesurée, au niveau de l'ouvrage 9, elle date de 1964, alors que les autres données concernent les années 1967 à 1973. Sans qu'il soit possible d'en tirer des conclusions, compte tenu du nombre réduit de données, on peut noter un approfondissement de la nappe par rapport au sol vers le centre de cette zone, sans relation directe avec l'altimétrie.

Pour cette zone nord-ouest, sans prendre en compte l'ouvrage 9 (pas trop différent de tous les autres), nous retiendrons comme puissance moyenne des sables hors d'eau 3,0 m.

- zone centre

Les points renseignés sont peu nombreux (6), la profondeur de la nappe variant de 2,63 m (au nord) à 10,74 m (au sud). Pour cette zone centre, nous retiendrons comme puissance moyenne des sables hors d'eau 5 m.

- zone sud-est

Dans cette zone les points renseignés sont au nombre de 12, la profondeur de la nappe variant fortement de 0,80 m à 21,52 m (toutes les mesures datant de mai 1970), sans relation avec l'altitude, la profondeur maximum ne correspondant pas au point le plus haut. La définition d'une épaisseur moyenne est de ce fait très délicate et certainement peu représentative. Toutefois, et afin de pouvoir estimer un volume hors d'eau, nous retiendrons comme puissance moyenne des sables hors d'eau 8,50 m.

Les résultats sont données dans le tableau ci-dessous :

Zone	Superficie km ²	Epaisseur moyenne (m)	Volume géologique théorique (m ³)	Epaisseur moyenne hors d'eau (m)	Réserves géologiques hors d'eau (m ³)
Sud-est	6,37	30	1,911.10 ⁸	8,5	54,15.10 ⁶
Centrale	7,18	15	1,078.10 ⁸	5,0	35,90.10 ⁶
Nord-ouest	7,35	10	0,735.10 ⁸	3,0	22,05.10 ⁶
Total	20,90	-	3,724.10 ⁸	-	112.10.10 ⁶

Tab. 7 : Estimation des réserves géologiquement disponibles hors d'eau.

Ces réserves hors d'eau sont, compte tenu des dangers liés à l'extrapolation des données hydrogéologiques, le tiers des réserves géologiquement disponibles.

Comme précédemment, ces réserves ne peuvent en aucun cas être assimilées à des réserves exploitables. En effet, certaines sont situées à l'aplomb de contraintes interdisant toutes exploitations : agglomérations, routes, rivières... Dans d'autres secteurs, ces zones seront gelées par des contraintes d'environnement : périmètres de protection, ZNIEFF,... pouvant s'opposer totalement ou partiellement à toute ouverture de carrière.

3. Les granulats marins entre Dieppe et Le Tréport

3.1 DONNEES CARTOGRAPHIQUES DISPONIBLES

3.1.1 Cartes bathymétriques

Pas moins de cinq cartes bathymétriques, établies à différentes échelles et parues pour ce qui concerne leur dernière édition depuis une dizaine d'années, englobent la zone d'étude. Le **tableau 1** en donne la liste.

Tableau 1 - Cartes bathymétriques concernant la zone comprise entre Dieppe et Le Tréport

N°	ANNEE	ECHELLE	TITRE
6824	1989	1/150 000	
6794	1988	1/45 000	
7083	1988	1/45 000	
7207	1991	1/12 500	Le Tréport
7315	1994	1/12 500	Dieppe

Pour conserver l'homogénéité avec les travaux entrepris en baie de Seine, nous avons retenu la carte N°6824 à l'échelle du 1/150 000 : celle-ci fournit les bathymétries dont nous avons besoin, ainsi que quelques informations administratives connexes.

3.1.2 Cartes sédimentologiques

Deux références de cartes sédimentologiques récentes, dont l'échelle n'est pas toujours précisée, se rapportent au secteur Dieppe - Le Tréport. La carte morpho-sédimentaire établie par l'Ifremer ne porte que sur le très proche côtier. Nous n'avons pu consulter la deuxième carte établie par l'Epsom. Ces références sont indiquées dans le **tableau 2**.

Tableau 2 - Cartes sédimentologiques concernant la zone comprise entre Dieppe et Le Tréport

ANNEE	ECHELLE	TITRE
1996	1/20 000 à 49°04'N	Carte morpho-sédimentaire du domaine marin côtier entre Dieppe et Le Tréport (Seine-Maritime) Source : Ifremer, carte pliée sous pochette vendue 185F
1994	non précisé	Cartographie des données sédimentologiques acquises au large du Tréport Source : Epsom/CH/GG

3.1.3 Cartes géologiques et sédimentologiques à l'échelle du 1/50 000

Dans le cadre de ses travaux de cartographie géologique et sédimentologique à l'échelle régulière du 1/50 000, le BRGM a édité quatre cartes qui concernent la région d'étude. Seules deux d'entre elles - Saint-Valéry-en-Caux et Dieppe-Est - présentent des informations tant dans le domaine littoral que marin. Le **tableau 3** fournit la liste des cartes disponibles.

Tableau 3 - Cartes géologiques à 1/50 000 concernant la zone comprise entre Dieppe et Le Tréport

N°	ANNEE	TITRE	Disponible	Couverture Marine
32		Saint-Valéry-en-Caux	Oui	
42		Dieppe Ouest	Oui	Nulle
43		Dieppe Est	Oui	
57		Fécamp	Oui	Nulle

La **carte géologique N°31-32 (Saint-Valéry-en-Caux-Eu)** couvre une zone littorale marine située entre Le Tréport au sud-ouest et Cayeux-sur-Mer au nord-est. La zone marine est limitée par le méridien 1°18'43". La carte est délimitée par les coordonnées suivantes :

COORDONNEE	X	Y
A	50°2'27"N	1°18'43"E
B	50°13'15"N	1°18'43"E
C	50°13'15"N	1°47'52"E
D	50°2'27"N	1°47'52"E

La plus grande surface du domaine marin couvert par la feuille est occupée par la craie sénonienne : celle-ci est encadrée au sud-ouest par le Turonien affleurant dans l'axe de l'anticlinal du Tréport et au nord-ouest par les premiers terrains tertiaires du bassin paléogène de la Manche orientale.

La carte des sédiments superficiels met en évidence les rôles combinés de la marée et de la houle dans leur mise en place. Les houles dominantes, de secteur ouest, provoquent une dérive littorale vers le nord-ouest : le cordon littoral de galets ou "poulier du Hourdel" en est une bonne illustration : il est le résultat de l'accumulation sur les sables d'estran des galets de silex issus de l'érosion de la falaise normande.

Les sédiments fins pré-littoraux (notés SL1e et VL2a) portent eux aussi le témoignage d'une action indirecte de la houle. Ces sédiments sont observables vers -5m de profondeur entre Le Tréport et Cayeux. Les courants de marée sont en gros alternatifs et parallèles à la direction générale du rivage. Leur flot entraîne l'eau vers le Pas-de-Calais tandis que le jusant la ramène, mais pas en totalité, si bien qu'une légère circulation résiduelle vers le Nord-Est subsiste. Les sables entraînés forment des bancs linéaires appuyés en épis NE-SW contre le littoral ou parallèles à celui-ci plus au large.

La **carte géologique N°42 (Dieppe Ouest)** couvre une zone littorale comprise entre Cayeux-sur-Mer au sud-ouest et Dieppe au nord-est.

La carte est délimitée par les coordonnées suivantes :

COORDONNEE	X	Y
A	49°51'36"N	0°43'2"E
B	50°2'24"N	0°43'2"E
C	50°2'24"N	1°4'38"E
D	49°51'36"N	1°4'38"E

Aucune indication sur la nature des sédiments marins n'est fournie.

La **carte géologique N°43 (Dieppe Est)** couvre une faible zone littorale comprise entre Dieppe au sud-ouest et Criel-Plage au nord-est.

La carte est délimitée par les coordonnées suivantes :

COORDONNEE	X	Y
A	49°51'36"N	1°4'38"E
B	50°2'24"N	1°4'38"E
C	50°2'24"N	1°26'14"E
D	49°51'36"N	1°26'14"E

La structure sous-marine est simple : en effet, l'anticlinal de Berneval fait largement affleurer les formations du Turonien encadrées par celles du Sénonien à la faveur du petit synclinal de Criel à l'est et du synclinal de la Scie à l'ouest.

Les sédiments meubles rencontrés sont soit :

* des **sédiments terrigènes** représentés par :

- des **cailloutis** renfermant plus de 50 % de galets (éléments de taille supérieure à 20 mm) : ils sont essentiellement constitués de silex dont le façonnement est généralement proche de celui des galets littoraux ;

- des **graviers caillouteux** où la fraction graveleuse (2 à 20 mm) domine et contenant plus de 15 % de galets. Les sédiments caillouteux sont largement représentés au nord de Bracquemont : ils ont une origine résiduelle ;

- les **sables graveleux siliceux** où la fraction sableuse (2 mm à 50 µm) constitue plus de 50 % du sédiment et où les galets représentent moins de 15 % ;

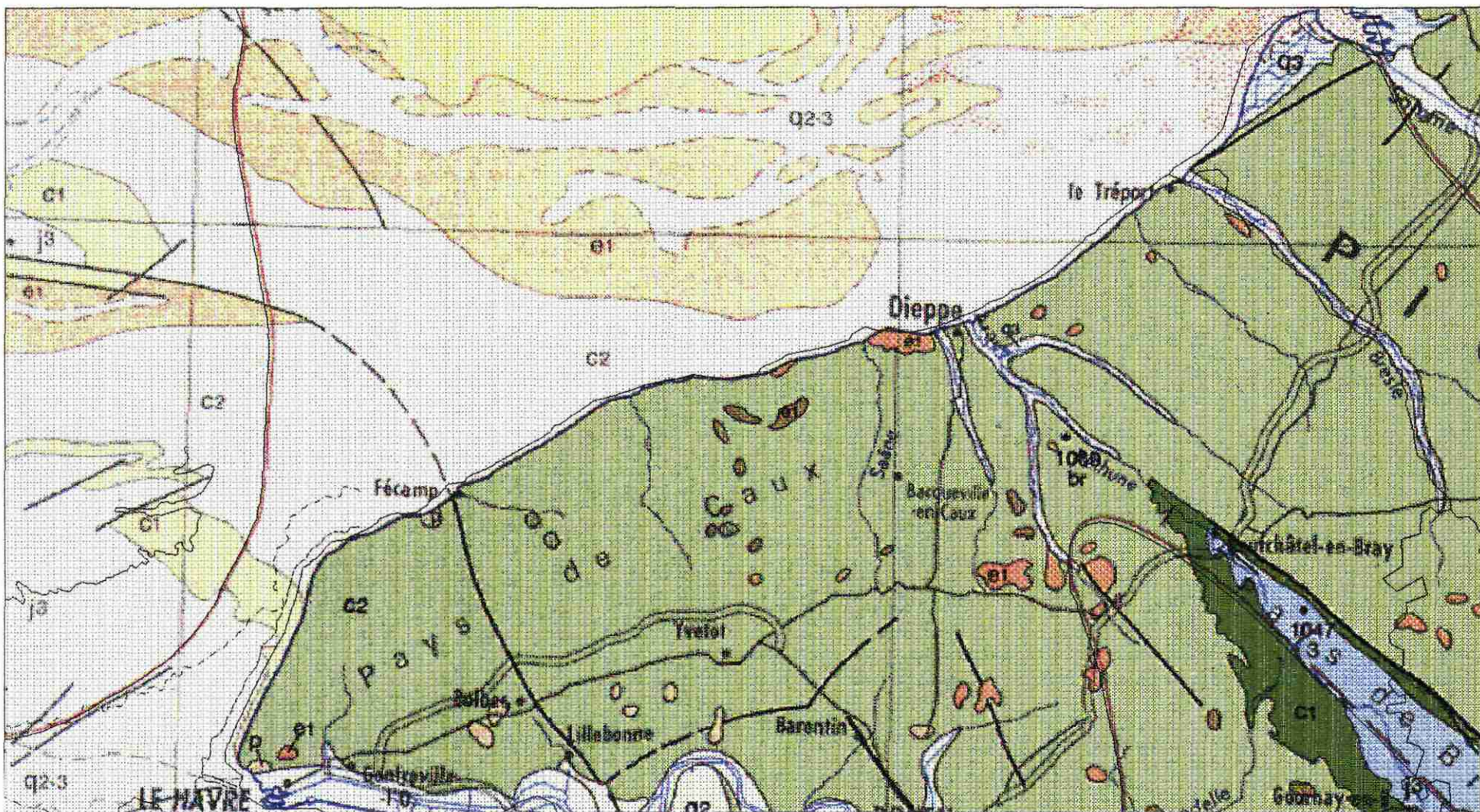
- les **sables siliceux** renfermant moins de 15 % de particules supérieures à 2 mm.

* des **sédiments organogènes** : ils ne sont représentés sur la feuille que par les sables graveleux coquilliers contenant de 15 à 50 % de particules de la taille des graviers et des galets.

Secteur au large de Dieppe et du Tréport : cadre géologique

(D'après carte géologique au 1/1 000 000, 6ème édition, 1996)

- q2-3 : formations quaternaires
- e1 : formations d'âge Eocène inférieur - Paléocène
- c2 : formations d'âge Crétacé supérieur



Carte 1 - Carte géologique de la France à l'échelle du 1/1 000 000 au droit de Dieppe et Le Tréport (Source : BRGM, 1996)

La distribution des sables et des sables graveleux est contrôlée par les courants de marée dont le rôle est ici bien illustré par l'enrichissement du sédiment en sables puis en sables fins lorsque l'on va de l'ouest vers l'est. L'épaisseur des sédiments meubles est de l'ordre de 0,5 à quelques mètres. Ils constituent un recouvrement semble-t-il continu car l'échantillonnage au carottier à gravité (pénétration de 0,3 à 0,5 m) est vierge de toute craie sous-jacent, sauf en quelques rares cas. Des accumulations plus épaisses ont été localement mises en évidence au niveau des bancs et des ridens par des méthodes indirectes (sismique réflexion légère) : leur épaisseur demeure toutefois inférieure à la limite de définition de la méthode utilisée, soit 3 à 5 m au niveau de l'interface eau-sédiment.

La **carte géologique N°57 (Fécamp)** couvre une zone littorale comprise entre Fécamp au sud-ouest et Saint-Valéry-en-Caux au nord-est.

La carte est délimitée par les coordonnées suivantes :

COORDONNEE	X	Y
A	49°40'48"N	0°21'26"E
B	49°51'36"N	0°21'26"E
C	49°51'36"N	0°43'2"E
D	49°40'48"N	0°43'2"E

Aucune indication sur la nature des sédiments marins n'est fournie.

3.1.4 Cartes géologiques et sédimentologiques à de plus petites échelles

Quatre cartes, dont trois publiées il y a plus de quinze ans, sont aptes à fournir des informations très synthétiques sur la géologie et la sédimentologie des formations situées au large des secteurs dieppois et tréportais.

Nous n'avons retenu que la plus récente, bien qu'éditée à une échelle très petite, pour représenter les formations géologiques rencontrées d'âge Quaternaire, Eocène, Crétacé et Jurassique). Le tableau 4 en donne la liste et la **carte 1** en fournit le détail.

Tableau 4 - Cartes géologiques et sédimentologiques à petites échelles concernant la zone comprise entre Dieppe et Le Tréport

N°	ANNEE	TITRE	Disponible	Echelle
	1996	Carte géologique de la France (6ème édition)	Oui	1/1 000 000
	1979	Sédiments meubles superficiels de la Manche	Oui	1/500 000
	1983	Paléovallées des bancs sableux de la Manche	Oui	1/500 000
	1974	Géologie de la Manche	Oui	1/1 000 000

3.2. RAPPORTS ET ETUDES TECHNIQUES SE RAPPORTANT EN TOUT OU PARTIE A LA ZONE COMPRISE ENTRE DIEPPE ET LE TREPOT

Plusieurs rapports et études traitent à des degrés divers de la ressource minérale dans la zone d'étude. Huit d'entre eux ont été répertoriés dans le **tableau 5** ci-dessous.

Tableau 5 - Etudes et rapports techniques traitant des matériaux marins au large de Dieppe et du Tréport

ANNEE	TITRE
1992	Trafic 1991 des ports français Le Marin, Hors Série, avril 1992
1985 (juin)	Bellessort B. Projet d'extension du port de Dieppe : étude sédimentologique. Rapport général LCHF
1985 (juin)	Dumas A. G.I.E. Graves de Mer. Recherche de graves au large de Dieppe. Campagne de prélèvements à l'aide de l'électro-carottier BRGM 85 SGN 425 MAR
1985 (avril)	Lallier S. G.I.E. Graves de Mer. Recherche de graves au large de Dieppe. Prospection par sismique réflexion continue BRGM 85 SGN 424 MAR
1980 (septembre)	Lallier S., Moal A. Recherche de granulats marins au large du Tréport. Etude par sismique réflexion continue BRGM (pour Entreprise Tréportaise de Concassage)
1978	Collectif Etude économique du marché des granulats marins du littoral de Haute-Normandie et de la baie de Seine Rapport Taxe ParaFiscale sur les Granulats N°016.076.004, 34p, 2pl
1969 (février)	Marché côtier des agrégats marins. 1ère partie : de Dunkerque à Granville SEMA (pour SFEDTP)
	Cnexo Atlas de la Manche. Connaissance et exploitation des matières minérales et fossiles

Quatre rapports traitent de la recherche de matériaux marins au large de Dieppe ou du Tréport, soit par méthode géophysique, soit par sondages.

3.2.1. Campagne de prélèvement à l'électro-carottier au large de Dieppe (1985)

La campagne de prélèvements réalisée en 1985 à l'aide de l'électro-carottier du BRGM a fourni dix carottes d'inégal intérêt en raison de problèmes techniques rencontrés : seules 50 % d'entre elles ont permis la récupération d'échantillons supérieurs à 40 cm. Le **tableau 6** donne le détail de la position des échantillons, du diamètre du carottier, de la pénétration et de la récupération.

Tableau 6 - Carottes réalisées à l'aide de l'électro-carottier au large de Dieppe (1985)

N° Sondage	Diamètre Carottier	Profondeur	LAT	LONG	Pénétration	Récupération	R/P
DP 1	110	18,85	49°59'45	1°03'59	-	0,10	
DP 2	110	18,10	49°59'30	1°03'61	0,20	0,10	
DP 3	110	15,20	49°59'40	1°03'35	1,70	0,20	
DP 4	110	12,40	49°59'38	1°03'40	2,20	0,30	
DP 5	110	9,00	49°59'38	1°03'40	2,00	1,52	69
DP 6	110	14,85	49°59'32	1°04'40	2,00	0,65	33
DP 7	110	12,25	49°59'41	1°05'50	2,00	0,60	30
DP 8	200	16,80	49°59'41	1°05'30	0,60	0,05	
DP 9	200	13,00	49°59'40	1°03'37	1,00	0,45	45
DP 10	200	21,70	49°59'78	1°04'45	1,20	0,60	50

Le **tableau 7** fournit un descriptif sédimentologique des échantillons rencontrés au large de Dieppe.

Tableau 7 - Description sommaire des sondages réalisés au large de Dieppe avec l'électro-carottier BRGM

N° Sondage	Diamètre Carottier	Profondeur	Pénétration	Récupération	Description sédimentologique
DP 1	110	18,85	-	0,10	Sédiment très hétérogène Cailloutis, graviers, petits galets de calcaire et de silice, coquilles en débris
DP 2	110	18,10	0,20	0,10	Sédiment très hétérogène Graviers quartzeux, cailloutis, galets siliceux, coquilles en débris "vu couteau", traces de craie sur l'ogive
DP 3	110	15,20	1,70	0,20	Sédiment homogène Sable grossier coquillier gris clair

N° Sondage	Diamètre Carottier	Profondeur	Pénétration	Récupération	Description sédimentologique
DP 4	110	12,40	2,20	0,30	Très faible récupération Sable moyen à grossier coquillier crème homogène
DP 5	110	9,00	2,00	1,52	Sondage effectué sur un riden de sable Sable homogène crème grossier coquillier
DP 6	110	14,85	2,00	0,65	Sur 78 cm, sable moyen à grossier crème siliceux, quelques débris coquilliers, graviers : sédiment relativement homogène Sur 17 cm, à la base, mélange de sable très grossier, graviers, galets siliceux dont un de 10 cm, peu de débris coquilliers
DP 7	110	12,25	2,00	0,60	De 0 à 20 cm, sédiment très hétérogène Mélange de sable grossier, graviers, galets siliceux roulés De 20 à 47 cm, sable siliceux fin à moyen homogène ocre De 47 à 60 cm, sable siliceux fin à moyen homogène gris
DP 8	200	16,80	0,60	0,05	Quelques galets siliceux roulés de 2 à 3 cm de diamètre et un gros galet à cortex siliceux de 10 cm de diamètre
DP 9	200	13,00	1,00	0,45	Sédiment très hétérogène Mélange de sable grossier à moyen coquillier, cailloutis, graviers et petits galets siliceux, débris de coquilles
DP 10	200	21,70	1,20	0,60	De 0 à 40 cm, sable homogène grossier coquillier de couleur crème De 40 à 45 cm, graviers et quelques galets siliceux roulés

Les formations meubles rencontrées correspondent, au moins en surface à des sédiments moyens à grossiers, voire à des graviers.

D'autres données, relatives à des prélèvements superficiels, beaucoup plus anciennes que les précédentes renseignent également sur la zone d'étude. A ce niveau, il convient de prendre en compte quelques uns des dragages du "Pourquoi Pas ?" dont la liste figure dans le **tableau 8**.

3.2.2. Campagnes de dragages géologiques effectuées par le "Pourquoi Pas ?"

Tableau 8 - Liste des dragages géologiques effectués par le "Pourquoi Pas ?" dans le secteur Dieppe - Le Tréport

N°	Lat. N	Long E ou W
253	49°53'	0°20'W
254	49°52'	0°3'W
255	49°46'	0°2'E
404	50°24'	1°E
405	50°31'	1°15'E
411	50°30'	0°50'E
412	50°27'	0°37'E
413	50°11'	0°49'E
414	50°2'	1°2'E
415 (1/2 mille au nord de Dieppe)		
542	49°49'	0°5'E
543	50°18'	0°20'E

3.2.3. Descriptif des dragages effectués par le "Pourquoi Pas ?"

Dragage 253 : situé en Manche orientale, par 49°53'N et 0°20'W et par 48 mètres de profondeur. Ce dragage a rencontré du sable graveleux coquillier et de petites pierres. Les graviers sont arrondis, les coquilles entières et nombreuses (*Pectunculus*, *Cardium*, *Chlamys*). Les silex nombreux en graviers, ainsi que les roches primaires.

Dragage 254 : situé au large du Cap d'Antifer, par 49°52'N et 0°3'W et par 35 mètres de profondeur. Ce dragage a remonté peu de sédiments. Ceux-ci comprennent des sables graveleux et des pierres : les pierres sont de petite taille, les coquilles sont entières et peu nombreuses (*Pectunculus glycymeris*, *Buccinum undatum*). Les silex auréolés, attribués au Crétacé, sont par contre très nombreux.

Dragage 255 : situé au large d'Antifer, par 49°46'N et 0°2'E et par 27 mètres de profondeur. Deux coups de drague ont été effectués. Les éléments remontés correspondent à des pierres et à du sable coquillier. Les pierres sont très nombreuses, quelques unes très volumineuses : leur surface est recouverte de bios (bryozoaires arborescents). Une grande partie des nombreux silex présentent un centre noir. Des grès roussards, de la craie grise et glauconieuse, des roches paléozoïques et de petits galets de roches cristallines ont également été rencontrés. Les grès ferrugineux sont attribués au Crétacé inférieur et les blocs de pierres primaires au Quaternaire.

Dragage 404 : situé au sud-ouest du Vergoyer, par 50°24'N et 1°E et par 35 mètres de profondeur. La drague a été remontée complètement pleine d'éléments suivants : algues calcaires, balanes et pétoncle, pierres, graviers coquilliers, sable fin (les pierres sont petites et peu nombreuses, à surface généralement recouverte de bios). Une partie des graviers sont peut-être anciens. Les coquilles (*Nucula nucleus*, *Venus ovata*) sont entières, la glauconie est abondante ainsi que les piquants d'oursins. Les silex éclatés et patinés, datés du Quaternaire,

sont nombreux ainsi que le calcaire glauconieux et les nummulites (*N. laeviglus Lmk. A et B*, datées de l'Eocène).

Dragage 405 : situé au pied de la Bassure de Baas, par 50°31'N et 1°15'E et par 30 mètres de profondeur. La drague a remonté des hydrozoaires, des ophiures, des dentales, des pierres, graviers coquilliers et sable très fin (une partie des pierres et des graviers devait être enfouie sous le sable) et de la glauconie. Des silex éclatés et patinés (attribués au Quaternaire) nombreux, du calcaire, quelques fossiles roulés, quelques Nummulites (*N. laevigatus Lam. A et B*), de petits fragments de roches primaires ont également été rencontrés.

Dragage 411 : situé à l'ouest de la Bassurelle, par 50°30'N et 0°50'E et par 40 mètres de profondeur. Ce dragage a remonté du sable coquillier fin, des graviers peu abondants, beaucoup de coquilles, souvent entières (Pectunculus, Chlamys, Cardium, Osrea, Nucula nucleus) encroûtées par des tubes de serpules, des débris de test de balanes, de la glauconie et des foraminifères, ainsi que quelques Nummulites.

Dragage 412 : situé au milieu de la Manche orientale, par 50°27'N et 0°37'E et par 45 mètres de profondeur. Ce dragage a rencontré un bio peu abondant (Pectunculus, balanes), des graviers sableux coquilliers et des pierres : ces dernières sont encroûtées par des bryozoaires, des algues calcaires : beaucoup sont à l'état de galets. Les graviers peuvent être considérés, en partie, comme anciens. Les Nummulites sont peu nombreuses, ainsi que les silex et quelques roches primaires. Les galets sont considérés du Quaternaire.

Dragage 413 : situé près de la Queue de la Bassure, par 50°11'N et 0°49'E et par 37 mètres de profondeur. Ce dragage a remonté des serpules, des Pectunculus, du sable graveleux coquillier, des pierres (peu nombreuses et à surface généralement couvertes de tubes de serpules), des graviers encroûtés par des bryozoaires et des algues calcaires (une partie des graviers sont peut-être anciens), de la glauconie et du maërl en abondance, des coquilles entières (pectunculus, Chlamys, Emarginula, *Venus ovata*), des foraminifères et quelques spicules d'éponges. Les Nummulites (considérées de l'Eocène) sont nombreuses (*N. laevigatus Lamk. A et B*), les silex auréolés (considérés du Crétacé) sont abondants et les roches primaires rares.

Dragage 414 : situé au large de Dieppe, par 50°2'N et 1°2'E et par 20 mètres de profondeur. Ce dragage a remonté des graviers sableux et des pierres, de la glauconie en abondance ainsi que des coquilles entières nombreuses (pectunculus, Dosinia, Tapes), maërl abondant et foraminifères. Les silex et graviers de roches primaires sont rares. *Les sédiments actuels seraient épais.*

DONNEES DRAGAGES ET CAROTTAGES AU LARGE DE LA SEINE MARITIME

Campagnes océanographiques issues de BGM

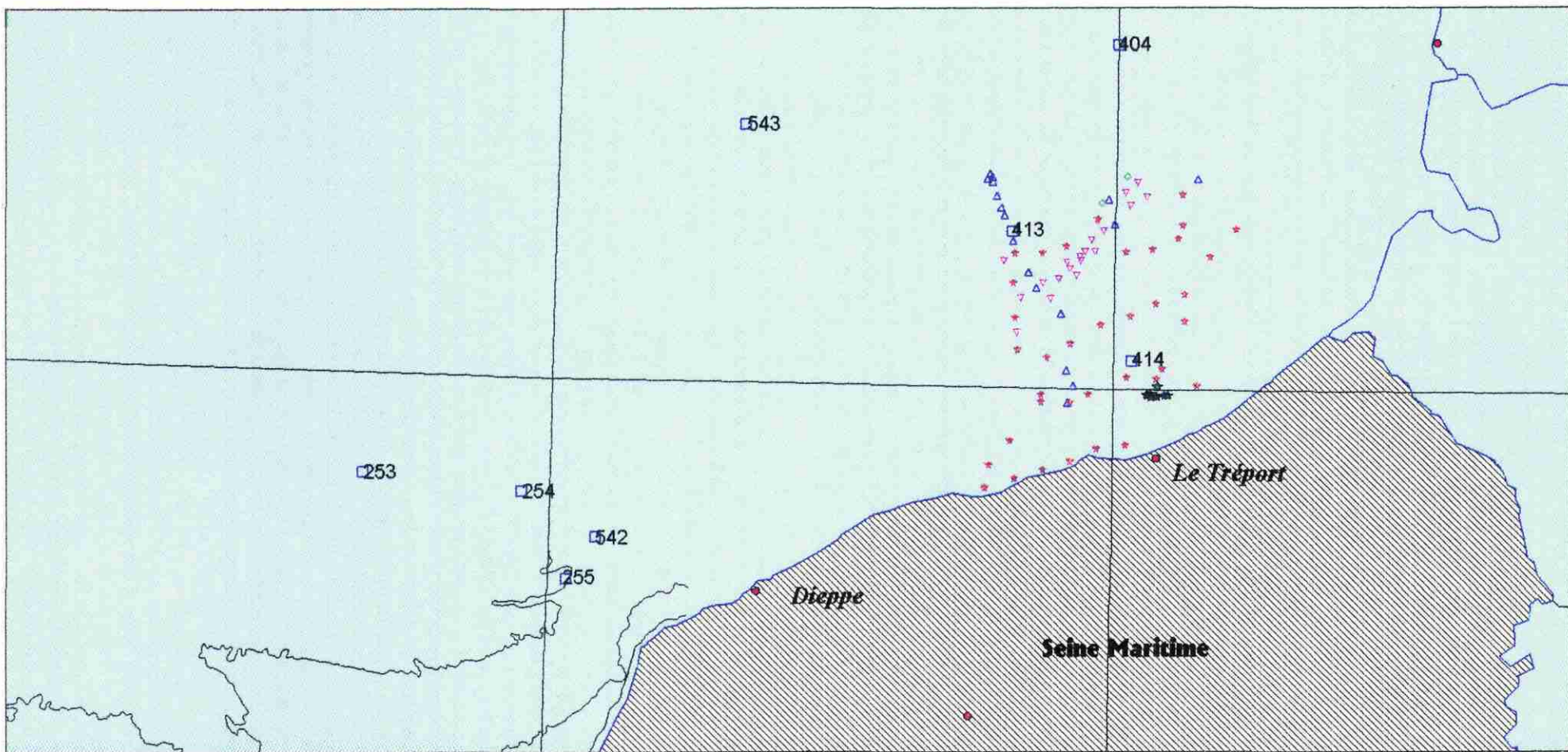
- ★ BENTHOS MANCHE 06-74
- BENTHOS MANCHE 09-74
- △ MANCHE EST
- ▽ MANCHE EST JOHN C HILL

Dragages "Dangeard" effectués avec le "Pourquoi Pas?"

- Dragages "Dangeard"

Carottages au large de Dieppe - Le Tréport

- ★ Vibrocarottage



Carte 2 - Localisation des dragages et des carottages disponibles au large de Dieppe et du Tréport

Dragage 415 : situé à 1/2 mille au nord de Dieppe et par 15 mètres de profondeur. Ce dragage a rencontré du sable coquillier et des galets (parfois entièrement couverts d'algues calcaires, de débris de balanes, de tubes de serpules), de la glauconie en abondance, des coquilles entières (*Nucula nucleus*, *Ostrea*), des foraminifères et des silex en galets.

Dragage 542 : situé au large de Fécamp, par 49°49'N et 0°5'E et par 36 mètres de profondeur. Ce dragage a rencontré des pierres et des graviers coquilliers : les pierres devaient être enfouies au milieu des graviers, de la galuconie, des coquilles entières nombreuses (*Pectunculus glycymeris*, *Tapes*, *Chlamys*), des silex auréolés (datés du Crétacé) très nombreux, de rares silex arrondis et quelques roches aberrantes.

Dragage 543 : situé dans la partie axiale de la Manche, par 50°18'N et 0°20'E et par 46 mètres de profondeur. Ce dragage a permis de remonter, outre des bios (*Flustra*, *Pectunculus*, *Tapes*), des pierres, des graviers coquilliers, de la glauconie et de nombreuses Nummulites (*N. laevigatus Lamk. A et B*) d'âge Eocène, du calcaire glauconieux en plaquettes également d'âge Eocène, de nombreux et volumineux silex.

La carte 2 situe les 12 dragages pris en compte.

3.2.4. Données fournies par l'Atlas de la Manche

L'Atlas de la Manche, édité par le Cnexo, contient des données cartographiques relativement anciennes relatives à la ressource et à l'exploitation des matières minérales et fossiles dans le secteur Dieppe - Le Tréport.

Une liste de données présentant un intérêt pour l'étude dans la mesure où elles étendent la connaissance, toujours partielle, bien au-delà des secteurs précédemment reconnus par sismique et électro-carottages, en particulier au large de Dieppe et dans une moindre mesure du Tréport a été établie sous la forme de huit rubriques.

1. Carte des profils sismiques, dragages, carottages - Térébel (1969), Petite Marie Françoise (1969), Petite Marie Françoise (1970)
2. Carte des carottages, dragages (J.P. Auffret)
3. Carte du toit du substratum
4. Carte de la bathymétrie
5. Carte des sédiments meubles - ridens, paléovallées (remplissage sédimentaire inconnu).
Carottages dans des sédiments meubles : le numéro renvoie à la liste d'identification
45, 46, 49
50, 51, 52
62, 64, 65
85, 86
94
110, 119

124, 125, 128
131, 134, 138, 139
140, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149
150, 152, 153, 157, 158, 159
160, 161, 162, 164
171, 173, 174
180
367
370, 373, 374
382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389
460, 461, 462, 468, 469

6. Carte de la géologie du substratum

7. Carte des courants

8. Carte des zones interdites : zones minées ou dépôts d'explosifs, câbles sous-marins téléphoniques, mouillages interdits et parcs, zones périodiquement interdites, zones de tir, épaves ou mauvais fonds de pêche au chalut.

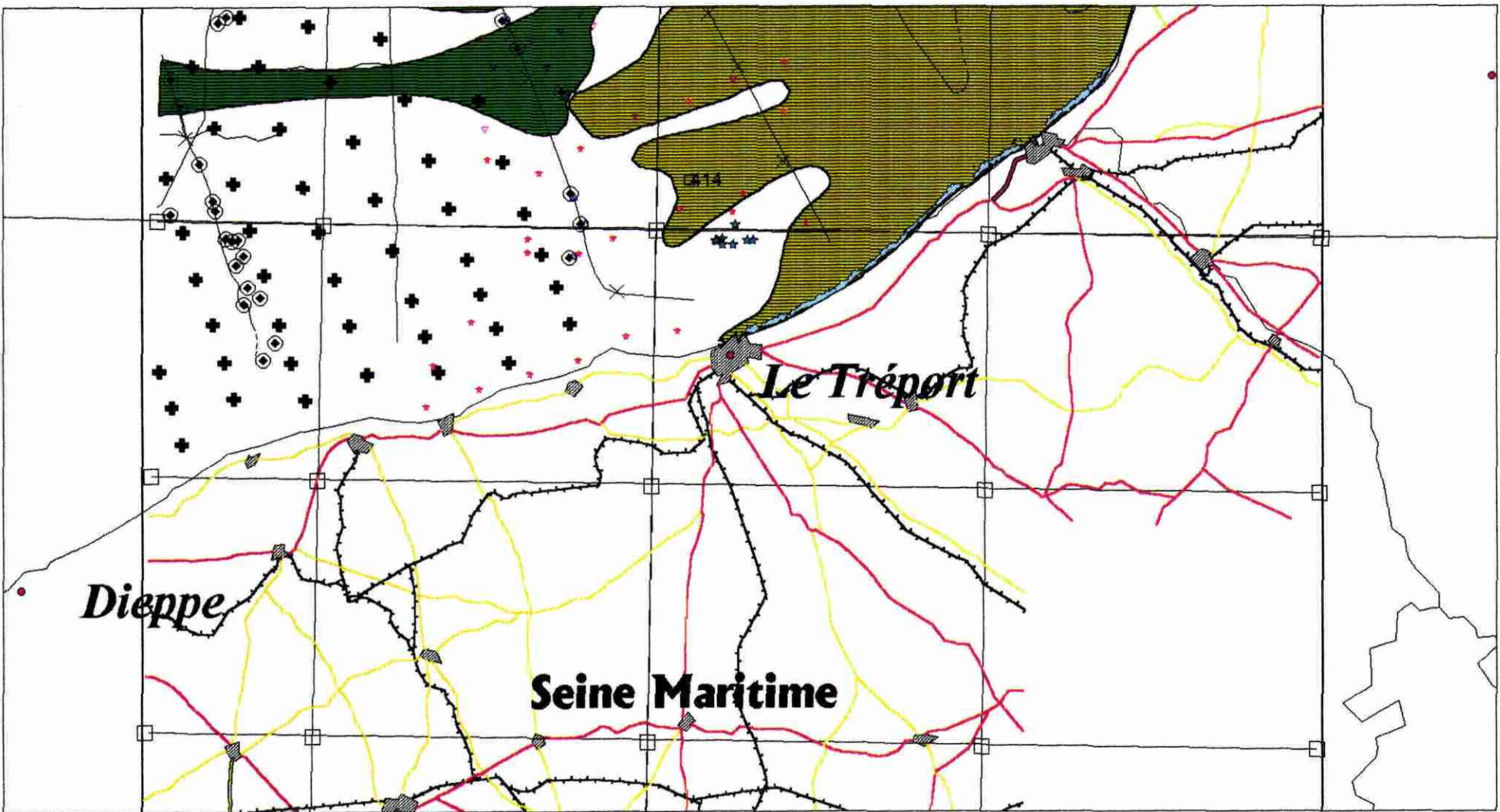
Nous avons pris en compte dans ce travail les éléments cités en 1, 2, 3 et 5. Ceux-ci apparaissent sur la **carte 3**.

Les informations synthétisées sur cette carte montrent la possibilité d'existence de ressources minérales potentielles sous forme de paléovallées ou de ridens tant plus au large des secteurs précédemment reconnus entre Dieppe et Le Tréport qu'au droit et au nord du Tréport. Ces zones mériteraient une reconnaissance plus détaillée.

GRANULATS MARINS AU LARGE DE LA SEINE MARITIME

Secteurs dont le potentiel est à examiner au large de Dieppe et du Tréport

- ★ BENTHOS MANCHE 06-74
- BENTHOS MANCHE 09-74
- △ MANCHE EST
- ▽ MANCHE EST JOHN C HILL



Carte 3 - Secteurs dont le potentiel sédimentologique est à examiner au large de Dieppe et du Tréport

3.2.5. Carte morpho-sédimentaire du domaine marin côtier entre Dieppe et Le Tréport (Seine-Maritime)

La carte morpho-sédimentaire, éditée en 1994 par l'Ifremer à l'échelle du 1/20 000 (49° 04' N).

Sa réalisation a conjugué les efforts de plusieurs entités : un établissement public (Edf), une association scientifique et technique (Estran), un organisme public à vocation industrielle et commerciale (Ifremer) et le concours de partenaires locaux (Conseil Général de la Seine-Maritime, Direction Départementale de l'Équipement -centre de Dieppe-, société Casema de Mont-Saint-Aignan et « GIE Gris Nez » de Fécamp).

L'originalité de cette carte, établie sur un fonds fourni par le Service Hydrographique de la Marine (carte 7083, édition 1988, échelle du 1/150 000), réside dans le fait qu'elle associe à la configuration morphologique des fonds marins (représentée sous forme de *courbes espacées de 1 mètre*) la nature morphologique (*ruban sableux, crête de vague de sable avec indication du flanc abrupt et de l'amplitude -en mètres-, mégarides de longueur comprise entre 2 et 3 mètres d'une part et 15 et 20 mètres d'autre part*) et la répartition sédimentologique des formations superficielles (*sable fin envasé, sable moyen, graviers et cailloutis, substratum rocheux et éboulis*).

La cartographie des fonds marins a été réalisée à l'aide des techniques suivantes :

- * sondeur bathymétrique,
- * sonar à balayage latéral de portée latérale (100 mètres),
- * préleveurs de sédiments (benne de type « Hamon ») permettant d'échantillonner une surface d'environ 25 dm².

Lors de deux missions océanographiques, effectuées à bord de la « Thalia » en avril 1988 et mai 1989, 125 profils représentant 630 km ont été effectués. Par ailleurs, 23 échantillons ont été récoltés : ils ont fait l'objet d'une analyse granulométrique par tamisage, comptage et détermination faunistique.

Afin de compléter jusqu'au niveau supérieur de l'estran les informations recueillies par le sonar latéral, l'usage de la photographie aérienne a été utilisé (photographies aériennes de l'Ign obtenues en 1977 et levé effectué par le Cnexo en 1978). La mission Cnexo, effectuée au moment d'une basse mer de vive-eau, donc dans des conditions optimales d'observation, montre la quasi-totalité de l'estran. La mission Ign n'offre une observation que sur une largeur de 60 à 100 mètres. Enfin, la très faible transparence des eaux a rendu difficile l'obtention d'informations sur les zones marines, même faiblement immergées.

Le littoral du pays de Caux au large duquel se situe la zone d'étude est caractérisé par la présence de hautes falaises crayeuses. Le document cartographique établi montre les prolongements vers le large de la craie littorale : celle-ci affleure principalement sur l'estran et au niveau des platiers et occupe environ 10 % de la zone reconnue.

Les sédiments grossiers couvrent 35 % de la zone d'étude : ils sont surtout visibles dans la portion occidentale de la carte et particulièrement au droit de Creil-sur-Mer.

Les sables, modelés principalement par les courants de marée en figures sédimentaires le plus souvent longitudinales constituent une couverture très discontinue aux abords de Dieppe et plus continue de Penly au Tréport.

La carte met en évidence une extension dominante des fonds sableux où ils occupent environ 55 % du secteur étudié. En dépit de cela, le stock sédimentaire disponible s'avère de peu d'importance : l'épaisseur de la couverture reste de l'ordre de 0,5 m. Cependant, quelques exceptions sont à signaler : vagues de sable de 1 m de hauteur au N.O. de Creil et ridins du Tréport -construction sableuse édifiée par les courants de marée- dont la hauteur peut atteindre 6 m.

Cette carte est bien ciblée sur la zone d'étude. Malheureusement, elle ne concerne qu'une très faible partie de la façade du département de la Seine-Maritime comprise entre Dieppe et le Tréport. De plus, *elle n'intéresse qu'une bande côtière large de 5 à 6 km.*

4. La craie

La craie constitue le soubassement de l'intégralité de la Haute-Normandie, à l'exception du pays de Bray. Les faciès de la craie sont cartographiés en grandes catégories lithostratigraphiques : craie marneuse, craie sableuse, craie dure, etc. Des indications sur la fracturation et le développement de la karstification seront prises en compte à l'échelle régionale. On s'attache également à situer la zone de craie non saturée (*au-dessus de la nappe d'eau*).

Les matériaux considérés sont essentiellement utilisables en couches de forme et remblai routier, mais leurs caractéristiques géotechniques ne permettent pas de les employer en substitution des granulats alluvionnaires, en particulier dans la fabrication des bétons et pour les couches de chaussée. Néanmoins certains matériaux alluvionnaires tout-venant sont aussi utilisés à l'état brut en remblai. La généralisation de leur remplacement par des limons et craies, extraits localement, devrait permettre de faire disparaître le gaspillage dû à cette utilisation abusive. La mise en évidence de gisements de proximité de limons et de craies, jointe à la réglementation du schéma, devrait permettre d'inciter efficacement les maîtres d'œuvre à ne plus recourir aux granulats alluvionnaires quand des matériaux nobles ne sont pas nécessaires.

4.1. IDENTIFICATION GEOLOGIQUE DE LA RESSOURCE

4.1.1. Généralités.

Les terrains crayeux – c'est-à-dire les formations du Crétacé supérieur – représentent le substratum de la quasi-totalité de la région Haute-Normandie. Ils couvrent tous les grands plateaux (du Nord au Sud) : Talou, Caux, Vexin normand, Neubourg, pays d'Ouche, Saint-André. Le Crétacé inférieur (sables, argiles) et le Jurassique sous-jacents (calcaires, sables, argiles) apparaissent au cœur du pays de Bray, à Villequier, à Rouen et Sotteville (rive gauche de la Seine), ainsi qu'à Cormeilles sur la Calonne.

La craie forme l'essentiel des quatre groupes de formations géologiques suivants :

- le Cénomaniens ;
- le Turonien ;
- le Sénonien (Coniacien-Santonien) ;
- le Campanien.

La craie a été ou est exploitée en Haute-Normandie pour cinq objectifs principaux :

- le **marnage** (amendement calcique) des terres agricoles, activité touchant l'intégralité du territoire haut-normand, soit par l'intermédiaire d'exploitations souterraines par puits et chambres (marnières), soit à ciel ouvert sur les versants ;
- la **fabrication de chaux**, susceptible d'être pratiquée à partir de toute craie débarrassée de ses silex ;
- la **production de pierres de taille**, possible dans quelques niveaux présentant des caractéristiques mécaniques satisfaisantes ;

- l'**utilisation dans l'industrie du fer**, en tant que fondant ou castine ; la paléoméallurgie du fer, répandue jusqu'au XVIIe siècle, était principalement active dans le pays de Bray et le pays d'Ouche ;
- le **remblaiement**, lorsque des stocks de craie sont disponibles à proximité des chantiers.

4.1.2. Le Cénomaniien.

4.1.2.1. Lithologie.

Le Cénomaniien est représenté par une craie à dominante glauconieuse, c'est-à-dire chargée en glauconie, un minéral argileux caractéristique des dépôts formés sur le talus continental dans certaines conditions géologiques. L'abondance de la glauconie est grande dans le secteur du Havre et de Lillebonne ainsi que sur le pourtour du Bray, à la base de la formation (**craie glauconieuse**). La craie renferme généralement des silex sauf dans le Talou et au Nord de Fécamp ; les silex sont toutefois moins fréquents dans la partie inférieure de la formation. Le faciès caractéristique est celui de la **craie de Rouen**, une craie sableuse, de couleur grise, ponctuée de grains de glauconie et alternant assez régulièrement avec des bancs de silex.

4.1.2.2. Affleurements.

La craie cénomaniienne affleure dans des secteurs d'extension toujours restreinte (sauf dans le Bray) :

- les vallées de l'Aulne, de l'Yères et de la Bresle ;
- la bordure sud du pays de Bray ;
- les falaises du Bec de Caux et la vallée de la Lézarde ;
- à Bolbec et Lillebonne (très ponctuellement) ;
- les vallées de l'Aubette et du Robec à l'Est de Rouen ;
- la basse vallée de la Risle et ses affluents de rive gauche (Sébec, Véronne, etc.) ;
- la vallée de l'Oison entre Elbeuf et le Neubourg ;
- en rive droite de la Seine à Vernon ;
- dans la vallée de la Calonne et de son affluent la Tourtelle, près de Cormeilles ;
- dans la haute vallée de la Calonne ;
- dans la vallée de l'Orbiquet en limite du Calvados.

4.1.2.3. Epaisseur.

Le Cénomaniien varie considérablement d'épaisseur. Il est puissant de 25 m environ dans le pays de Caux, 40 à 50 m dans le Talou, 35 m à Rouen. La formation s'épaissit vers le Sud (60 m à Evreux) et surtout le Sud-Ouest (75 m dans le pays d'Ouche).

4.1.2.4. Exploitation en carrière et construction. Eléments de géotechnique.

L'exploitation de la craie glauconieuse a été assez peu développée en raison de la faiblesse des affleurements et de la rareté des fronts de taille dans cette craie ; sur les affleurements, le Cénomaniien est en effet généralement surmonté par le Turonien. Le Cénomaniien était

cependant exploité dans les carrières de Rogerville (côte de la Fontaine des Dames), ainsi que pour sa partie supérieure, dans la carrière de Pierre Gand à Tancarville (en association avec le Turonien et le Coniacien).

Il a existé cependant des carrières dans de nombreuses vallées : l'Yères (Grandcourt), la Lézarde (Montivilliers) ; le Cailly (Déville-les-Rouen), le Robec (Bonsecours), la Risle (Brionne), la Calonne (Fontaine-la-Louvet, Corneilles, Saint-Pierre-de-Corneilles), etc.

La craie du Cénomaniens, relativement dure, a été utilisée pour la construction des digues du port du Havre (en association avec la craie du Turonien). Cette craie est susceptible de fournir de belles pierres d'appareil (**Pierre de Fécamp**).

Des carrières souterraines ont exploité un niveau épais de craie indurée dans le Cénomaniens inférieur de la vallée de l'Orbiquet, près d'Orbec.

4.1.3. Le Turonien.

4.1.3.1. Lithologie.

Le Turonien est représenté par une craie tendre dépourvue de silex (sauf dans sa partie supérieure). La glauconie est présente dans les dépôts du Turonien inférieur du Lieuvin et du Roumois, ainsi que dans les dépôts du Turonien moyen du bec de Caux et de la région de Fécamp. La craie renferme des bryozoaires depuis Fécamp jusqu'au pourtour du pays de Bray. La craie turonienne est à tendance magnésienne dans le plateau du Neubourg et le Vexin normand.

Le Turonien inférieur est caractérisé par une craie marneuse, noduleuse, sans silex (**craie de Belbeuf**). La partie moyenne est également une craie marneuse sans silex (**craie de Maromme**). Les silex apparaissent à la partie supérieure de l'étage, dans une craie encore marneuse (**craie de Blossville-Bonsecours**). La partie terminale du Turonien est souvent représentée par une craie indurée à silex.

4.1.3.2. Affleurements.

Le Turonien offre une large extension géographique. Il affleure très généralement dans les vallées du pays d'Ouche et du Lieuvin, au sud-ouest de la région Haute-Normandie (haute vallée de la Risle, Charentonne, Guiel, etc.). La craie marneuse est présente également en vallée de Seine (Vernon, Les Andelys, Amfreville-sous-les-Monts, près de Rouen dans les vallées du Cailly et du Robec), dans le compartiment oriental de la faille Fécamp-Lillebonne, ainsi que dans les vallées situées autour du pays de Bray et dans le Talou.

4.1.3.3. Epaisseur.

Le Turonien fait moins de 50 m de puissance dans le triangle Saint-Valery-en-Caux--Yvetot--Le Havre (30 m au Cap Fagnet), ainsi qu'à l'ouest d'une ligne Saint-André-de-l'Eure--Lillebonne. Il s'épaissit vers l'est pour atteindre 60 à 80 m vers Elbeuf, 75 m entre Rouen et l'Andelle, et 80 m dans la région des Andelys, ainsi que dans le Vexin normand.

4.1.3.4. Exploitation en carrière et construction. Eléments de géotechnique.

La craie tendre, sans silex, du Turonien inférieur a été recherchée pour le marnage des terres agricoles ; d'anciens travaux souterrains ont existé, notamment à Montreuil-l'Argillé dans le pays d'Ouche et dans les vallées de la Risle et de l'Iton (région de Breteuil-sur-Iton). Dans la région de Fécamp et de Dieppe, la craie turonienne a été également utilisée pour faire des moellons de médiocre qualité.

Les carrières de Rogerville ont exploité le Turonien, ainsi que le Cénomaniens.

4.1.4. Le Sénonien (Coniacien et Santonien).

4.1.4.1. Lithologie.

Le Sénonien est généralement représenté par une craie riche en silex. La glauconie est présente dans le secteur côtier de Dieppe au Havre et à l'ouest du Roumois. Au sud d'une ligne Fécamp-Gisors, les faciès coniaciens sont magnésiens, caractère qu'ils perdent dans le plateau de Saint-André-de-l'Eure. Le Santonien n'est magnésien que dans la région d'Evreux et à l'est du plateau de Saint-André-de-l'Eure. La craie coniacienne est riche en bryozoaires dans la région comprise entre Fécamp et le pays de Bray ; la craie santonienne est, quant à elle, très généralement riche en bryozoaires sauf dans le Talou.

Le Coniacien débute par un niveau de craie poivrée dure et dolomitique (**craie de Saint-Etienne-du-Rouvray**) ; il se poursuit par une craie à silex (craie de Quevilly) qui passe vers le haut (Santonien) à une craie à silex zonés et à bryozoaires (**craie de Rouen, Orival et Moulineaux**). Le Santonien se poursuit par une craie à silex et bryozoaires (**craie de Canteleu**) et s'achève par la craie à silex cariés (**craie de Belbeuf**).

4.1.4.2. Affleurements.

On peut difficilement recenser les innombrables sites d'extraction de la craie sénonienne. En dehors des niveaux dolomitiques, elle a pu être utilisée pour l'amendement, principalement par l'intermédiaire de marnières.

4.1.4.3. Epaisseur.

Le Coniacien est épais de seulement 20 m dans la vallée du Cailly (nord de Rouen), 40 m vers Doudeville, 40 à 50 m vers Elbeuf ; il atteint 60 m (Gisors)

Le Santonien est épais de 50 à 60 m vers Saint-Valery-en-Caux, 50 à 70 m au Nord de Rouen, 60 à 75 m vers Gisors.

Le Sénonien (Coniacien et Santonien) est épais de 80 à 100 m vers Evreux.

4.1.4.4. Exploitation en carrière et construction. Eléments de géotechnique.

La plus grande partie des marnières du pays de Caux est foncée à partir de la craie sénonienne. Certains puits atteignent la craie tendre turonienne sous-jacente.

La craie sénonienne a été largement utilisée pour alimenter les fours à chaux, notamment dans la vallée de l'Iton en amont d'Evreux.

Le plateau bordant la Seine à Vernon est constitué de craie sénonienne (ici essentiellement d'âge coniacien). Cette craie a été abondamment exploitée dans les carrières souterraines de Saint-Nicolas, du Mont Roberge, des Picards, de Tsouchima et de Notre-Dame : il s'agit de la Pierre de Vernon, célèbre pierre de taille largement exportée suivant la vallée de la Seine pour la construction monumentale. La craie turonienne, sous-jacente, a pu être exploitée, quoique moins recherchée, comme à Ma Campagne à l'ouest du LRBA.

D'autres sites d'exploitation importants ont existé, notamment à Caumont et Mauny où la falaise crayeuse est constituée à la base des bancs épais du Coniacien terminal, durs et grisâtres, jadis exploités comme pierres de taille. Les principales carrières semblent avoir été surexploitées et l'état de stabilité, notamment de leurs entrées, est très hypothétique. Les carrières de Bihorel (aujourd'hui inaccessibles et remblayées) sont réputées avoir fourni les matériaux de construction de l'abbaye de Saint-Ouen à Rouen. Là encore, les niveaux du Coniacien ont été exploités.

Les carrières de Canteleu se caractérisent par leur nombre, au moins 25 en moins de 4 km. Le Coniacien y a été exploité depuis le pied de falaise pour la fourniture de pierres de taille et de remblais pour les bords de Seine. Le Sénonien a également été exploité à Bardouville (Beaulieu) et à Criquebeuf-sur-Seine (les Brûlins).

Les carrières de Saint-Vigor-d'Ymonville (Lafarge Sandouville) sont situées près du sommet d'un coteau abrupt et d'un accès délicat. Un accès par descenderie, depuis le plateau, comme il est connu également le long de l'Iton à Arnières, était initialement probable.

Le reste de l'Eure, à l'exception donc de Vernon et Caumont, est pauvre en anciennes carrières de grande importance. On peut cependant citer deux anciennes carrières au Mesnil-Jourdain et à Amfreville-sur-Iton. Une carrière de pierres de taille est signalée également à Tillière-sur-Avre, à l'extrémité sud de la région.

4.1.5. Le Campanien.

4.1.5.1. Lithologie.

La craie campanienne est généralement blanche et tendre (**craie blanche à bélemnites**). Elle peut être indurée localement, sur un à plusieurs mètres, bien que ce caractère soit plutôt spécifique du Sénonien inférieur.

Le grain de la craie campanienne est généralement fin, sauf lorsque la roche est riche en bryozoaires.

Au sein de la craie, on observe des silex de tailles et de formes très variables. Un horizon de silex roses sert localement de niveau-repère (région d'Evreux).

4.1.5.2. Affleurements.

La craie campanienne affleure essentiellement au sud-est de la zone, principalement dans le département de l'Eure.

On trouve cependant quelques placages de Campanien dans la région de Dieppe (Ailly), au Nord et au Nord-Est de Rouen, ainsi que dans le Roumois.

4.1.5.3. Epaisseur.

Le Campanien visible à l'affleurement dans les coupes de la Seine près de Mantes-la-Jolie atteint 80 m ; il est épais de 60 à 75 m dans la vallée de l'Eure, de 50 à 60 m dans le plateau de Saint-André-de-l'Eure et dans le Vexin. Il doit atteindre 40 à 50 m dans la région de Blainville-Crevon. Tronqué par l'érosion, il n'excède pas 20 m dans la région de Doudeville.

Le Campanien est localement réduit à 25 m au Nord des Andelys, sans doute du fait de la tectonique.

4.1.5.4. Exploitation en carrière et construction. Eléments de géotechnique.

La craie campanienne est activement recherchée pour la fabrication du ciment (vallée de la Seine vers Mantes).

Les craies campaniennes ont été utilisées en remblais routiers près de Pacy-sur-Eure (RN 13).

4.2. CARTOGRAPHIE DE LA CRAIE.

En dehors du réseau hydrographique, la craie est généralement recouverte par une épaisse formation d'argiles à silex résultant de sa décalcification. En outre, des limons ont été déposés à une époque plus récente (de l'ordre de 50 000 ans) ; en Haute-Normandie, ces limons sont souvent épais et omniprésents. Pour avoir une vision cartographique de ces formations de recouvrement, ainsi que les colluvions de pente et autres dépôts glissés, on pourra se reporter aux cartes à 1/50 000.

Les « formations » crayeuses ont été synthétisées dans le cadre de la thèse de Fl. Quesnel. La figure 4.1. (en annexe) donne une représentation régionale des différentes formations du Crétacé supérieur « débarrassées » de leur épaisse couverture argilo-limoneuse.

Il convient de noter que les distinctions entre les différents étages sont fondées sur la présence de microfossiles caractéristiques. L'ensemble de la craie n'a pas fait l'objet d'étude systématique ; ainsi, des légères modifications seront probablement apportées dans les secteurs de transition. Il n'en demeure pas moins que les grandes distinctions lithologiques restent valables à l'échelle régionale.

4.3. CARTOGRAPHIE DE LA RESSOURCE A L'ECHELLE DU BASSIN HYDROGRAPHIQUE.

Les secteurs d'anciennes exploitations de craie ont été cartographiés par bassin hydrographique (14 bassins) ; le résultat constitue un atlas de 14 figures (annexe 3). En effet, les secteurs d'incision du paysage haut-normand sont les seuls endroits dans lesquels ont pu être ouvertes des carrières d'extension significative. C'est également dans ce contexte que se présentent les carrières actuelles.

La cartographie réalisée exclut donc les petites exploitations hors réseau hydrographique, notamment les anciennes marnières souterraines (puits, chambres, galeries) localisées pour la plupart sur les plateaux. Elle a été réalisée à partir du recensement des fronts de carrières actuellement visibles et des cartes géologiques à 1/50 000 ; dans certains secteurs, des compléments très utiles ont été recueillis sur les éditions anciennes des cartes à 1/80 000.

Les anciennes exploitations ont été réunies à l'échelle de la commune et leur attribut principal est la nature lithologique de la craie extraite. Dans de nombreux cas, plusieurs niveaux de craie superposés ont été exploités. En fonction des bassins hydrographiques, une même commune peut ainsi être représentée par deux couleurs car les carrières de la commune ont pu être ouvertes dans des niveaux géologiques différents.

Cette cartographie a pour but de montrer les zones principales d'extraction de craie, sachant que dans de très nombreux secteurs, des contraintes urbanistiques et environnementales élémentaires devraient être également prises en compte. Ces dernières n'entrent pas dans le champ de la présente étude.

4.3.1. Bassin de la Bresle.

Ce bassin hydrographique renferme des potentialités de carrières dans la craie marneuse turonienne et dans la craie glauconieuse cénomaniennne. De nombreux sites d'extraction potentiels existent à proximité du pôle d'activité de Mers-Le Tréport.

4.3.2. Bassin de l'Hyères.

Les craies sénoniennes à silex sont présentes dans la partie aval du bassin (région de Criel). Vers l'amont, le potentiel est semblable à celui du bassin de la Bresle.

4.3.3. Bassin de l'Eaulne, de la Béthune et de la Varenne.

Le secteur aval du bassin (région de Dieppe) est riche en potentialités dans le Sénonien et le Turonien. La partie amont atteint le Cénomanien vers Sommery et concerne pour l'essentiel le Turonien.

4.3.4. Bassin du Dun à la Scie (incluant la Saône).

Ce bassin concerne presque exclusivement la craie sénonienne dont les sites d'extraction potentiels les plus importants sont localisés *a priori* au voisinage des communes littorales.

4.3.5. Bassin de la Valmont et de la Durdent.

Cette zone inclut la valleuse sèche d'Étretat. La craie est essentiellement sénonienne, sauf dans la région de Fécamp et dans la haute vallée de la Durdent. Là encore, les secteurs littoraux offrent les fronts de taille les mieux dégagés.

4.3.6. Bassin de la Lézarde et du Bolbec.

La région du Havre est encore très largement le siège d'exploitation de craie. Les fronts de la rive droite de la Seine concernent le Cénomanien, le Turonien et le Sénonien à partir de la vallée du Bolbec.

4.3.7. Bassin de la Seine (Aval de Rouen).

La craie sénonienne (localement associée à la craie turonienne) a été extraite principalement dans les secteurs situés au voisinage de la Seine.

4.3.8. Région de Rouen (Cailly-Robec).

La craie a été extraite de très nombreuses carrières, la plupart à ciel ouvert mais certaines souterraines (Caumont, Canteleu, etc.). Les lithologies sont variées puisque l'on retrouve les différentes formations à l'exception du Campanien.

4.3.9. Bassin de l'Andelle.

Ce bassin inclut les rivières Ry, Fouillebroc et Lieure. La partie centrale du bassin concerne le Campanien et/ou le Sénonien. Le Turonien est présent en aval, à la confluence avec la Seine et en amont, près du Bray.

4.3.10. Bassin de la Risle et de la Charentonne.

Il s'agit d'un grand bassin hydrographique qui recouvre des lithologies variées du Cénomaniens au Sénonien supérieur. La vallée de la Charentonne n'est concernée que par le Cénomaniens, alors que la Risle est le siège d'anciennes carrières turonienne dans sa partie amont et cénomano-turonienne dans sa partie aval. En rive droite de la Risle, de Pont-Authou à la commune de Marais-Vernier, le Sénonien a été localement exploité.

4.3.11. Bassin de l'Iton et de l'Avre.

La haute vallée de l'Iton, ainsi que l'intégralité de la vallée de l'Avre, sont concernées par le Sénonien. En amont immédiat d'Evreux, les bords de l'Iton ont donné lieu à une exploitation de craie turonienne, voire très localement cénomaniens à Aulnay-sur-Iton. Le Turonien réapparaît dans la partie aval de l'Iton, près de sa confluence avec l'Eure, à La Vacherie.

4.3.12. Bassin de la Seine (Amont de Rouen).

Ce secteur recouvre des domaines variés. Sur la commune des Andelys, par exemple, des carrières ont été ouvertes dans le Turonien, le Sénonien et/ou le Campanien. Le Campanien a principalement été exploité en rive gauche de la Seine, la rive droite étant plutôt le siège d'extraction dans le Sénonien et le Turonien.

4.3.13. Bassin de l'Eure.

Les abords de l'Eure, aboutissant sur des falaises dans de très nombreux secteurs, ont été exploités dans toute la partie du département du même nom (en aval de Saint-Georges-Motel). Les craies campaniennes sont principalement concernées dans la partie amont, tandis que les craies sénoniennes dominent dans la partie aval.

4.3.14. Bassin de l'Epte.

La craie campanienne a été très généralement exploitée en rive droite de l'Epte. Dans la partie amont du bassin, ainsi qu'à la confluence avec la Seine, le Sénonien a été également mis à contribution. La haute vallée est pour l'essentiel située dans le Jurassique non crayeux du Pays de Bray ; le Turonien a été exploité au Sud de Gournay-en-Bray.

4.4. ESTIMATION DES ZONES FAVORABLES DU POINT DE VUE GEOLOGIQUE

Deux aspects sont pris en compte quant à la qualité géologique des matériaux crayeux :

- la lithologie ;
- le contexte structural régional.

4.4.1. La lithologie.

La lithologie (précisée sur les cartes I à XIV) n'est qu'une information indicative, car dans le détail il conviendrait de réaliser une étude détaillée sur tout secteur potentiellement exploitable. En effet, la composition précise des assises crayeuses est susceptible de varier considérablement d'un point à un autre : pourcentage de CaCO_3 , part de silex, poches de sable, taux de glauconie, présence de poches d'altération emplies d'argiles, etc.

Dans le cadre de la recherche de matériaux, tout type de craie est *a priori* utilisable. Dans le cas d'une utilisation plus spécifique, la composition et les caractéristiques géotechniques précises du matériau doivent être connues avec précision. Ainsi, pour la recherche de matériaux de remblai, les craies riches en silex (notamment le Sénonien de l'Ouest de la Haute-Normandie) seront plus appréciées que les craies marneuses (Turonien/Campanien) ; en revanche, ces dernières seront recherchées pour la fabrication de la chaux (elles l'ont été jadis pour le marnage).

4.4.2. La structure.

La structure est rarement très complexe en Haute-Normandie. Ainsi, des failles peuvent être présentes localement ; elles induisent alors la désagrégation de la craie, voire une accentuation de l'altération karstique s'il y a (ou s'il y a eu) des percolations d'eau au sein même des carbonates.

En dehors des failles majeures, la craie peut toutefois être dégradée du fait de la karstification traduite en surface par la présence de nombreuses bétoires.

Un phénomène classique de décompression des terrains s'opère au voisinage des valleuses et des falaises naturelles. Il induit l'apparition de fissuration du massif rocheux pouvant conduire à un débit accéléré de la craie.

Des structures plicatives pourraient éventuellement induire des difficultés techniques lors de l'exploitation de la craie (couches non horizontales). Dans le domaine littoral, de telles structures contribuent localement à l'érosion des falaises.

4.5. ESTIMATION DES ZONES FAVORABLES DU POINT DE VUE HYDROGEOLOGIQUE

Les zones exploitables doivent être situées hors d'eau, c'est-à-dire que toute exploitation ne doit pas être gênée par des venues d'eau.

Après avoir convergé des plateaux vers les vallées sèches et humides, les eaux de la nappe de la craie alimentent la nappe alluviale et le cours d'eau qui la draine. Cette alimentation diffuse est importante lorsque les alluvions sont épaisses et perméables. Les sources sont alors rares voire inexistantes : haute vallée de l'Andelle, la Bresle, la Béthune, essentielle de la vallée de la Seine, haute vallée de l'Iton, Epte, Avre, Eure, etc.

En revanche, lorsque les alluvions sont fines et argileuses, la nappe de la craie est mise en charge et alimente deux types de sources :

- lorsque l'eau sourd de la craie au contact des alluvions fines, ce sont des sources de débordement (exemple des sources du Crevon, de la Fosse aux Dames à La Bonneville-sur-Iton, de Cailly-sur-Eure) ;
- lorsque l'eau se fraie un passage vers la surface au travers des dépôts qui la mettent en pression, ce sont des sources artésiennes (sources de la Durdent à Héricourt, du Cailly à Cailly, de la basse vallée de l'Iton à Brosville et Hondouville, de la vallée de l'Eure à Fontaine-sous-Jouy).

Lorsque le mur de la nappe constitué par les argiles du Gault et la gaize cénomaniennes affleure au pied des coteaux, il se forme à la base de la craie une ligne de sources de déversement. La nappe de la craie est alors perchée par rapport à la nappe alluviale (sources du Pays de Bray, du Mont-Riboudet ou de la Côte Sainte-Catherine à Rouen, du Havre, d'Harfleur, de la basse vallée de la Risle et de ses affluents au Livet-sur-Authou par exemple).

Lorsque les alluvions recouvrent la limite d'érosion craie-argiles du Gault, les eaux de la craie se déversent dans la nappe alluviale et il n'existe plus de sources (vallée de la Risle près de Pont-Audemer et Brionne, vallée de la Seine près de Vernon, etc.).

Les vallées sèches les plus prononcées provoquent en leur point bas l'apparition de sources de dépression lorsque la surface piézométrique de la nappe libre recoupe la surface topographique. En outre, les falaises de craie peuvent provoquer l'émergence de sources de dépression importantes : sources littorales (Yport, Veules-les-roses, Saint-Valery-en-Caux, etc.), sources de la Seine (Radicatel, Moulineaux, Elbeuf, etc.).

	lithologie (présence de silex)	structure	hydrogéologie	topographie	urbanisation
I. Bresle					
<i>Bresle amont</i>	-	+	+	+	-
<i>Bresle aval</i>	-	+	+	+	+
II. Hyères					
<i>Hyères amont</i>	-	+	?	-	+
<i>Hyères aval</i>	+	+	?	+	+
III. Eaulne, Béthune, Varenne					
<i>Eaulne</i>	-	+	?	+	+
<i>Béthune</i>	-	-	+	+	+
<i>Varenne</i>	+	+	?	+	+
<i>Bassin aval (Dieppe-Arques)</i>	+	+	?	+	-
IV. Dun-Scie					
<i>Dun</i>	+	+	?	+	+
<i>Saâne</i>	+	+	?	+	+
<i>Vienne</i>	+	+	?	-	+
<i>Scie</i>	+	+	?	+	+
V. Valmont-Durdent					
<i>Valmont</i>	+	-	?	+	-
<i>Ganzeville</i>	-	-	?	-	-
<i>Durdent</i>	+	+	-	+	+
<i>Valleuse d'Etretat</i>	+	+	?	-	-
VI. Lézarde-Bolbec					
<i>Lézarde</i>	-	+	?	-	-
<i>Bolbec</i>	+	-	?	+	-
VII. Seine-Aval de Rouen					
<i>Boucle de Brotonne</i>	+	+	+	+	+
<i>Radicatel</i>	+	+	-	+	-
VIII. Cailly-Robec					
<i>Cailly</i>	+	-	?	+	-
<i>Robec</i>	-	+	?	+	-
IX. Andelle					
<i>Andelle amont</i>	-	+	+	+	+
<i>Andelle aval</i>	+	+	+	+	-
X. Risle-Charentonne					
<i>Charentonne</i>	-	+	+	-	+
<i>Risle amont</i>	-	-	+	-	+
<i>Risle aval</i>	+	-	+	+	-
<i>Risle cours terminal</i>	-	+	-	+	+
XI. Iton-Avre					
<i>Iton aval</i>	+	+	-	+	+
<i>Iton amont-Avre</i>	+	-	+	-	+
XII. Eure					
<i>Eure amont</i>	-	+	+	-	+
<i>Eure aval</i>	+	-	-	+	+
XIII. Seine-Amont de Rouen					
<i>Région des Andelys</i>	+	-	+	+	+
<i>Région de Vernon</i>	+	+	+	+	+
XIV. Epte					
	+	+	+	+	-

Tabl. 1. Synthèse des principales données sur le potentiel « craie » des bassins hydrographiques.

+ critère favorable,
- critère défavorable,

? pas de données précises.

4.6. BILAN

Il apparaît que les secteurs les plus favorables abstraction faite de contraintes environnementales non considérées dans la présente étude seraient situés :

- en aval de Rouen,
- en vallée de Seine vers Vernon.

Pour ces deux sites, des volumes importants pourraient être tirés. Cependant, d'autres secteurs sont potentiellement intéressants et la plupart des 14 bassins pourrait faire l'objet d'exploitation sur des fronts de taille de plusieurs dizaines de mètres.

5. Les Limons

En région Haute-Normandie, le substratum est essentiellement constitué par les différentes formations du Crétacé. Seuls font exception le pays de Bray, découvrant des terrains jurassiques, et le sud-est de la région montrant quelques formations tertiaires. Sur la craie, les formations superficielles sont fortement développées, en particulier les argiles à silex, ainsi que les terrasses alluviales dans la vallée de la Seine. Une autre caractéristique géologique de la Haute-Normandie, est l'importance des dépôts éoliens quaternaires. La région est largement empâtée dans les limons et loess déposés durant les périodes glaciaires ; ces sédiments éoliens ont eux-mêmes donné naissance à d'autres formes de dépôts (dépôts de versants, heads, colluvions, limons à silex...).

La nécessité d'économiser les granulats alluvionnaires nobles, conduit à envisager l'utilisation des limons comme matériau de substitution.

Les chapitres qui suivent sont destinés à procurer une meilleure connaissance des loess et limons de Haute-Normandie, dont les faciès, la lithologie et la chronostratigraphie se révèlent particulièrement complexes.

5.1. TERMINOLOGIE

5.1.1. les différents sens du terme « Limon »

Le terme de limon peut être employé dans des registres différents qu'il convient d'évoquer pour mieux cerner l'objet de l'étude. En fait, aujourd'hui, le terme de limon peut s'entendre au moins dans trois sens qui sont les suivants :

- **limons " stricto sensu " :**
Pour L. Cailleux, les limons au sens strict sont des "dépôts meubles accumulés à l'époque pléistocène dans certains grands bassins fluviaux" ; G. Dubois attire l'attention sur la relation entre les limons et les glaciations quaternaires, et sur leur genèse éolienne.
- **limons d'inondation :**
Le terme désigne alors des dépôts actuels tels que les limons du fond des étangs, et les limons déposés par les crues.
- **limons = silts :**
Ce terme désigne une fraction granulométrique dont les dimensions limites varient selon les auteurs et les classifications : A. Cailleux confère aux limons une taille variant de 2 à 20 μm ; C.K. Wentworth situe la classe des silts entre 4 et 63 μm . Par extension, on donne le nom de limon à tout dépôt montrant une prédominance de la "fraction limoneuse".

Aujourd'hui, le terme de limons serait plutôt réservé aux limons éluviaux et colluviaux. Cependant la littérature a fait et fait encore usage du terme de limons pour désigner les dépôts éoliens quaternaires, c'est pourquoi il sera employé par la suite dans cette étude, en fonction des sources bibliographiques qui seront exploitées. Le terme de loess, défini dans le paragraphe suivant sera souvent employé comme quasi équivalent du terme limon.

5.1.2. Quelques définitions

En 1948, dans son diplôme sur les loess de la région de Rouen, M.J. Graindor définit des limons comme des sédiments constitués par une "alternance de lits clairs et sombres formant des doublets", créant ainsi le concept de "limon à doublet". On peut les distinguer des limons lités définis par Paepe et Sommé, pour lesquels chaque lit se distingue nettement l'un de l'autre et possède une granulométrie bien différente.

Le limon à doublet est non carbonaté et comporte une alternance de lits marron (ou bruns) et gris (ou jaunes), d'épaisseur moyenne de 2 à 10 mm, qui se distinguent seulement au point de vue sédimentologique par une différence de teneur en argile fine et en fer.

La tendance actuelle serait plutôt à l'emploi du terme de loess pour désigner les limons d'origine éolienne. Ce terme est tiré de l'allemand "lose" qui exprime le caractère friable de ce dépôt. C'est dans la vallée du Rhin que le nom de loess a été attribué à un limon jaune clair, calcaire, doux au toucher, pulvérulent à l'état sec, mais cependant assez cohérent.

Vers 1840, d'Archiac utilisait ce terme pour qualifier les limons du nord de la France. C'est

Von Richthofen, en 1870 qui attribua aux loess leur origine éolienne ; cette hypothèse contribua à vulgariser le terme de loess et à lui donner son sens actuel de limon éolien.

Une bonne définition des loess est reprise dans la communication de J.P. Lautridou (1981) intitulée "Préliminaires à une synthèse sur les variations sédimentologiques des loess de la France du nord-ouest". Il y est fait référence à la commission du loess de l'INQUA qui recommande de prendre le terme de "loess" dans un sens large. Elle définit le loess comme un dépôt limoneux mis en place dans des conditions d'environnement périglaciaire où interviennent des processus d'érosion / sédimentation, dominés par l'agent éolien, et des processus biologiques spécifiques (loessification).

J.P. Lautridou distingue parmi les sédiments éoliens,

* *les loess carbonatés* qui désignent les sédiments des plateaux, sans structure ou à structure peu marquée, stratifiés quand ils sont déposés sur les versants,

* *les limons à doublets* qui désignent des dépôts éoliens non carbonatés, lités, à fines strates alternativement jaunes (ou grises) et brun-marron.

La distinction parfois faite entre loess et limons, en particulier dans les légendes de diverses cartes, correspond souvent à une définition restrictive des loess, fondée sur leur genèse théorique associée à la notion de remaniement, ou sur la prise en considération de critères secondaires (par exemple, la teneur en calcaire).

Le concept de "limons des plateaux" longtemps utilisé en cartographie, est également restrictif et trompeur, car il introduit un critère topographique souvent dépassé. En effet dans de nombreux cas, les loess tapissent la plus grande partie du paysage, et se retrouvent aussi bien sur les plateaux que sur les versants et dans les fonds de vallées, sous des aspects lithologiques un peu différents. Il convient donc mieux de parler du "complexe des loess et formations associées".

Les loess appartiennent à la famille des sédiments éoliens qui comprend également les sables de couverture et les dépôts sablo-limoneux de transition ; ils sont géographiquement disposés selon un système de zonation éolienne périglaciaire. Ces différents dépôts ont chacun leur caractéristique granulométrique liée à la compétence, à la capacité de transport de l'agent éolien.

5.2. DIFFERENTS FACIES, SEQUENCE, PROVINCES GEOGRAPHIQUES

5.2.1. Les faciès des loess et des limons

Les loess, les limons sont des sédiments d'origine éolienne. Il en existe de nombreuses variétés dont quelques unes seulement sont présentes en Haute-Normandie. La terminologie utilisée dans la typologie des loess a beaucoup varié dans le temps et selon les auteurs ; dans la littérature thématique se côtoient des appellations hétérogènes. Voici la définition des principaux faciès :

- **Loess sableux** : c'est un faciès de passage entre les loess proprement dits et les sables éoliens de couverture. Ce type de sédiment se rencontre en zone côtière de Seine-

Maritime et par ailleurs, certaines séquences loessiques montrent des niveaux à composante sableuse.

- **Loess argileux** : on peut ainsi nommer les loess comportant plus de 25 % d'argile ; on les rencontre dans les zones où prévaut l'alimentation éolienne en particules fines ($< 2 \mu\text{m}$).
- **Loess lités** : ils présentent des lits millimétriques à centimétriques, plus ou moins sableux ou argileux. Les lits ne montrent pas de variations de couleur. M.J. Graindor attribuait à ces dépôts une origine "nivéo-éolienne". Les loess lités se rencontrent surtout sur les versants à pente faible à moyenne.
- **Loess "typique"** : J.P. Lautridou (1981) définit un loess "typique" comme étant un limon pur, caractérisé par une texture où domine la fraction 30-63 μm , une structure finement poreuse, sans litage apparent, une couleur jaunâtre à brun-jaunâtre, contenant assez souvent des carbonates à l'état diffus. En Normandie, ce loess typique fait pendant au loess à doublets.
- **Loess à doublets, ou limons à doublets** : J.P. Lautridou les définit comme des sédiments d'origine éolienne, décarbonatés et lités, constitués d'alternances millimétriques de lits gris et marron (enrichis en argile). Ces limons à doublets sont le résultat d'une pédogénèse limitée de type sol en bandes, développée après la décarbonatation. Ce type de pédogénèse est lié à la position de la Normandie à la fin du Weichsélien (probablement au tardi-glaciaire) : la Normandie est alors en effet en position occidentale sub-maritime, par rapport aux glaciers installés sur les Iles Britanniques. La source des loess est liée aux paléostuaires de grandes rivières alors exondés, la Manche étant partiellement à sec ; les vents porteurs des fines particules constitutives du loess venaient donc du nord-ouest et ont déposé leur charge sur la Normandie, au grès de la diminution de leur vitesse et des reliefs rencontrés.
- **Lehm** : c'est un loess argileux, décarbonaté, parfois rubéfié, formé par altération et pédogénèse lors des phases interglaciaires tempérées et humides.

5.2.2. Séquence loessique verticale typique

Les loess sont généralement organisés en une séquence loessique qui se résume en trois termes superposés. (figure 1).

* **à la base** : un sol formé au dépens du loess sous-jacent, élaboré sous climat tempéré ;

* **au milieu** : un cailloutis ou un niveau de loess lité, issu du remaniement d'horizons de sols sous-jacents, souvent humiques, portant souvent des traces de cryoturbation ;

* **au sommet** : le corps loessique principal correspondant à la période glaciaire ; il se compose d'un ensemble de loess (souvent à doublets, en Normandie), ponctué de niveaux avec traces de cryoturbation.

Le dépôt d'une telle séquence s'effectue donc sous l'action de la fluctuation du climat, depuis une phase tempérée humide favorable à la pédogénèse, jusqu'à une phase très froide et sèche permettant le dépôt des loess.

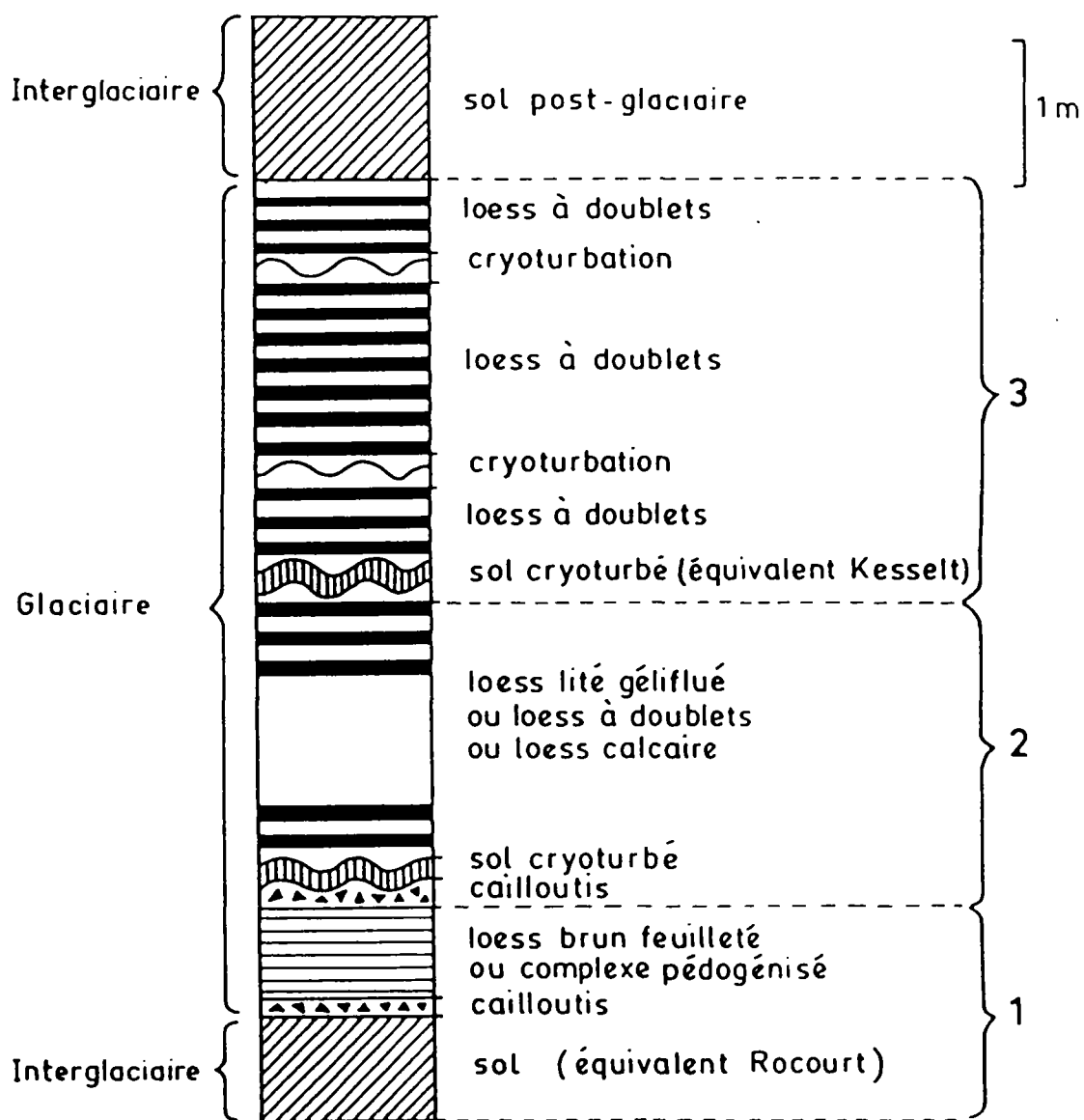


Figure n°1 : Exemple de série loessique du Pleistocène supérieur en Normandie.
(M. Campy et J.J. Macaire, interprété d'après J.P. Lautridou - 1985-)

1,2 et 3 : séquences loessiques de base.

5.2.3. Séquences (ou provinces) géographiques

Les loess et limons intéressant la Haute-Normandie présentent des caractères différents selon les provinces paléogéographiques dans lesquelles ils se sont déposés. J.P. Lautridou individualise trois provinces :

- *la province normande* : c'est, pour la région, la plus étendue ; elle intéresse les dépôts éoliens au nord du département de l'Eure et ceux de la Seine-Maritime compris entre la côte, le pays de Bray et la vallée de l'Andelle.

La séquence normande est constituée principalement de limons à doublets (non carbonatés) comportant des niveaux porteurs de traces de gélifluxion.

A cette province correspond la séquence normande occidentale.

- *la province séquanienne* : elle est limitée à la vallée de la Seine (qui lui donne son nom), et aux zones de confluence des rivières affluentes.

La séquence séquanienne est caractérisée par un loess non lité, plutôt carbonaté et présentant un ou deux horizons humifères.

- *la province vexinienne* : c'est la région du plateau du Vexin, qui commence au sud-est de la vallée de l'Andelle, en rive droite de la Seine. La séquence vexinienne, aussi appelée séquence normande orientale, présente un mélange des faciès des deux autres provinces ; elle est constituée principalement de loess carbonatés, de sols transformés par pédogénèse, et de quelques limons à doublets moins bien formés que dans la province normande.

5.3. GRANULOMETRIE ET COMPOSITION MINERALOGIQUE DES LOESS

5.3.1. Granulométrie des loess

Les loess se définissent ainsi :

⇒ fraction sableuse très fine (50 à 80 μm) ; elle est généralement $< 1 \%$,

⇒ fraction limoneuse grossière (20 - 50 μm) = 60 à 80 % du sédiment,

⇒ fraction limoneuse fine (2 à 20 μm),

⇒ fraction argileuse ($< 2 \mu\text{m}$) = teneur variable pouvant dépasser 25 % selon le type de loess, rapport 20-50 μm / 2-20 μm toujours > 1 , et le plus souvent > 2 .

Chaque type de loess correspond à une courbe granulométrique cumulative qui présente des caractéristiques générales très constantes :

* c'est une sigmoïde avec une branche médiane très redressée entre 10 et 50 μm ,

* la branche supérieure (sables) est fortement réduite,

* la branche inférieure (argiles et limons) bien développée et à faible pente, ce qui traduit une forte proportion d'argile, parfois très fine ($< 0,2 \mu\text{m}$).

La figure 2 présente quelques courbes caractéristiques de sédiments éoliens périglaciaires (d'après J.P. Lautridou -1997-).

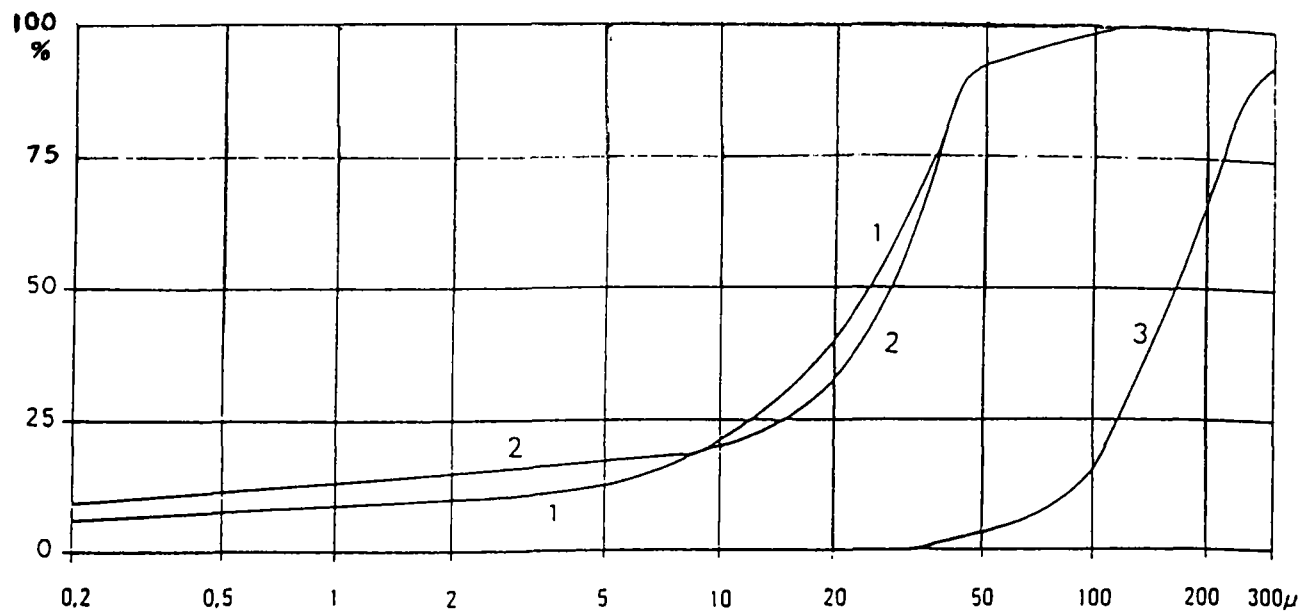


Figure 2 : Courbes granulométriques cumulatives de quelques formations éoliennes pléniglaciaires. (Lautridou, Auffret, Coutard, Lavollé, Ozouf et Vérague, 1997).

1 – Loess carbonaté ; 2 – Loess non carbonaté ; 3 – Sable de couverture.

5.3.2. Composition minéralogique des loess :

En moyenne, les loess présentent la composition suivante :

*** fraction limoneuse (silts) et sableuse :**

- # grains de quartz anguleux à sub-émoussés,
- # faible proportion de feldspaths,
- # muscovite en quantité variable (abondante en Haute-Normandie),
- # minéraux lourds (épidote / amphibole, pour les loess weichséliens),
- # quelques concrétions ferrugineuses détritiques,
- # carbonate de calcium, selon le type de loess (< 12 % en Haute-Normandie).

*** fraction argileuse (< 2 µm) :** argiles souvent mal cristallisées et interstratifiées.

- # elle varie de 1 à 10 % pour les loess,
- # elle est d'environ 25 % pour les lehms,
- # elle varie de 15 à 35 % pour les limons,
- # les proportions de kaolinite, d'illite et de montmorillonite sont sensiblement équivalentes.

La composition des limons, en particulier au regard de la nature des minéraux argileux et de leurs proportions respectives, est presque identique à celle des vases du plateau continental ; cette observation confirme l'hypothèse de J.P. Lautridou : le matériel loessique aurait pour origine les sédiments du plateau continental, peut-être en partie exondé pendant les périodes glaciaires.

Quelques analyses chimiques pratiquées par Jamagne (1973) ou Lautridou, Masson et Voiment (1981) donnent les informations suivantes :

- * silice = 75 à 82 %,
- * alumine = 7 à 10 %,
- * fer = 2,5 à 3,2 % (parfois 4 % dans les limons à doublets et paléosols les plus anciens).

5.3.3. Teneur en eau des loess

Dans "Limons et loess" (1965), M. Leplat indique que l'utilisation efficace des loess en remblai est essentiellement fonction de la teneur en eau naturelle du sédiment. Au-delà de 20 %, la mise en oeuvre est difficile. Par ailleurs, s'ils ne sont que faiblement compactés (rouleau à pneus par exemple), les loess utilisés en remblai doivent alors être drainés correctement. En revanche, après un sérieux compactage, ils peuvent subir quelques averses importantes sans grands dommages.

Une amélioration peut être apportée aux limons utilisés comme matériau de remblai ou de couche de forme routière par un traitement à la chaux. L'adjonction de 3 % de chaux vive permettrait d'élever l'indice portant de 1 à 18 (énergie Proctor Normal), la teneur en eau passant de 23 à 21 %.

J.P. Lautridou a consacré une communication à "L'eau dans les loess de Normandie", (Quaternaire, 4, 1993) : Grâce à sa porosité élevée, le loess constitue un sédiment réservoir où la vitesse d'infiltration de l'eau de surface est importante, mais qui tolère une percolation

généralement très limitée vers la nappe phréatique. La variabilité des faciès et des situations géomorphologiques expliquent des flux d'eau très divers.

5.4. LITHOSTRATIGRAPHIE / CHRONOSTRATIGRAPHIE DES LIMONS

5.4.1. Cas des cartes les plus anciennes

Sur les cartes, à l'époque où la lithostratigraphie des limons n'était ni très sûrement établie ni considérée par les cartographes comme très préoccupante, ou, plus récemment, lorsque les observations ne permettent pas d'établir une chronostratigraphie précise des limons, les formations éoliennes ont été considérées dans leur ensemble sous l'appellation de "Limons des plateaux" ou de "Limons non différenciés". Les descriptions qui en sont faites restent alors très générales :

- d'origine éolienne, datant des périodes froides du Quaternaire, les limons des plateaux sont constitués pour l'essentiel de grains de quartz très fins ($< 60 \mu\text{m}$). Ils montrent une grande diversification pas toujours cartographiable, dont l'expression "complexe des limons" rend bien compte.

5.4.2. Lithostratigraphie et chronostratigraphie typiques des limons régionaux (figure 3)

Les possibilités de corrélations avec le nord de la France et avec la Belgique ont permis d'employer depuis une vingtaine d'années la chronologie nordique qui se justifie mieux que la chronologie alpine par la position géographique de la Normandie, éloignée des Alpes. Il est donc maintenant préférable d'utiliser Weichsélien plutôt que Würmien, Saalien plutôt que Riss ...etc.

Déjà en 1974, J.P. Lautridou utilisait la chronologie nordique, mais c'est depuis les années 80 que son emploi s'est généralisé chez les auteurs. Cependant, les deux systèmes cohabitent dans la littérature, c'est pourquoi ils seront indifféremment employés selon les documents consultés.

La lithostratigraphie proposée par les auteurs (en particulier J.P. Lautridou, J. Sommé...), s'énonce comme suit :

- **Limons anciens** : (notés LP1 et ALP1)
Ils sont anté-saaliens (elstériens probables) et (ou) saaliens.
Ce sont des sédiments éoliens, parfois lités, généralement très altérés, de couleurs brun-jaune à rouge, qui appartiennent à la classe des lutites quartzo-felspathiques argileuses.
Ils renferment 20 à 40 % d'argile à dominante de kaolinite et illite, peu de montmorillonite ; ils contiennent des minéraux lourds où dominent les minéraux ubiquistes (zircon, tourmaline, rutile). Ces limons anciens peuvent être :
- *de très vieux limons et paléosols* du quaternaire ancien (ALP1) : ils sont discontinus, en lentilles ou conservés dans des poches de la formation argilo-sableuse à silex (Rs), et couronnés par des paléosols rouges argileux (on peut repérer jusqu'à 3 pédogénèses successives).

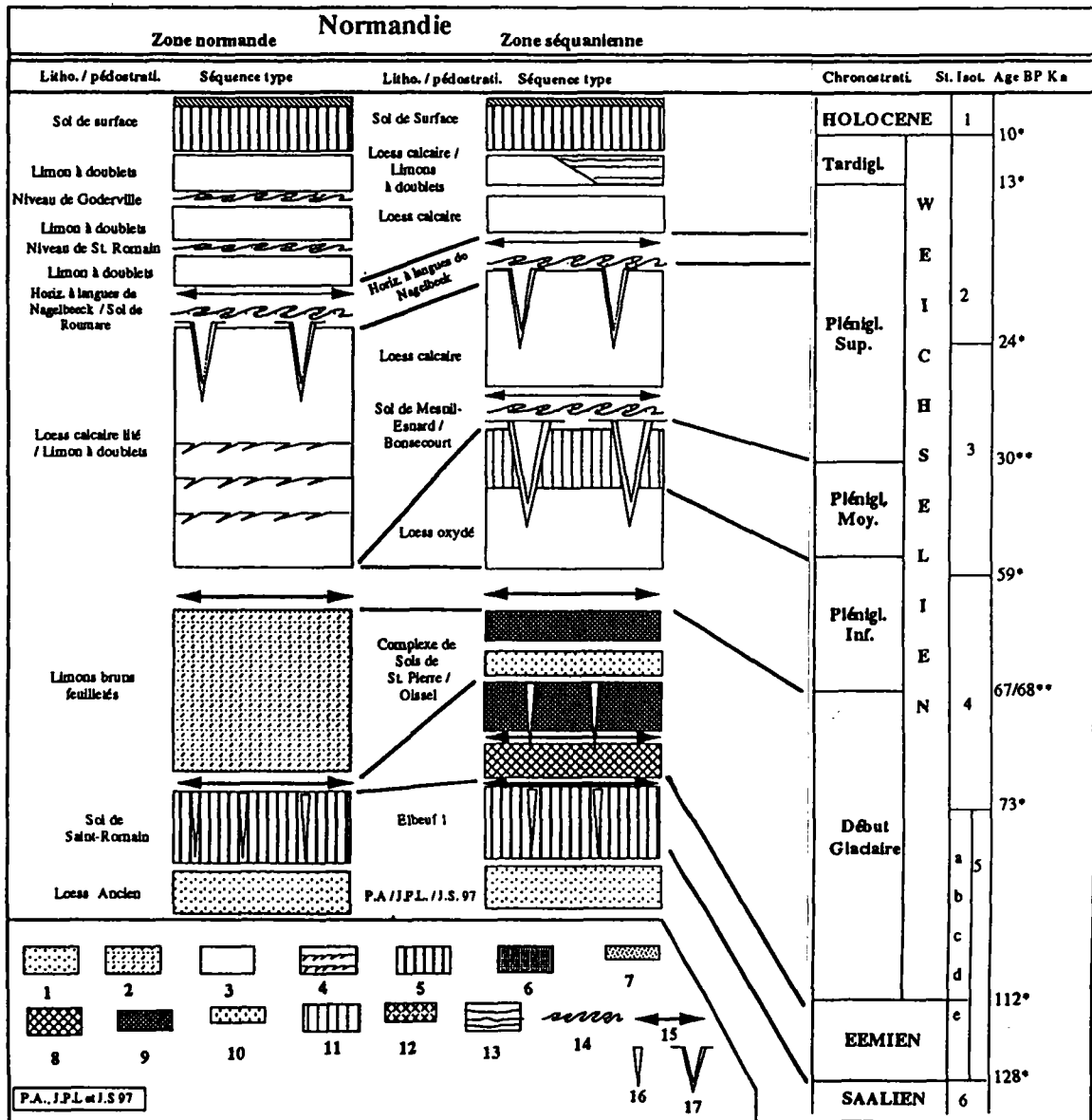


Figure 3 : Lithostratigraphie et chronostratigraphie du Pléistocène supérieur de Normandie. (Antoine, Lautridou, Sommé et al., in « Le Quaternaire de la France du nord : limites et corrélations » -1999-).

1 - Loess argileux non calcaire (Saalien) ; 2 - Colluvions limoneuses ; 3 - Loess calcaire ; 4 - Loess calcaire lité à microfentes ; 5 - Horizon Bt de sol brun lessivé ; 6 - Colluvions limono-argileuses ; 7 - Horizon déferrifié glossique ; 8 - Sol gris forestier ; 9 - Sol isohumique steppique ; 10 - Eolien local ; 11 - Sol lessivé boréal ; 12 - Sol humifère de type prairie arctique ; 13 - Horizons à doublets ; 14 - Horizon à langues de gélifluxion ; 15 - Principaux niveaux d'érosion ; 16 - Fentes de gel de type soil-vein ; 17 - Grande fente de type ice-wedge.

* *limons anté-saaliens* (elstériens probables) et saaliens : ils sont généralement bruns, argileux à points noirs, argileux (parfois jusqu'à 10 à 15 %), entrecoupés de paléosols (3 paléosols sont distingués sur la feuille Elbeuf) .

* *sol brun lessivé* à la limite Saalien / Weichsélien : Ce paléosol argileux généralement tronqué à sa partie supérieure est observable en particulier sur la feuille Elbeuf (St-Romain, St-Pierre-lès-Elbeuf) et sur la feuille Doudeville (Anglesqueville-la-bras-long).

- **Limons weichséliens** : (notés LP2-3)

Ce sont des loess éoliens, finement lités (limons à doublets) et généralement non carbonatés. Appelés "limons à doublets", ils présentent une alternance de lits ondulés bruns, jaunes ou gris dont l'épaisseur varie de 1 à 20 mm.

On peut les définir comme des lutites quartzo-feldspathiques légèrement argileuses (moins de 20 % d'argiles à smectites dominantes).

La séquence des limons weichséliens est de type normand (Lautridou 1972), c'est à dire qu'elle se compose des alternances suivantes que l'on observe de haut en bas :

- # loess lité supérieur (Weichsélien supérieur) : altération à l'holocène
→ sol brun lessivé sur parfois plusieurs mètres.
- # niveau d'érosion à 28 000 ans (niveau de Kesselt)
- # loess généralement lité (Weichsélien moyen)
- # limon de solifluxion (Weichsélien inférieur)
- # paléosol Saalien-Weichsélien.

Par endroits, la distinction peut être faite entre les limons du Weichsélien inférieur et moyen (LP2), et les limons du Weichsélien supérieur (LP3).

- **Limons du Weichsélien inférieur et moyen** : (notés LP2).

Dans les descriptions qui suivent, la chronologie alpine correspondante est indiquée entre parenthèses, car cette terminologie a souvent été utilisée, en particulier dans les notices des cartes géologiques.

à la base : Weichsélien inférieur ou début glaciaire (= Würm I) :

C'est un limon brun-marron argileux, feuilleté, à points et tubulures noires ferro-manganiques. Ce niveau correspond à un remaniement du sol interglaciaire sous-jacent (paléosol Saalien-Weichsélien) par ruissellement et solifluxion.

au sommet : Weichsélien moyen ou pléniglaciaire inférieur (= Würm II) :

C'est un limon brun-jaune, lité et (ou) grumeleux, peu argileux ; le litage est épais, ondulé, avec des points noirs ferro-manganiques. Son épaisseur varie régionalement de 0 à 5 m.

Souvent, les limons du Weichsélien moyen ont été en partie ou totalement tronqués au cours d'une phase d'érosion figurant la limite entre le Weichsélien moyen et le Weichsélien supérieur ; il ne reste alors qu'un limon brun-jaunâtre peu épais à aspect grumeleux caractéristique. Cette phase d'érosion se traduit par le "niveau de Kesselt", souvent souligné par des cailloutis ou pavage, par des petites fentes de gel et des langues de congéfluxion (-solifluxion en climat froid-). Le niveau de Kesselt, présent en Normandie, dans tout le nord

de la France et jusqu'en Belgique où il a été daté 28 200 ans BP à Zolzate, permet d'établir de bonnes corrélations dans les limons weichséliens.

- **Limons du Weichsélien supérieur** [post-kesselt] ou Pléniglaciaire supérieur (= Würm III) : (notés LP3).

Placés au-dessus du niveau de Kesselt, ils sont lités régulièrement, et peu argileux (< 12 % à la base). Le constituant principal est le quartz, mais les feldspaths (potassiques et plagioclases), la muscovite, sont bien représentés, et des minéraux lourds sont également présents (épidote, amphibole, grenat).

Deux petits niveaux d'érosion peu marqués, analogues à celui de Kesselt, dénommés K'' et K''' subdivisent parfois les limons du Weichsélien supérieur en trois termes.

L'épaisseur régionale varie en moyenne de 2 à 6 m. La partie terminale est presque toujours altérée par le sol holocène sur 0,5 à 2 m.

Ce sont les limons du Weichsélien supérieur qui, le plus souvent apparaissent à l'affleurement.

La figure 3 synthétise lithostratigraphie et chronostratigraphie des limons et loess de Haute-Normandie.

5.4.3. Niveaux lithostratigraphiques remarquables au sein des loess :

Les niveaux remarquables au sein des loess sont le niveau de Kesselt, le sol interglaciaire de l'Eémien (sol de St-Romain, sol d'Elbeuf I) et les grandes fentes de gel (J.P. Lautridou, Dijon 1978).

- **le niveau de Kesselt :**

Ce sol a été défini en Belgique, à Kesselt, par Gullentops dans ses travaux de thèse en 1954.

C'est un sol peu développé qui a subi des déformations par cryoturbation. Il sépare deux niveaux de loess pléniglaciaires du Weichsélien moyen et supérieur. Sa datation à Zelzate, en Belgique a donné un âge de 28 270 ans BP.

En Normandie, ce sol de Kesselt est peu développé ou pour le moins tronqué ultérieurement à sa formation, érodé, ce qui limite beaucoup les traces de pédogénèse témoignant de son évolution ; pour cette raison, il convient plutôt de parler en Normandie de "niveau de Kesselt".

- **les niveaux de St-Romain et de Goderville :**

Ils se présentent au sein des loess du Weichsélien supérieur (ou pléniglaciaire supérieur). Ils sont caractérisés par des petites fentes déformées par gélifluxion, qui leur donne l'aspect dit de "niveau à virgules". Le niveau de St-Romain qui présente des grandes fentes à remplissage de glace correspond au maximum du froid pour cette période.

- **les grandes fentes :**

Elles constituent un marqueur stratigraphique reconnu. Elles sont signalées dans le niveau de Kesselt et de St-Romain, mais on les retrouve aussi, bien que rarement, à la base du Weichsélien inférieur (Mesnil-Esnard).

- **les sols de Roumare et de Mesnil-Esnard :**

Ils se trouvent dans la paléoprovince vexinienne où le Weichsélien inférieur est plus développé qu'à l'ouest dans la paléoprovince normande. La position stratigraphique de ces deux sols est aujourd'hui arrêtée :

* *le sol de Roumare*, fréquemment décarbonaté et gleyifié correspond au sol de Kesselt ; il se place donc entre les loess calcaires du Weichsélien moyen (ou pléniglaciaire inférieur) et les limons à doublets du Weichsélien supérieur (ou pléniglaciaire supérieur).

* *le sol de Mesnil-Esnard* gléyifié et carbonaté se place à la base des loess calcaires du Weichsélien moyen, et au-dessus des limons soliflués du Weichsélien inférieur (ou glaciaire ancien).

- **le sol de St-Romain et le sol I d'Elbeuf :**

Ce sont les horizons Bt de sols bruns lessivés, partiellement tronqués. Ces deux sols sont situés sous le Weichsélien inférieur de faciès normand (gélifluxion) à St-Romain, et de faciès séquanien (horizons humifères) à St-Pierre-lès-Elbeuf... et sur le dernier loess saalien (limons à doublets).

5.4.4. Quelques affleurements et coupes remarquables (J.P. Lautridou, "Le Quaternaire de Normandie, 1983).

Quelques unes de ces coupes sont placées en annexe.

Quelques affleurements privilégiés sont le siège de la définition de différents types de limons considérés comme des références :

→ **A Saint-Romain**, en pays de Caux, se situe la coupe de référence pour les limons à doublets résultant d'une pédogénèse de milieu froid, et pour la séquence weichsélienne normande.

→ **A Saint-Pierre-lès-Elbeuf** on trouve la coupe de référence des loess weichséliens récents soit de haut en bas :

* paléosol brun-noir 5 : c'est un sol gris forestier, à caractère steppique.

* paléosol noir 5 bis : c'est également un sol gris forestier, organique (1 %), à grosses taches jaunes.

* paléosol éémien Elbeuf I : horizon B3t de sol brun lessivé à revêtement argileux sur loess saalien à doublets peu nets ;
Cette séquence est appelée "séquence loessique séquanienne" (c'est-à-dire attachée à la Seine).

→ A **Saint-Pierre-lès-Elbeuf** on trouve également la coupe de référence des loess weichséliens anciens, soit de haut en bas :

- * paléosol Elbeuf II : c'est un horizon Bt de sol brun lessivé ;
 - * niveau de limons à doublets ;
 - * paléosol Elbeuf III : c'est un complexe de paléosols (horizon Bt de sol brun lessivé), développé sur loess et sur sables limoneux ;
 - * paléosol Elbeuf IV : c'est toujours un horizon Bt de sol brun lessivé, développé sur limon lité puis sur sables limoneux à silex anguleux à sub-émoussés ;
 - * la nappe alluviale à galets émoussés supporte l'ensemble des loess anciens et récents.
- Chacun de ces cycles loessiques est de type normand ; il correspond à une succession ascendante constituée par un lit de cailloutis, des limons à doublets, un sol brun lessivé inter-glaciaire.

→ A **Iville** est définie la séquence loessique vexinienne ; l'affleurement montre une 1ère coupe dans les loess récents et une 2ème coupe dans les paléosols de base.

La figure 3 indique la chronostratigraphie retenue en Normandie et expose la lithologie des limons de Normandie, dans la province séquanienne et dans la province normande (J.P. Lautridou -1999-). Un certain nombre de coupes de référence est placé en annexe.

5.5. EPAISSEURS ET REPARTITION DES FORMATIONS LIMONEUSES PLEISTOCENES

5.5.1. Aperçu global de la répartition et des épaisseurs à l'échelle de la région :

Dans la partie située au nord de la Seine :

- * *les limons de couverture* sont essentiellement des limons à doublets, non carbonatés, de faciès normand ; leur épaisseur est importante à l'ouest du département de Seine-Maritime et dans le pays de Caux, (5 à 10 m en moyenne sur les feuilles de Bolbec et Yvetot, et localement > 11 m) ; elle diminue lorsque l'on progresse vers l'est/nord-est, en particulier à l'approche du pays de Bray dans lequel ne subsistent que de rares placages de limons.
- * *les loess carbonatés* jalonnent le rebord du plateau et les versants dominant la vallée de la Seine en rive droite ; ils constituent le cycle des loess séquaniens, fréquemment dégradés et limités en extension à une dizaine de pastilles.

Dans la partie située au sud de la Seine :

- * *les limons à doublets* sont très dominants, mais cependant moins abondants et moins puissants qu'au nord de la Seine. Les feuilles de Brionne, Elbeuf, Beaumont-le-Roger et

Bernay (centre du département de l'Eure), présentent des épaisseurs de limons de plus de 4 m, mais la couverture est moins uniforme que dans le pays de Caux : les dépôts sont limités au centre des plateaux, beaucoup moins présents sur les versants et absents dans les vallées.

- * *au nord du département de l'Eure* (feuilles Pont-Audemer, Rouen-ouest), les limons à doublets sont un peu plus rares et moins épais (< 4 m).
- * *au sud du département de l'Eure*, les limons sont réduits en extension, passent à des pastilles et disparaissent presque complètement vers Evreux, Saint-André de l'Eure, Breteuil-sur-Iton.
- * *de rares pastilles de loess calcaires épais* de moins de 4 m subsistent à proximité de l'estuaire de la Seine et dans la dernière courbe de l'Eure, avant sa confluence avec la Seine.

Deux petits schémas cartographiques généraux, concernant l'ouest et le nord de la France, montrent, d'une part, l'épaisseur et l'extension des loess, et d'autre part la répartition des différents faciès (figure 4). Ces schémas sont empruntés à Jamagne, Lautridou et Sommé, (Préliminaires à une synthèse sur les variations sédimentologiques des loess de la France du nord-ouest dans leur cadre stratigraphique et paléontologique - 1981).

5.5.2. Une approche de la cartographie des limons :

Une cartographie de l'extension et de l'épaisseur des limons est-elle réaliste dans le cadre de cette étude ?

Les limons couvrent toute la région Haute-Normandie d'une façon presque uniforme. Quels que soient l'aspect (loess non lités, limons à doublets, paléosols...), la séquence (normande, séquanienne, vexinienne) ou l'âge des sédiments (loess récents du Weichsélien, loess anciens anté-weichséliens), les limons sont omniprésents. Leur puissance est éminemment variable ainsi que le montrent plusieurs cartes géologiques portant des indications ponctuelles d'épaisseur ; celle-ci varie très vite selon la morphologie actuelle et la morphologie fossile du substratum sur lequel les limons sont déposés.

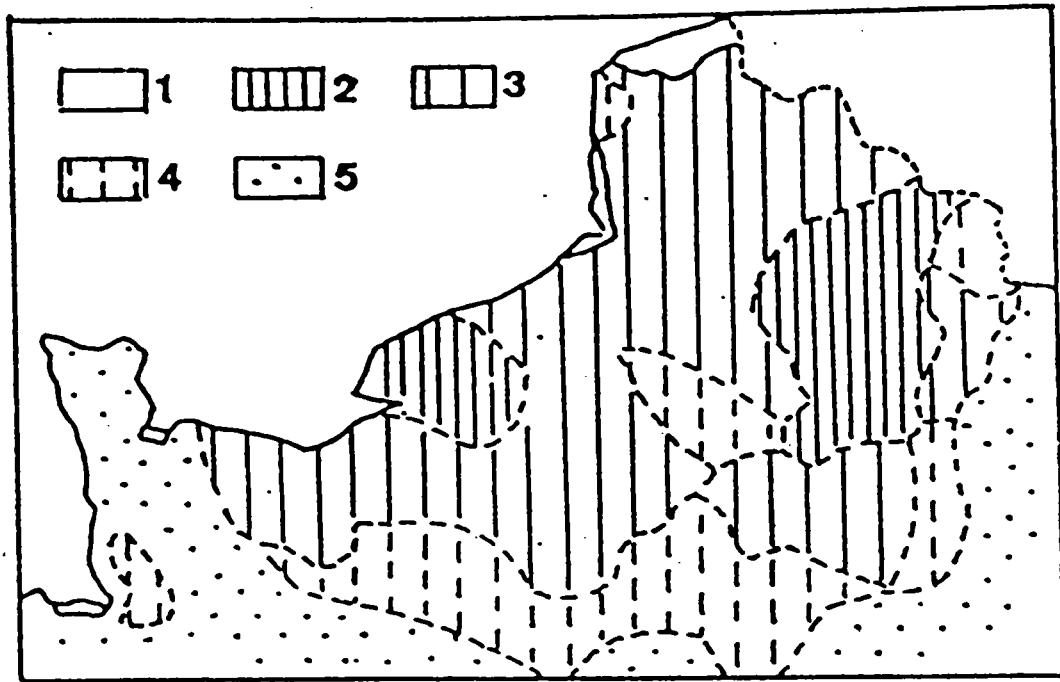
C'est pourquoi, dans l'état actuel des connaissances et compte tenu du cadre de l'étude relative aux matériaux de substitution, il serait irréaliste d'essayer de produire une carte des variations de puissance des limons. Tout au plus est-il possible de produire des extraits de cartes qui restent assez générales, établies à une échelle pluri-régionale par les auteurs spécialistes des limons normands.

Une carte des loess de Normandie à 1/1 000 000 donne une idée de la répartition et des épaisseurs des limons en Haute-Normandie (Coutard, Dewolf, Helluin, Lautridou, Ozouf, Pellerin, in "Le Quatenaire de Normandie -1983-). Cette carte constitue la figure 5.

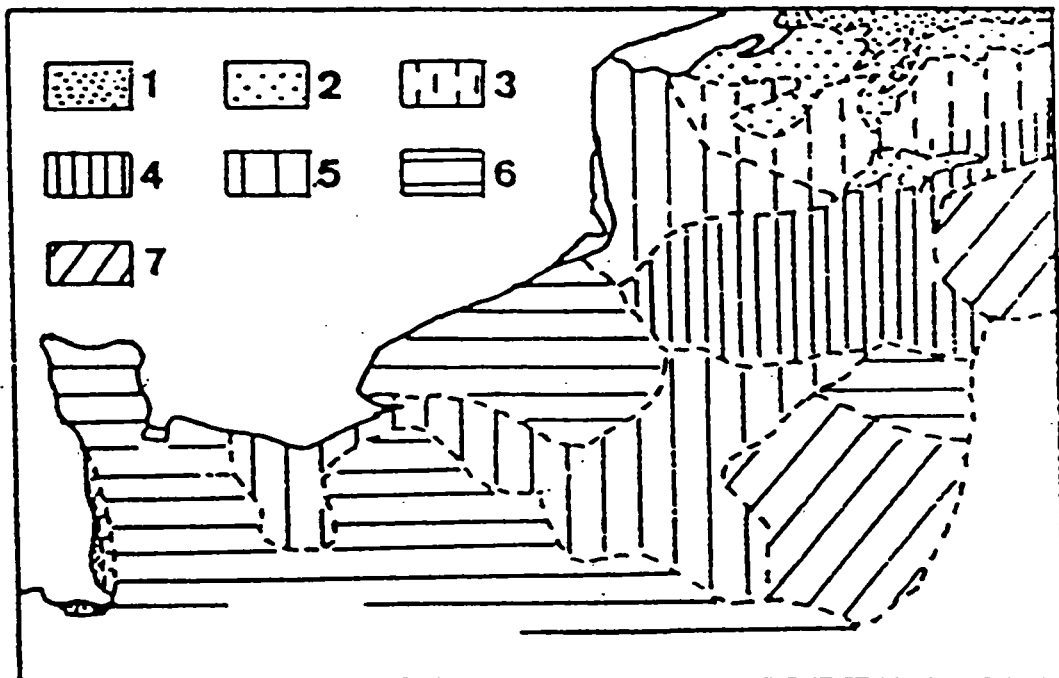
Secteurs plus particulièrement favorables à l'utilisation potentielle des limons :

Ce sont bien sûr les endroits où les limons sont les plus épais. La carte de la figure 4 situe les principales zones de forte puissance ; par ailleurs, ces secteurs peuvent être liés à des dispositifs structuraux ou morphologiques favorables à l'accumulation des dépôts.

Figure 4 : Répartition, extension et épaisseurs des loess (France du nord-ouest).
(Jamagne, Lautridou et Sommé -1981).



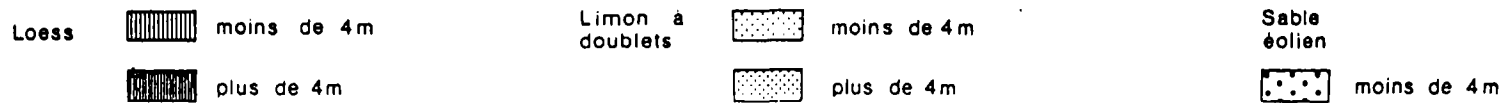
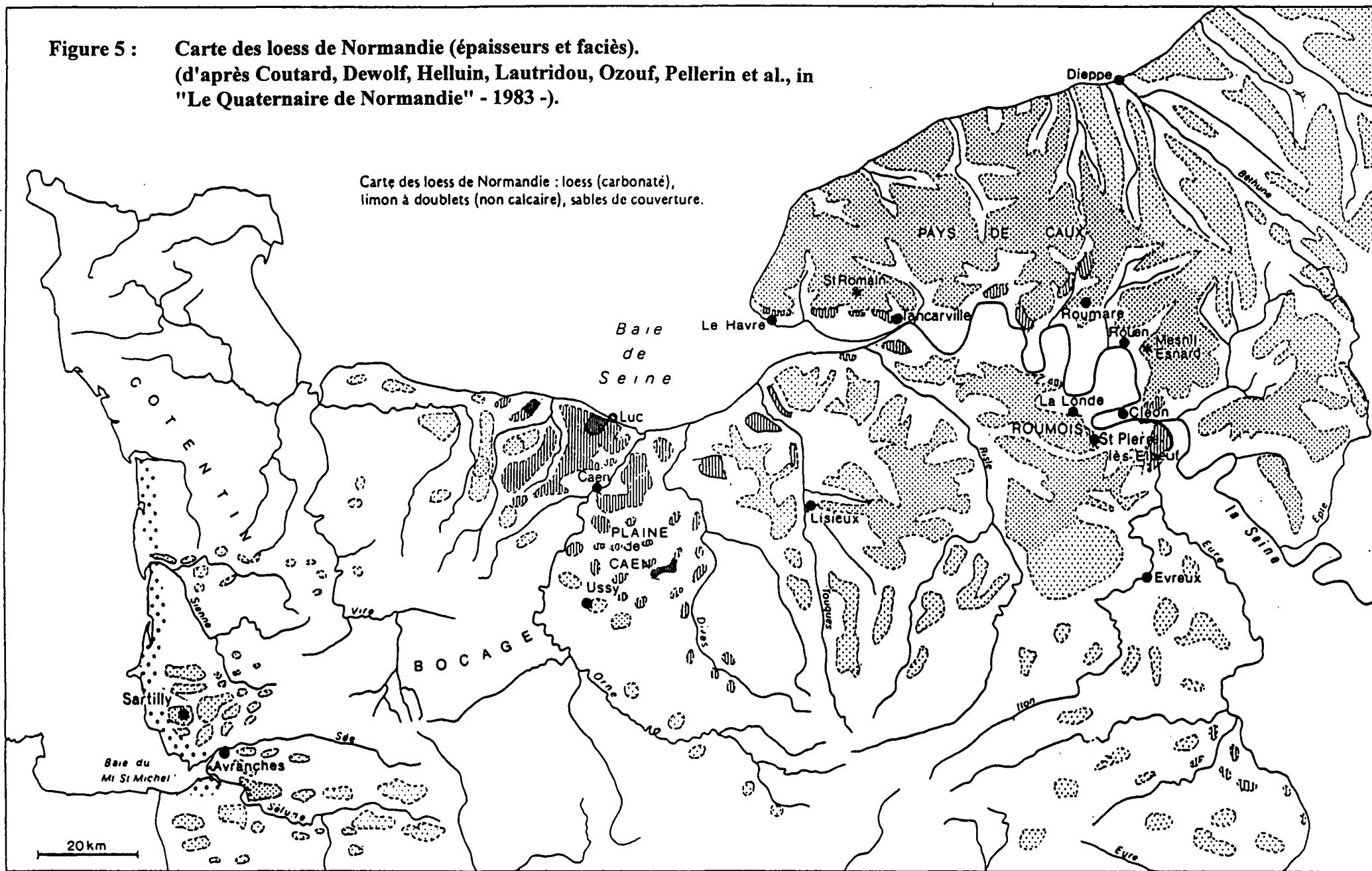
A : Extension et épaisseur des loess : 1 - Holocène marin ;
2 - Couverture continue (> 5 m) ; 3 - couverture continue (< 5 m) ;
4 - Couverture discontinue (épaisseur variable) ; 5 - Placages.



B : Faciès des loess et formations éoliennes : 1 - Sables de couverture ; 2 - Sables et limons ;
3 - loess typique de couverture (Weichsélien sup.) ; 4 - loess typique ; 5 - loess typiques du
Pléistocène récent et loess du Pléistocène moyen (lités ou à doublets) ; 6 - loess à doublets et
loess bruns ; 7 - loess argileux.

Figure 5 : Carte des loess de Normandie (épaisseurs et faciès).
 (d'après Coutard, Dewolf, Helluin, Lautridou, Ozouf, Pellerin et al., in
 "Le Quaternaire de Normandie" - 1983 -).

Carte des loess de Normandie : loess (carbonaté),
 limon à doublets (non calcaire), sables de couverture.



- les grands axes synclinaux du substratum crayeux sont des structures propres à ces accumulations ; c'est le cas du large synclinal de Tôtes/St-Valéry-en-Caux/Auppegard. Au contraire, les zones anticlinales telles que l'axe du pays de Bray et l'axe de Yerville/Doudeville sont des secteurs défavorables, à faible épaisseur, voire dépourvus de limons.
- les vallons fossiles souvent comblés par des limons constituent des zones de réserves intéressantes.
- les tableaux de forages présentés en annexe indiquent pour chaque carte du découpage I.G.N. les forages répertoriés, la description de la coupe géologique et de nombreux autres paramètres ; la colonne indiquant l'épaisseur des limons est placée en début de tableau, à gauche, et les ouvrages sont classés par ordre décroissant des épaisseurs de limons. Le tableau général récapitulatif (figure 6), placé ci-après désigne les cartes sur lesquelles les limons sont les plus épais. Par ordre d'importance décroissante, ces cartes sont les suivantes :

- # Yvetot (76),
- # Saint-Saëns (77),
- # Montivilliers-Etretat (74),
- # Rouen-Est (100),
- # Bolbec (75),
- # Gournay (101).

Une estimation des volumes ou des tonnages disponibles est-elle réaliste ?

Compte tenu de la difficulté à réaliser une carte précise des épaisseurs de limons et à circonscrire, dans le détail, des secteurs de puissances importantes favorables à l'exploitation, il n'est pas réaliste non plus de tenter de donner une estimation des tonnages de matériau disponible. Il faut garder à l'esprit que les volumes disponibles sont immenses et assez facilement mobilisables, aux problèmes d'environnement près !

En cas de nécessité d'utilisation de limons comme matériau de remblai, la ressource devra être recherchée localement, à proximité du point d'utilisation, en fonction des caractères lithologiques des limons et des contraintes d'environnement. Les éléments qui guideront cette recherche sont en particulier :

- * la facilité d'accès à la ressource,
- * la puissance et l'extention des limons,
- * la proximité du chantier utilisateur (limiter le transport pour limiter le coût),
- * la possibilité d'exploiter en respectant l'environnement, sans nuire aux paysages, ni aux ouvrages privés ou publics existant au voisinage du chantier d'extraction.

Renvoi aux cartes géologiques à 1/50 000 :

Les cartes géologiques et leurs notices donnent souvent des informations ponctuelles précises. En cas de besoin de limons pour assurer des remblais, il conviendra de se rapprocher des informations disponibles sur la carte géologique du secteur concerné, et éventuellement sur les cartes voisines. Le chapitre 6 donne le détail de ces informations, carte par carte.

Figure 6 : CLASSES D'ÉPAISSEUR DES LIMONS								
nombre d'ouvrages par classe et par carte géologique								
(classement décroissant des épaisseurs les plus importantes)								
Nom de la carte	N° de carte	Ep > 10m	10m>Ep>5m	5m>Ep>2m	Ep < 2m	Ep = 0m	Ep = ?	Nb Total For.
Yvetot	76	7	26	75	26	21	30	185
Saint-Saëns	77	4	28	56	34	24	42	188
Montivilliers-Etretat	74	3	11	41	12	20	18	105
Rouen-Est	100	3	10	23	16	76	31	159
Bolbec	75	2	13	81	27	39	16	178
Gournay	101	2	4	8	7	13	35	69
Fécamp	57	1	7	5	2	12	9	36
Rouen-Ouest	99	1	3	7	11	83	20	125
Le Havre	97	1	2	1	0	3	2	9
Pont-Audemer	98	1	1	2	1	24	5	34
Londinières	59	0	10	22	11	3	2	48
Elbeuf	123	0	5	6	2	12	8	33
Bernay	148	0	5	6	4	19	7	41
Brionne	122	0	5	5	0	12	6	28
Breuteuil-sur-Iton	179	0	5	1	2	15	21	44
Neufchâtel	60	0	4	13	10	14	2	43
Dieppe-Est	43	0	4	2	4	3	9	22
Doudeville	58	0	3	24	9	3	7	46
Evreux	150	0	3	3	10	21	14	51
Gisors	125	0	2	15	4	0	2	23
Rugles	178	0	2	4	1	25	10	42
St-André-de-l'Eure	180	0	1	7	9	25	20	62
Dieppe-Ouest	42	0	1	4	4	2	0	11
Les Andelys	124	0	1	2	3	10	2	18
Beaumont-le-Roger	149	0	1	1	2	11	11	26
Gamaches	44	0	1	0	4	4	1	10
Mantes-la-jolie	151	0	0	0	0	5	1	6
Verneuil	215	0	0	0	8	22	10	40

5.6. L'INFORMATION "CARTE GEOLOGIQUE A 1/50 000"

5.6.1. Méthode de travail :

L'ensemble des notices et des cartes géologiques à 1/50 000 couvrant les deux départements hauts-normands a été consulté. Pour chaque carte, les informations concernant les limons et les loess ont été synthétisées ; elles sont de natures diverses : lithologie, stratigraphie, répartition spatiale, puissance des dépôts, liaisons avec la morphologie et la topographie, granulométrie, composition minéralogique, paléogéographie, genèse des différents types de limons et loess...

L'ordre de consultation des cartes s'appuie sur le découpage I.G.N. à 1/50 000 (voir en annexe). La démarche adoptée est la suivante :

- le point de départ est la carte de Montivilliers-Etretat, puis celles situées sur la même bande, jusqu'à Forges-les-Eaux à l'ouest,
- la bande supérieure est parcourue de l'est (Neufchâtel), vers l'ouest (Fécamp),
- la bande supérieure est parcourue de l'ouest (Dieppe), vers l'est (Gamaches),
- l'examen reprend depuis Pont-Audemer jusqu'à Gournay à l'est, puis en descendant vers le sud d'une bande à l'autre, jusqu'à Verneuil qui est la carte la plus méridionale de la région Haute-Normandie.

5.6.2. Hétérogénéité de l'information

Les cartes géologiques ayant été réalisées dans un passé plus ou moins proche, les formations superficielles et les limons en particulier n'ont pas toujours fait l'objet de la même attention. Certaines notices présentent pour les limons un commentaire très réduit ; d'autres au contraire ont fait l'objet de développements importants sur ce thème.

Il faut en particulier signaler le cas d'un bloc de 4 feuilles qui font référence pour le traitement des limons et des loess : il s'agit des cartes d'Yvetot, Saint-Saëns, Londinières et Doudeville. Dans la synthèse qui suit, les informations relatives à ce bloc de cartes ont été rassemblées dans le paragraphe consacré à Yvetot.

Sur le plan de la chronostratigraphie, la terminologie utilisée dans les différentes notices a été respectée. La séquence alpine des glaciations pléistocènes (Gunz, Mindel, Riss, Würm) est plus souvent évoquée que la séquence nordique des glaciations et interstades pléistocènes (Ménapien, [inter-glaciaire=CROMERIEN], Elstérien, [inter-glaciaire=HOLSTEINIEN], Saalien, [inter-glaciaire=EEMIEN], Weichsélien). La seconde est cependant celle qui fait référence aujourd'hui en Normandie.

Il convient de préciser que les correspondances entre les termes de la séquence nordique et les termes de la séquence alpine sont clairement établies pour le Pléistocène supérieur et le sommet du Pléistocène moyen, mais que, au-dessous du Saalien, les équivalences sont plutôt incertaines et doivent être considérées avec précautions pour plusieurs raisons et en particulier car :

- * les évolutions climatiques du Pléistocène inférieur et moyen ont été très complexes, irrégulières, instables.
- * Les sédiments qui en témoignent sont érodés, tronqués, altérés, transformés par de multiples pédogénèses.

5.6.3. Détail de l'information "limons" sur chaque carte

Chacune des cartes géologiques à 1/50 000 est repérée par son numéro et son nom dans le découpage I.G.N., les noms des principaux auteurs de la notice, et l'année de publication de la carte.

74 - MONTIVILLIERS / ETRETAT : C. Boltenhagen, F. Ménillet, Y. Ternet et al. (1968).

Cette carte correspond à un plateau d'altitude 100 m environ, d'une grande uniformité morphologique. Les limons y sont notés comme suit :

- Lv : Limons de comblement des fonds de vallées :

On les trouve en fond de vallées sèches et sur glacis de faible pente, en bas des versants.

Il existe tous les intermédiaires entre les limons loessiques, homogènes ou lités et les limons colluviaux pouvant contenir des silex. Ils ne sont pas calcaires, du moins dans les couches superficielles, mais le deviennent dans la partie inférieure.

L'épaisseur est variable et difficile à évaluer : 8 m à la carrière de la briqueterie d'Epouville (vallée de la Lézarde).

- LP : Limons des plateaux :

Ils forment une couverture presque continue. Ils sont épais, et leur puissance croît en direction du SE ou elle peut dépasser 10 m.

Ils ne sont pas homogènes et on peut les interpréter comme une succession de loess séparés par des lehms.

- * les loess sont jaunes, soient massifs, soient finement zonés en lits de quelques millimètres (limons à doublets) ; ils ne sont pas calcaires.
- * les lehms sont rougeâtres, argileux, grumeleux ou fendillés, tachés d'ocre et de gris. (autrefois exploités pour briqueterie).

Note : Il n'existe pas d'indications ponctuelles d'épaisseurs des limons sur la carte.

75 - BOLBEC : F. Ménillet et al. (1970).

Le plateau de Caux d'altitude 130 à 150 m est entaillé de vallées profondes orientées vers le SE (vers la Seine). Une épaisse couverture de limons et de formations à silex masque les craies du Cénomanién supérieur, du Sénonien et du Turonien.

La faille de Bolbec, important accident tectonique coupe presque toute la feuille du NO au SE (axe Mirville / Bolbec / Lillebonne) --> compartiment est = affaissé ; compartiment ouest = remonté.

- *LP : Limons des plateaux :*

Ces limons sont homogènes, meubles mais cohérents ; ils ne sont ni collants ni plastiques à l'état humide ; à l'état sec, ils deviennent pulvérulents.

Les épaisseurs relevées sur la feuille sont de l'ordre de 5 à 10 m.

- à l'ouest de la faille de Bolbec, les épaisseurs sont les plus importantes : fréquemment de l'ordre de 5 m, mais aussi par endroits > 8 m (Mirville), > 9 m (La Cerlangue), > 11,5 m (St Romain de Colbosc).
- à l'est de la faille de Bolbec, les épaisseurs de limons un peu moins importantes sont généralement un peu inférieures à 5 m ; cependant, dans le forage 75/3X/17 (Raffetot) on note une épaisseur de 10 m de limons.

En haut des versants, les limons passent insensiblement aux colluvions dont ils sont la composante principale.

Des coupes observées en plusieurs endroits permettent de reconstituer une succession de 4 lehms et de 4 loess successifs, avec quelques intercalations de lits centimétriques de petits cailloux anguleux.

Certaines coupes montrent que les limons anciens ont souvent été érodés.

Il existe quelques études granulométriques et minéralogiques :

* granulométrie très homogène :

- # les modes se situent entre 20 et 50 μm (40 et 50 μm pour les limons récents) ;
- # la fraction argileuse (< 2 μm) varie de 1 à 10 % pour les loess ;
- # la fraction argileuse (< 2 μm) est de 25 % pour les lehms ;
- # la fraction argileuse (< 2 μm) varie de 15 à 35 % pour les limons ;
- # proportions équivalentes de kaolinite, d'illite et de montmorillonite ;
- # la fraction sableuse est presque toujours < 1 % ; elle est issue des sables tertiaires inclus dans la formation à silex ;
- # les fractions supérieures à 20 μm sont essentiellement constituées de quartz, de muscovite, de grains ferrugineux ; les grains de glauconie sont très rares et le calcaire est absent ;
- # indice d'hétérométrie : 0,80 pour les lehms et 0,30 à 0,50 pour les loess récents : ces derniers sont donc bien triés ;
- # les limons des plateaux sont à l'origine de la plupart des sols de la région ; ils évoluent généralement en sols bruns lessivés.

La composition des limons, en particulier au regard de la nature des minéraux argileux et de leurs proportions respectives, est presque identique à celle des vases du plateau continental ; cette observation confirme l'hypothèse de J.P. Lautridou : le matériel loessique aurait pour origine les sédiments du plateau continental, peut-être en partie exondé pendant les périodes glaciaires.

Note : Il existe sur la carte des indications ponctuelles d'épaisseurs des limons.

76 - YVETOT : G. Kuntz, L. Clozier et al. (1974)

La feuille est occupée par le plateau du pays de Caux qui culmine à 180 m à l'est, s'abaisse très lentement vers le NE (165 m) et de plus en plus vers le SO (150 m puis 140 m).

Il existe plusieurs failles à fort rejet avec des directions très contrastées.

Au quaternaire, les vallées se creusent par étapes successives et les plateaux se recouvrent de dépôts éoliens fins (loess) à l'occasion de chaque période glaciaire.

Les limons très développés sur la feuille ont fait l'objet de nombreuses exploitations locales pour la fabrication de murs en pisé et de briques pleines. Ces exploitations sont aujourd'hui abandonnées.

Une stratigraphie des limons est proposée :

- LP : Limons non différenciés :

D'origine éolienne, datant des périodes froides du Quaternaire, ils sont constitués pour l'essentiel de grains de quartz très fins ($< 60 \mu\text{m}$). Les limons montrent une grande diversification pas toujours cartographiable, dont l'expression "complexe des limons" rend bien compte. Pour chaque cycle de dépôt, il est possible de distinguer la séquence théorique suivante :

- * à la base = limon argileux de solifluxion (phase humide en début de période froide),
- * au-dessus = limon éolien (loess) non remanié (période froide et relativement sèche),
- * au sommet = évolution pédogénétique du sédiment à la faveur d'une période de réchauffement.

L'épaisseur peut dépasser 10 m.

- LP1 et ALP1 : Limons anciens.

Ils sont éoliens, parfois lités, généralement très altérés, de couleurs brun-jaune à rouge ; ils sont argileux (20 à 40 % d'argile à dominante de kaolinite et illite ; peu de montmorillonite) ; ils contiennent des minéraux lourds où dominent les minéraux ubiquistes (zircon, tourmaline, rutile) : Ce sont donc des lutites quartzo-felspathiques argileuses.

Les limons anciens peuvent être :

- * de très vieux limons et paléosols du Quaternaire ancien (ALP1) : ils sont discontinus, en lentilles ou conservés dans des poches de la formation argilo-sableuse à silex (Rs), et couronnés par des paléosols rouges argileux (on peut repérer jusqu'à 3 pédogénèses successives).
- * limons et loess anté-rissiens (Mindel probables), et rissiens : ils sont bruns, argileux (parfois jusqu'à 10 à 15 % d'argile), entrecoupés de paléosols (3 paléosols sont distingués sur la feuille Elbeuf) . On les a observés sur plusieurs mètres en sondage dans les anciennes carrières de Flamanville et de Fréville. On les retrouve sur la feuille d'Elbeuf dans la belle coupe de St Pierre les Elbeuf, (Lautridou et Verron 1970).
- * sol brun lessivé Riss-Würm I : Ce paléosol argileux généralement tronqué à sa partie supérieure est observable en particulier sur la feuille Elbeuf (St-Romain, St-Pierre-lès-Elbeuf) et sur la feuille Doudeville (Anglesqueville-la-bras-long).

- LP2-3 : Limons würmiens

Ce sont des loess éoliens, finement lités (limons à doublets) et généralement non carbonatés. Appelés "limons à doublets", ils présentent une alternance de lits ondulés bruns, jaunes ou gris dont l'épaisseur varie de 1 à 20 mm.

On peut les définir comme des lutites quartzo-feldspathiques légèrement argileuses (moins de 20 % d'argiles à smectites dominantes. Ils se composent d'argile et de minéraux lourds (> 20 %). La fraction granulométrique dominante est la classe 2 à 50 µm (médiane 20 à 30 µm).

La séquence des limons würmiens est de type normand (Lautridou 1972), soit de haut en bas :

- # loess lité supérieur (Würm supérieur) : altération à l'holocène → sol brun lessivé sur parfois plusieurs mètres ;
- # niveau d'érosion niveau de Kesselt (28 000 ans BP) ;
- # loess généralement lité (Würm moyen) ;
- # limon de solifluxion (Würm inférieur) ;
- # paléosol Riss-Würm.

Par endroit, la distinction peut être faite entre les limons du Würm inférieur et moyen (LP2), et les limons du Würm supérieur (LP3).

*** LP2 : Limons du Würm inférieur et moyen**

Würm inférieur = W I (à la base) : limon brun-marron argileux, feuilleté, à points et tubulures noires ferro-manganiques. Ce niveau correspond à un remaniement du sol interglaciaire sous-jacent (paléosol Riss-Würm I) par ruissellement et solifluxion.

L'épaisseur varie régionalement de 1 à 3 mètres. Il est observable en coupe à Flamanville et Roumare (feuille Yvetot), à la rue au sel (feuille St-Saëns), à Doudeville et Bertreville-St-Ouen (feuille Doudeville).

Würm moyen = W II, = pléniglaciaire inférieur (au sommet) : limon brun-jaune, lité et (ou) grumeleux peu argileux ; litage épais, ondulé, avec des points noirs ferro-manganiques.

L'épaisseur varie régionalement de 0 à 5 m. Ce niveau est observable sur les mêmes sites que le LP2 du Würm inférieur, ainsi qu'à St-Pierre-le-Vieux.

Souvent, les limons du Würm moyen ont été en partie ou totalement tronqués au cours d'une phase d'érosion figurant la limite entre le Würm moyen et le Würm supérieur ; il ne reste alors qu'un limon brun-jaunâtre peu épais à aspect grumeleux caractéristique. Cette phase d'érosion se traduit par le "niveau de Kesselt", souvent souligné par des cailloutis ou pavage, par des petites fentes de gel et des langues de congélifluxion - solifluxion en climat froid -. Le niveau de Kesselt, présent en Normandie, dans tout le nord de la France et jusqu'en Belgique où il a été daté 28 200 ans BP à Zolzate, permet d'établir de bonnes corrélations dans les limons würmiens.

*** LP3 : Limons du Würm supérieur (post-kesselt) = Pléniglaciaire supérieur = Würm III**

Placés au-dessus du niveau de Kesselt, ils sont lités régulièrement, et peu argileux (< 12 % à la base). Le constituant principal est le quartz, mais les feldspaths (potassiques et plagioclases), la muscovite sont bien représentés.

Minéraux lourds : épidote --> parfois plus de 70 % dans la fraction 50 à 100 µm, amphibole, grenat (< 10 %).

Ces limons lités peuvent être localement remplacés par des limons calcaires homogènes, dans le pays de Bray (feuille de Londinières), à St-Pierre -les-Elbeuf (feuille Elbeuf), et à St-Pierre-le-Vieux (feuille Doudeville).

Deux petits niveaux d'érosion peu marqués, analogues à celui de Kesselt, dénommés K" et K'" subdivisent parfois les limons du Würm supérieur en trois termes .

L'épaisseur régionale varie de 2 à 6 m. La partie terminale est presque toujours altérée par le sol holocène sur 0,5 à 2 m.

Ce sont les limons du Würm supérieur qui, le plus souvent apparaissent à l'affleurement.

- LPs : Limons à silex, argileux

Surtout situés en bordure de plateau et dans les pentes, ces limons argileux homogènes, brun à rouge et à silex ont des origines variées (brassages des labours, colluvionnement sur pentes faibles, affleurements de limons anciens LP1...).

L'épaisseur est variable ; plutôt faible en général, elle peut atteindre 10 m dans des poches.

Note: La carte comporte des notations ponctuelles d'épaisseurs totales ou partielles des différentes formations de limons.

77 - SAINT-SAENS : G. Kuntz, J.P. Lautridou (limons), R. Médioni et al. (1972)

Cette feuille présente les mêmes caractéristiques que celle d'Yvetot ; on y rencontre les mêmes subdivisions, la même classification des limons.

Sur le plateau, l'épaisseur varie de quelques décimètres à plus de 10 m. D'une manière générale, l'épaisseur moyenne diminue sur le territoire de la feuille lorsqu'on se déplace du sud-ouest au nord-est, en se rapprochant du pays de Bray.

Note : la carte comporte des notations ponctuelles d'épaisseurs, totales ou partielles.

78 - FORGES-les-EAUX : A. Blondeau, C. Fraisse, B. Pomerol, Ch Pomerol, G. Teste et al (1978)

Cette carte concerne essentiellement le pays de Bray (terrains jurassiques et créacés affleurants). Les limons des plateaux (LP) sont faiblement représentés dans le quart nord-est de la carte (au nord et nord-ouest de Formerie) et très peu dans le quart sud-ouest de la feuille. Dans ces deux secteurs, les formations résiduelles à silex, les limons de pente à silex, et les colluvions d'origine diverses sont nettement plus abondants que les limons des plateaux non remaniés.

Note : il n'existe pas sur cette carte de notations ponctuelles d'épaisseurs de limons des Plateaux.

60 - NEUFCHATEL : G. Kuntz, R. Médioni, J.P. Lautridou et al. (1979)

Cette feuille comporte des biefs et des limons à silex, mais ces formations hétérogènes ne sont pas prises en considération dans l'étude.

Le bief est une formation constituée de silex fragmentés, emballés dans une matrice argilo-sableuse. C'est la partie supérieure de l'argile à silex, remaniée par un ruissellement local ou la cryoturbation.

Les limons à silex correspondent à des silex fragmentés au sien d'une matrice limoneuse. Ce sont des dépôts quaternaires bruns à brun-rouge, généralement antérieurs au Würm.

- LP : Limons indifférenciés :

Ils couvrent en grande partie les plateaux peu étendus qui subsistent entre les vallées de l'Aulne, de l'Yères et de la Bresle, et sont bien représentés en Picardie sur le plateau au nord-est d'Aumale.

- LP1 : Limons argileux bruns, anté-Würm (âge Riss probable)

- LP2 -3 : Limons würmiens : 3 coupes privilégiées permettent l'observation de ces niveaux ; il s'agit de la coupe de Montmarquet, de la coupe de Villers-sous-Foucarmont et de la coupe d'Aumale.

* LP2 Würm inférieur à moyen : limons gris ou brun, à intercalation de cailloutis sur les versants.

* LP3 Würm supérieur = pléniglaciaire supérieur : ce sont des limons à doublet reconnus en particulier dans la coupe de Montmarquet.

Note : Il existe sur cette carte quelques points donnant des épaisseurs de limons.

59 - LONDINIÈRES : D. Giot, R. Médioni, J.P. Lautridou et al. (1974).

Les limons sont bien différenciés, tout comme sur les cartes voisines (se référer aux notes prises sur "Yvetot" qui fait la synthèse des informations rencontrées sur toutes les cartes voisines).

Sur la feuille de Londinières, les limons des plateaux sont assez bien développés dans la moitié sud-ouest ; ils forment, sur le plateau, un recouvrement encore important mais assez peu épais à l'ouest de la Scie (2 à 3 m), et à l'est de cette vallée (1 à 2 m seulement). Dans la moitié nord-est de la carte, ils ne subsistent qu'à l'état de minces plaquages, et ils sont très peu représentés sur le Crétacé et le Jurassique de la boutonnière du pays de Bray.

- LP1 : Limons anciens pré-Würm :

Ils affleurent sur les plateaux orientaux de la feuille où ils sont souvent partiellement érodés ne subsistant qu'à l'état de placages. Il n'existe pas de coupe complète connue.

- LP2-3 : Limons würmiens : sur la feuille Londinières, l'épaisseur de ces limons varie de 2,5 à 3 m en moyenne à l'ouest et s'amenuise à l'approche du Bray ; cependant, on note 5 à 6 m au Manoir du Val, sur une pente regardant le NE.

58 - DOUDEVILLE : D. Giot, L. Clozier, J.P. Lautridou [limons] et al. (1974)

Cette feuille présente les mêmes caractéristiques que celle d'Yvetot et de Saint-Saëns ; on y rencontre les mêmes subdivisions, la même classification des limons.

Les limons constituent sur le plateau un recouvrement uniforme. Leur épaisseur augmente du sud vers le nord : maximale avec 8 m dans le quart NE, elle est plutôt de 5 à 6 m dans le NO, et se réduit à 2 ou 3 m au SO.

Les épaisseurs varient avec les structures du substratum crayeux :

- * elles sont minimales au niveau des anticlinaux (axe du Bray et axe de Yerville / Doudeville)
- * elles sont maximales sur les secteurs synclinaux (large synclinal de Tôtes/St-Valéry en Caux / Auppegard).

- LP1, ALP1 : Limons anciens pré-Würm.

Ils affleurent rarement et sont presque toujours recouverts par des limons plus récents ; ils sont relativement peu développés sur cette feuille et épais de 3 à 4 m seulement. Le plus souvent, ils subsistent à l'état de plaquages ou de poches dans les formations résiduelles à silex.

Vers la vallée de la Seine où ils sont beaucoup plus développés, on distingue les 3 niveaux déjà décrits (très vieux limons LP1, limons rissiens et anté-rissiens, sols bruns lessivés Riss-Würm.).

- LP2-3 : Limons wurmiens.

A l'est de Rouen, les limons lités sont progressivement remplacés par les loess non lités, calcaires (observables à St-Pierre-le-Vieux).

L'épaisseur varie de 5 à presque 6 m sur les versants et de 3,5 à 4,5 m sur le plateau.

Note : La carte comporte de nombreuses notations ponctuelles d'épaisseurs totales ou partielles des différentes formations de limons.

57 - FECAMP : Y Ternet et al. (1969)

Les limons des plateaux sont bien développés sur la feuille de Fécamp ; ils couvrent les plateaux et les versants exposés à l'est. Ce sont des loess d'origine éolienne et non calcaires. Ils sont constitués de particules siliceuses très fines (2 à 50 μm) et d'argiles en proportions à peu près égales (kaolinite, illite, montmorillonite) ; quelques rares grains de minéraux lourds complètent la composition des limons : ce sont essentiellement de la tourmaline et du zircon, et plus rarement de la staurotite et du disthène.

L'épaisseur est généralement de l'ordre de deux mètres, mais on note également 4 m à la croix Bigot, 10 m à Vicquetuit au NE de Grainville-le-Teinturière. Elle est faible ou nulle en bordure de la falaise.

La carrière de Vicquetuit montre une bonne coupe sur 10 m d'épaisseur.

Note : cette carte ne comporte pas d'indications ponctuelles d'épaisseurs.

43 - DIEPPE est : G. Bignot et al.(1978)

La notice de cette feuille comporte peu d'indications sur les limons. Leur épaisseur moyenne est estimée variable de 5 à 8 m ; elle diminue à proximité des versants et des falaises.

Les limons ont livré de nombreux vestiges préhistoriques (os de vertébrés, silex taillés...) à Neuville-lès-Dieppe, Vassonville, Gruchet, mont Flandrin ...

Note : cette feuille ne comporte pas de notations ponctuelles d'épaisseurs, ni de subdivisions stratigraphiques à l'intérieur des limons.

44 - GAMACHES : G. Mennessier et al. (1976)

La notice de cette carte ne consacre que quelques lignes aux limons des plateaux, évoquant évasivement une épaisseur de "quelques mètres", et indiquant qu'il n'existe pas de bonne coupe dans cette formation.

Dans l'interfluve entre Bresles et Yères, le Crétacé affleure bien, et les limons sont réduits à une bande assez étroite jalonnant la ligne de partage des eaux entre les deux bassins. Sur la rive gauche de l'Yères, le Crétacé est également bien affleurant : en conséquence, les limons sont assez mal représentés sur la moitié SO de la feuille tandis qu'ils sont plutôt bien développés sur la moitié NE.

Note : il n'existe pas de notations ponctuelles d'épaisseur des limons.

98 - PONT-AUDEMÉR : L. Viallefond et al. (1967)

Les limons des plateaux font l'objet de quelques lignes dans la notice. Ils reposent sur l'argile à silex et peuvent atteindre une puissance de 10 m au centre du plateau mais s'amincissent fortement à l'approche des rebords du plateau (3 m seulement à Trouville-la-Haule).

Les limons occupent la moitié sud-est de la feuille, le nord-ouest étant le domaine de la vallée de la Seine et du début de l'estuaire.

Note : Pas de notations ponctuelles d'épaisseur sur cette carte.

99 - ROUEN ouest : P. Sangnier et al. (1968)

La notice de cette carte présente les limons de plateaux en quelques lignes seulement. Sur cette feuille, ils sont très développés et peuvent atteindre une puissance de 15 m en certains points hauts. La partie superficielle de ces limons, lavée par les eaux de pluie est décalcifiée. Les limons des plateaux reposent sur les argiles à silex.

Sur la feuille Rouen-ouest, les limons prennent une grande extension en rive gauche de la Seine, dans les secteurs de Bourg-Achard et Routot ; ils sont quasiment absents de la vallée de la Seine qui occupe un peu plus que la moitié nord-est de la carte .

Note : pas de notations ponctuelles d'épaisseur sur cette carte.

100 - ROUEN est : P. Sangnier et al. (1967)

La notice de cette carte présente très rapidement les limons des plateaux. Sur cette feuille, ils sont bien développés et épais ; en certains points hauts des plateaux, ils peuvent avoir jusqu'à 15 m de puissance. Dans presque tous les cas, ils reposent sur les argiles à silex. La partie superficielle, lavée par les eaux de pluies est généralement décalcifiée.

Note : pas de notations ponctuelles d'épaisseur sur cette carte.

101 - GOURNAY : G. Kuntz, D. Lefebvre, J.P. Lautridou, R. Médioni et al. (1977)

La description du complexe des limons est très détaillée sur cette feuille ; elle reprend la classification déjà donnée pour les cartes d'Yvetot, St-Saëns, Doudeville, Londinières... soit :

- **LP : Limons indifférenciés** : ils sont surtout épais et étendus dans le SO de la feuille, et plus réduits ailleurs. Aucun limon calcaire n'a été reconnu sur cette feuille, alors qu'il en existe en pays de Caux et plus loin en région parisienne.

- **LP1 : Limons anté-würmiens, bruns à brun-rouges.**

Dans le sud-ouest de la feuille, ils sont le plus souvent masqués par les limons würmiens ; en revanche, vers le nord, le nord-est et l'est, ils apparaissent localement en affleurements d'importance limitée, sur les plateaux ou les versants par suite de la raréfaction des limons würmiens.

Leur épaisseur reconnue est de 5,7 m près de Puiseux-en-Bray (ancienne carrière de limons), où ils sont surmontés de 1 m de limons würmiens.

Une ancienne carrière de limons à Lisors (ouest de la carte) montre sur 0,5 m le sol tronqué de l'interglaciaire Riss-Würm, connu sous le nom de "fendillé" : c'est un limon argileux, brun-rouge, à structure polyédrique et fins revêtements argileux (horizon Bt de sol brun lessivé) ; ce niveau particulier est également reconnu en plusieurs points sur la feuille Gisors.

- **LP2-3 : Limons würmiens** : Ils sont bien représentés au sud-ouest de la carte, mais ils sont plus rares et moins épais en s'approchant du Bray et de l'est de la feuille. La distinction est souvent possible entre Würm inférieur à moyen (LP2) et limons à doublets du Würm supérieur (LP3).

* LP2 : Würm inférieur et moyen. Limon gris jaune, avec parfois un niveau humifère à la base, épais de 0,80 m avec taches grises à la partie inférieure et trainées gris-clair, sans doute colluviales, à la partie supérieure (0,2 % de matière organique).

Une coupe détaillée a pu être levée à Coudray, dans un talus de route, montrant au total 4,75 m de limons plus ou moins anciens.

Dans une coupe sur le plateau, à la Feuillie, les limons LP2 sont particulièrement minces (0,60 m).

LP3 : Würm supérieur : c'est un limon à doublets, finement stratifié et décarbonaté qui a pu être observé dans la partie ouest de la feuille. Ailleurs, les limons würmiens sont trop minces et les distinctions lithologiques ne sont plus possibles en particulier à cause de l'altération holocène.

Sur les versants, les limons peuvent atteindre très localement 5 à 7 m d'épaisseur, aussi bien à l'ouest qu'à l'est de la carte comme le montrent les coupes de Lisors (5 m), et de Puiseux-en-Bray (6,7 m).

Sur les plateaux, les limons dépassent 5 m au sud-ouest, et atteignent 4 à 5 m à l'ouest (Le Tronquay, Puchay) ; au centre de la feuille, l'épaisseur passe à moins de 4 m (Morgny), et il n'en subsiste plus que 2 m en approchant des plateaux qui dominent le pays de Bray. Dans la dépression du pays de Bray, les limons sont moins bien représentés et moins épais, mais ils peuvent dépasser localement 3 à 4 m (Elbeuf-en-Bray).

Note : Les biefs et les limons à silex sont fortement développés sur cette carte. Il n'existe pas de notations ponctuelles pour les épaisseurs des limons.

125 - GISORS : G. Kuntz, R. Wyns, J.P. Lautridou et al. (1976)

La notice de cette feuille présente le découpage stratigraphique habituel :

- **LP : Limons indifférenciés** : les limons de cette feuille constituent une transition entre ceux du pays de Caux et ceux du bassin parisien, tant pour leur faciès que pour leur épaisseur.

* faciès : de Rouen à la vallée de l'Epte s'effectue le changement latéral entre le faciès normand (limons à doublets finement stratifiés et décarbonatés), et le faciès séquanien, carbonaté en général, non lité, et qui domine vers Paris. En effet, à l'ouest de la vallée de l'Epte, les limons à doublets s'observent sur les plateaux et les rares loess calcaires se localisent uniquement sur les versants de vallées encaissées. A l'est de la vallée de l'Epte, les loess calcaires se retrouvent non seulement sur les versants de vallées encaissées (Cambon et Epte) mais aussi dans la plupart des vallons et parfois sur les plateaux.

* épaisseur : la grande couverture loessique recouvrant le pays de Caux, épaisse de 6 à 10 m, s'effiloche vers l'est et devient moins puissante ; sur la feuille de Gisors, on observe cependant localement des épaisseurs allant de 3 à 6 m au nord-ouest, très rarement 9 m (Farceaux) pour seulement 1 à 5 m au sud et à l'est.

- **LP1 : Limons anté-Würm** : argileux, bruns, brun-jaune ou brun-rouge, ils sont généralement altérés et peu observables. A Harquency, on peut observer sous la séquence würmienne, le niveau du "fendillé" : c'est un sol interglaciaire Riss-Würm, brun rouge, à structure prismatique et à revêtements argileux. Sous ce niveau épais d'un mètre, on retrouve à Harquency des limons rissiens, plus anciens, bruns et argileux sur 1,50 m .

- **LP2 : Würm inférieur et moyen** . Ces limons assez argileux sont généralement calcaires au sommet et localement humifères à la base.

* Würm inférieur : dans les interfluves, il a été atteint seulement par sondages et il montre un faciès normand (limon soliflué) ; en revanche, dans les vallées et les vallons, il est de type séquanien (non lité, plutôt carbonaté et présentant un ou deux horizons humifères). Ces horizons brun-noir font généralement quelques décimètres et exceptionnellement 1 m comme

à Aveny et la briqueterie des Andelys. A Gamaches, l'épaisseur exceptionnelle de l'horizon noirâtre (plus de 4 m) repéré par sondage en bas de versant, laisse supposer la possibilité d'un âge inter-glaciaire Riss-Würm pour la partie inférieure.

* Würm moyen : il est représenté par un limon silteux, en général calcaire ; cependant, quand il est mince, il peut être décarbonaté au sommet. Sur l'ensemble de la feuille, l'épaisseur reste faible (quelques décimètres à 2 m).

- **LP3 Würm supérieur** : ce sont des limons peu argileux, parfois calcaires ; on les rencontre :

* dans les interfluves, faciès de limons à doublets peu nets, à trainées grises discontinues (Gamaches-en-Vexin, Etrépagne),

* dans les vallées profondes, loess calcaires (les Andelys, Aveny),

* dans les vallons et sur les grands glacis à pente douce où les deux faciès se superposent fréquemment : à la base, loess calcaire et au-dessus, limon à trainées grises ou limon brun.

L'épaisseur des limons du Würm supérieur varie de 1 à 3 m, et au sommet, sur les interfluves ou les versants en pente douce, s'est développé à l'Holocène un sol brun lessivé épais de quelques décimètres à 1,5 m.

Note : La vallée de l'Epte apparaît véritablement comme une limite à l'est de laquelle les limons sont beaucoup moins représentés, moins épais et d'aspect différent (faciès vexinien).

Sur cette carte, pas de notations ponctuelles d'épaisseur des limons.

124 - LES ANDELYS : P. Bassompierre, J. de Mautort et al. (1967)

La notice de cette carte n'accorde que quelques lignes aux limons des plateaux notés LP et non différenciés. L'épaisseur est importante et qualifiée parfois de considérable.

La carte montre des limons à l'ouest de la vallée de l'Eure, et au nord de la boucle des Andelys, mais pas du tout entre l'Eure et la Seine.

Note : pas de notations ponctuelles d'épaisseur sur la carte.

123 - ELBEUF : P. Bassompierre, C. Monciardini et al. (1971)

Les limons sont traités sous le nom de complexe loessique qui désigne à la fois le matériau et ses faciès d'altération et d'accompagnement. L'épaisseur du complexe est généralement comprise entre 5 et 10 m sur les plateaux. Le long des versants abrités des vents d'ouest dominants, des loess se sont déposés sur des épaisseurs plus importantes. C'est le cas à Saint-Pierre-lès-Elbeuf où l'exploitation pour d'anciennes briqueteries a permis l'observation du complexe loessique sur 19 m de puissance. Reposant sur la terrasse alluvionnaire située à 35 m, J.P. Lautridou a observé 4 cycles antéwurmiens (= antéweichséliens) comprenant chacun de haut en bas :

* un paléosol de la famille des sols bruns lessivés,

* un loess,

* une nappe de solifluxion (cailloutis emballés dans une matrice argileuse ou sableuse).

Les différents paléosols sont vraisemblablement de haut en bas :

- * paléosol I + interglaciaire Riss-Würm,
- * paléosol II + interstade rissien,
- * paléosol III + interglaciaire Mindel-Riss,
- * paléosol IV + interstade mindélien.

A Iville, une carrière présente également une coupe de référence.

Le complexe loessique repose sur les argiles à silex ; il est assez bien développé sur l'ensemble de la carte ; son extension est plus importante dans le quart sud-est de la feuille.

Note : pas de notations ponctuelles d'épaisseur sur cette carte.

122 - BRIONNE : P. Juignet et al. (1971)

La notice de cette carte ne consacre que quelques lignes au complexe des limons de plateaux notés LP. Les limons couvrent presque toute la carte à l'exception, des versants de plateaux sur lesquels affleurent les argiles à silex, et des flancs de vallées qui révèlent le substratum crétacé ; les fonds de vallées sont occupés par des colluvions ou des alluvions.

Note : pas de notations ponctuelles d'épaisseur des limons sur cette carte.

148 - BERNAY : G. Kuntz et al. (1984)

Sur la carte de Bernay, les biefs et les limons à silex ont une extension importante ; ils sont très dominants dans la moitié sud-est de la feuille, en particuliers à l'est de la vallée de la Charentonne où ils couvrent presque uniformément le plateau. L'épaisseur des limons à silex varie de 1 à plusieurs mètres.

Au contraire, les limons des plateaux prennent la prédominance dans la moitié nord-ouest. Les limons sont cartographiés en une série indifférenciée, assimilable aux "limons des plateaux" décrits sur les cartes les plus anciennes. Ils sont surtout présents sur le plateau du Lieuvin (à l'ouest et au nord-ouest de Bernay), où ils peuvent atteindre 5 et 7 m près de Thiberville.

Note : Il existe sur la carte de Bernay quelques rares notations ponctuelles relatives à l'épaisseur des limons.

149 - BEAUMONT-le-ROGER : G. Kuntz, Y. Dewolf et al. (1981)

Les biefs et les limons à silex occupent le territoire à l'ouest de la vallée de la Risle et le sud de la carte. Ils sont moins bien représentés sur le reste de la feuille.

Le complexe des limons repose le plus souvent sur les biefs et limons à silex, mais aussi directement sur les argiles à silex. Les limons sont cartographiés en formation indifférenciée, mais ponctuellement, en sondages, ont été reconnus et individualisés les limons du Weichsélien supérieur (LP3), les limons du Weichsélien moyen et inférieur (LP2) et les limons anciens antéweichséliens (LP1). La terminologie quaternaire nordique a été employée de préférence à la terminologie quaternaire alpine, ce qui est maintenant la règle, environ depuis ces années 1980.

- LP1 : Limons anciens.

Ils se sont mis en place au cours des périodes froides antérieures à la dernière glaciation (Weichsélien = Würm), ont subi des pédogénèses, et localement des troncutures par érosion pendant les phases tempérées interglaciaires. Ces limons sont souvent altérés ; ils sont alors argileux ou très argileux, colorés du brun-jaune au brun-rouge.

Deux coupes de référence ont été levées par Y. Dewolf, l'une à Bonneville-sur-Iton, l'autre à Beaumont-le-Roger, dans une ancienne carrière.

Un forage réalisé à la trière à Tournedos-Bois-Hubert a rencontré des limons anciens peu altérés qui ont permis une étude fine des minéraux lourds contenus : on y a reconnu en particulier des minéraux ubiquistes (zircon, tourmaline, rutile...) et des minéraux de métamorphisme (staurotide, andalousite, disthène...), ainsi que sphène, grenat, biotite, hornblende...etc.

Les limons anciens sont souvent masqués par les limons récents du Weichsélien. Leur épaisseur notée ponctuellement aux emplacements de forages varie en moyenne de 1 à 5 m ; elle atteint cependant localement 6 m à Ste-Colombe-la-Commanderie (près du Neubourg), 7 à 10 m au nord de Conches et plus de 11 m à Tournedos-Bois-Hubert.

- LP2 : Weichsélien inférieur et moyen.

Le Weichsélien inférieur, reconnu en forages est mince et parfois représenté par un limon argileux au-dessus d'un cailloutis de base (il est même souvent réduit à ce cailloutis contenant des fragments de silex).

Le Weichsélien moyen n'est carbonaté que sur les plateaux du nord-ouest de la carte. Dans ce secteur, l'ensemble Weichsélien moyen et inférieur (= pléniglaciaire inférieur) varie de quelques décimètres à 1,60 m d'épaisseur.

- LP3 : Weichsélien supérieur.

En forage, les limons du Weichsélien supérieur n'ont pu être différenciés que dans le secteur nord-ouest où ils présentent un faciès de limon non carbonaté, épais de 1,50 m à 2,50 m.

Une étude des minéraux lourds contenus dans les limons weichséliens montre une nette prédominance des minéraux ubiquistes (en particulier zircon et tourmaline) sur les minéraux de métamorphisme (staurotide, andalousite, disthène).

Les limons couvrent une superficie importante sur le plateau du Neubourg, au sud de cette ville jusqu'aux vallées de la Risle et de l'Iton, et sont beaucoup plus réduits sur les plateaux du pays d'Ouche, à l'ouest de la Risle. L'épaisseur de l'ensemble des limons weichséliens est de l'ordre de 3 à 4 m dans le nord-ouest de la carte et de 1 à 2 m dans le nord-est ainsi que dans

le sud. Les limons anciens sont parfois seuls dans le sud et presque toujours seuls sur le plateau du pays d'Ouche, à l'ouest de la Risle.

Toutes formations confondues, le complexe des limons varie en puissance de 1 à 12 m environ (Tournedos) ; le plus souvent, leur épaisseur est en moyenne de l'ordre de 3 à 5 m.

Note : Cette carte porte de nombreuses notations ponctuelles indiquant l'épaisseurs des différentes formations de limons.

150 - EVREUX : B. Pomerol, C. Pomerol, M. Renard, R. Wyns, Y. Dewolf et al. (1977).

La notice de cette carte ne consacre que quelques lignes aux limons des plateaux (LP) et aux limons de pente et de bas de versant (LE).

Les limons des plateaux couvrent le centre du plateau situé entre l'Eure et l'Iton. Ils sont également présents en rive gauche de l'Eure, à l'ouest d'Evreux. Les limons des plateaux reposent souvent sur les argiles à silex, mais aussi sur les formations du Tertiaire.

Leur épaisseur varie de 1 à plusieurs mètres, et dans l'ensemble, ils sont assez peu représentés sur cette carte.

Note : Il n'existe pas sur cette carte d'indications ponctuelles d'épaisseur des limons.

180 - SAINT-ANDRE-de l'EURE : G. Kuntz, Y. Dewolf, R. Wyns et al. (1977).

Cette carte et sa notice ont été réalisées (1977) par les mêmes auteurs et dans le même esprit que celle de Beaumont-le-Roger (1981) à laquelle on pourra se reporter ; la lithostratigraphie est cependant ici un peu moins précise (pas de subdivisions dans le Würm), et la terminologie utilisée est encore celle du quaternaire alpin ; les formations suivantes ont été différenciées :

- **B-LPs : Biefs et limons à silex.** Ils occupent des surfaces importantes à répartition diffuse et régulière sur l'ensemble de la carte.

- **LP : Limons indifférenciés.** Leur importance sur cette carte est plutôt réduite. Ils occupent généralement les points hauts et se présentent sous forme de pastilles ou de langues installées entre des vallées sub-parallèles. Leur faciès les rattache aux limons du bassin de Paris (séquence vexinienne). Ils sont en général décarbonatés et non lités et d'épaisseur réduite : 1 à 2 m en moyenne, exceptionnellement 5 m sur les versants sous le vent, exposés à l'est ou au nord.

- **LP1 : Limons anciens anté-würmiens.** Ces limons sont argileux et altérés, souvent associés à des lits de cailloutis de silex géoliffractés. Leur épaisseur, mal connue, peut varier de quelques décimètres à plusieurs mètres au droit de poches karstiques.

Ils ont été observés en deux endroits sous des limons plus récents, dans une ancienne carrière à l'est de Boissy-sur-Damville ; ces deux coupes présentent chacune 2,50 m de limons anté-würmiens.

- **LP2 : Limons würmiens non différenciés.** Ils sont non carbonatés sur le plateau où leur épaisseur est réduite (1,50 m en moyenne). Sur les versants, ils sont généralement carbonatés

et plus épais (2 à 5 m). Dans ce cas on peut distinguer localement plusieurs séquences et différencier les niveaux du Würm inférieur, moyen ou supérieur.

Plusieurs coupes ont été levées à Boissy-sur-Damville (carrière Sorel-Moussel), Illiers-l'Evêque, la Houssaye, la Vallée Boullon.

Note : cette carte comporte quelques notations ponctuelles d'épaisseurs des limons.

179 - BRETEUIL-SUR-ITON : G. Kuntz, Y Dewolf et al. (1982)

Les biefs et les limons à silex recouvrent la totalité de la carte à l'exception des vallées dont les flancs laissent voir les argiles à silex, et le fond les dépôts alluvionnaires. Les limons, indifférenciés, n'existent que çà et là à l'état de petites pastilles ; tout au plus connaissent-ils une extension légèrement plus importante à proximité des Baux-de-Breteuil, entre la Risle et le Lême.

- *LP : Limons indifférenciés.* Le plus souvent, les limons cartographiés sont anciens, argileux, de couleurs variables. Les limons récents attribuables au Weichsélien sont réduits à quelques décimètres et le plus souvent inexistant ; ils ont cependant été reconnus sur quelques rares affleurements.

L'épaisseur des limons est faible ; elle est en moyenne de 1 à 2 m, rarement plus, sauf dans quelques cas de poches d'origine karstique.

Note : cette carte présente quelques notations ponctuelles d'épaisseurs des limons.

178 - RUGLES : G. Kuntz, M. Rioult et al. (1985)

Sur cette carte, les biefs et limons à silex couvrent l'ensemble du territoire, à l'exception des vallées où l'on observe les argiles à silex sur les flancs et quelques affleurements de Crétacé émergeant au sein des colluvions et des alluvions, en fond de vallées.

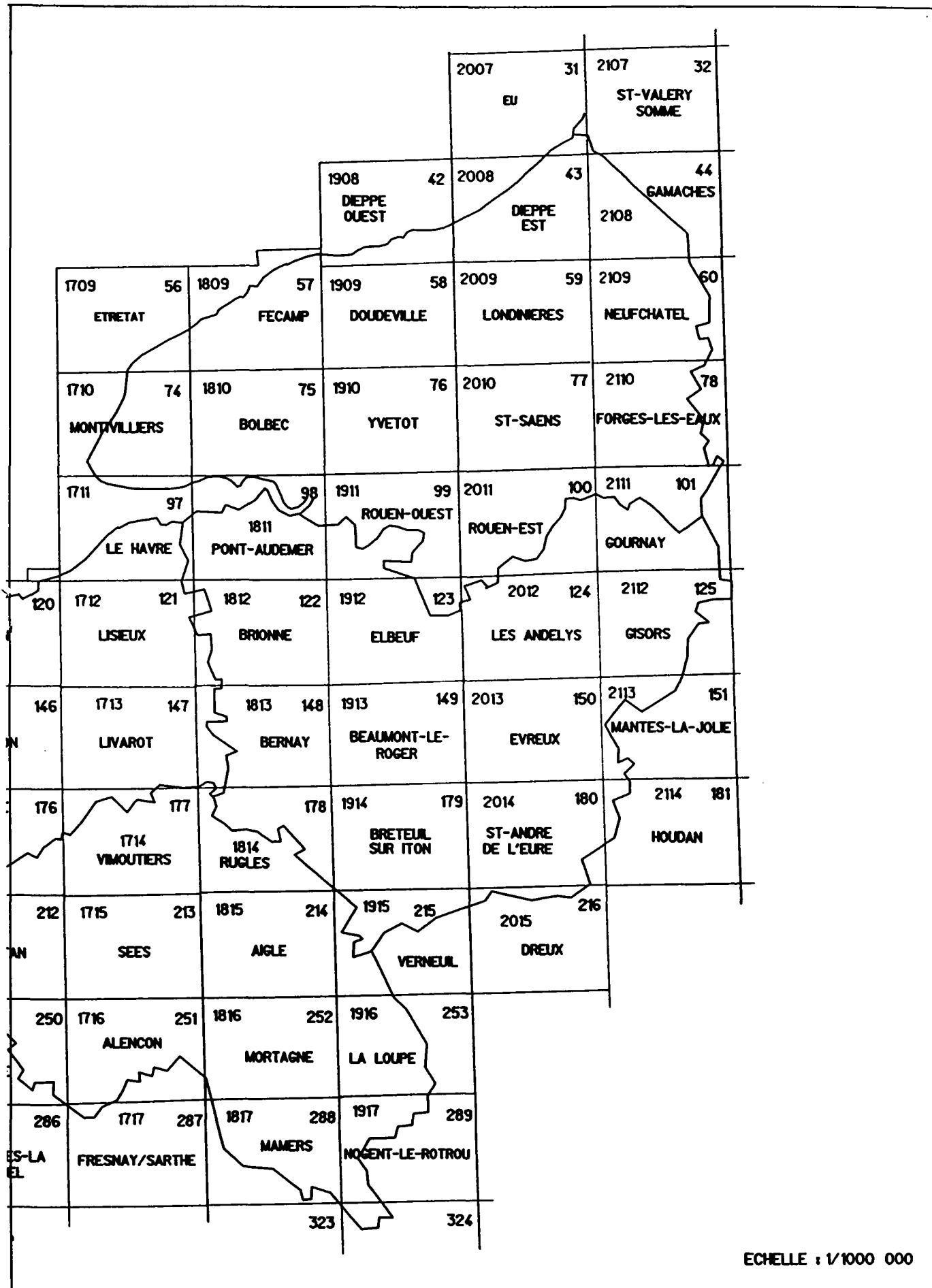
Les limons sont quasi absents (limités à quelques rares petites pastilles) ; ils sont indifférenciés et leur épaisseur très faible est de l'ordre du mètre. Aucune coupe complète n'a pu être levée sur cette carte.

Note : Il n'existe pas sur cette carte d'indications ponctuelles d'épaisseur relatives aux limons.

215 - VERNEUIL : P. Lebret, F. Ménillet et al (1993)

La carte de Verneuil, dans sa partie nord appartenant au département de l'Eure, ne comporte pas de dépôts de limons quaternaires non remaniés. La presque totalité du territoire est occupée par des biefs et des limons à silex constitués des altérites et des silex hérités du substratum, et emballés dans une matrice limono-argileuse issue du remaniement et de l'évolution complexe des loess pléistocènes.

**Annexe 1. Carte d'assemblage des coupures I.G.N. à
1/50 000**



ECHELLE : 1/1000 000

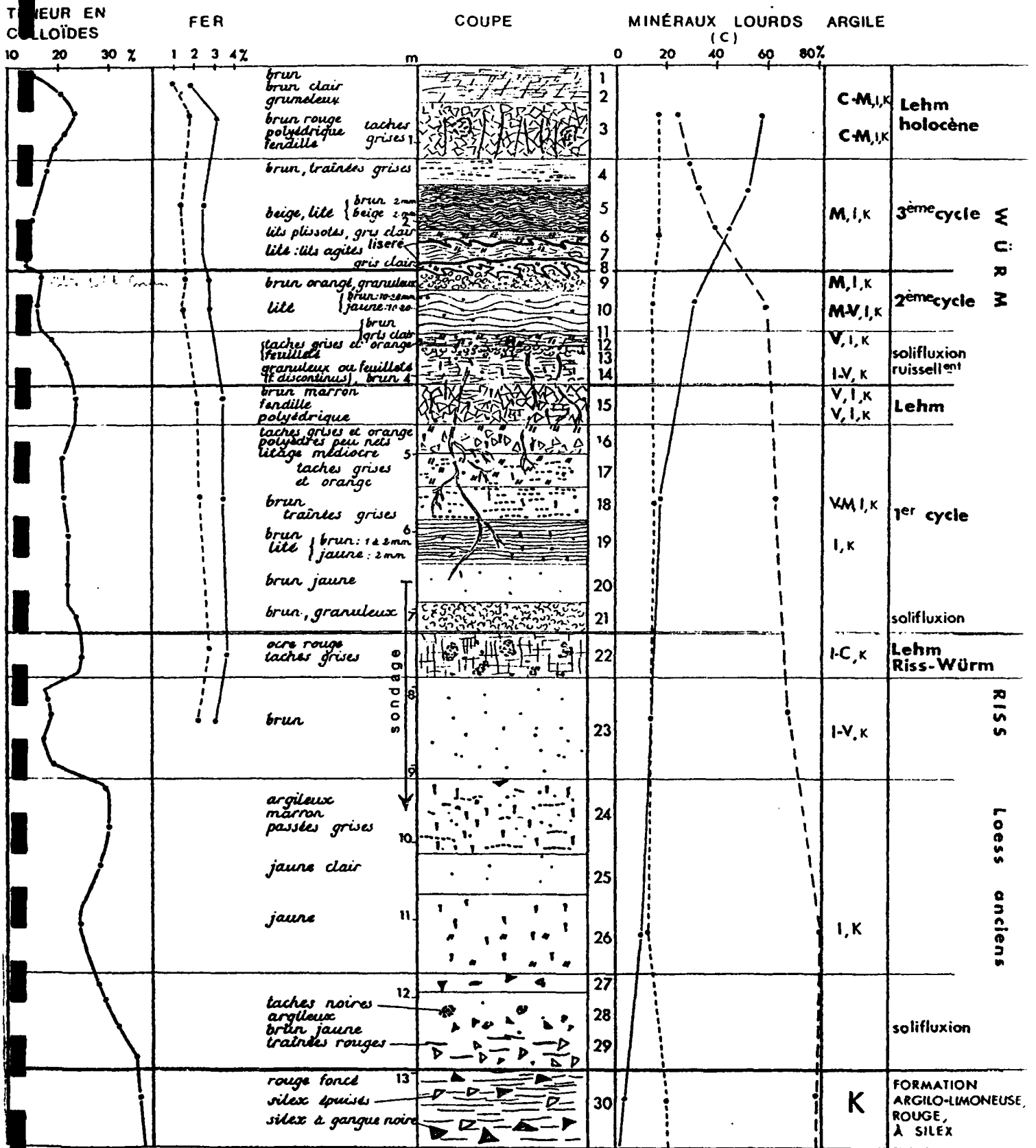
Annexe 1 : Carte d'assemblage des coupures I.G.N. à 1/50 000

Annexe 2. Quelques coupes détaillées des affleurements de référence

(extraits des travaux de J.P. Lautridou et al.)

SAINT - ROMAIN

Limons non calcaire



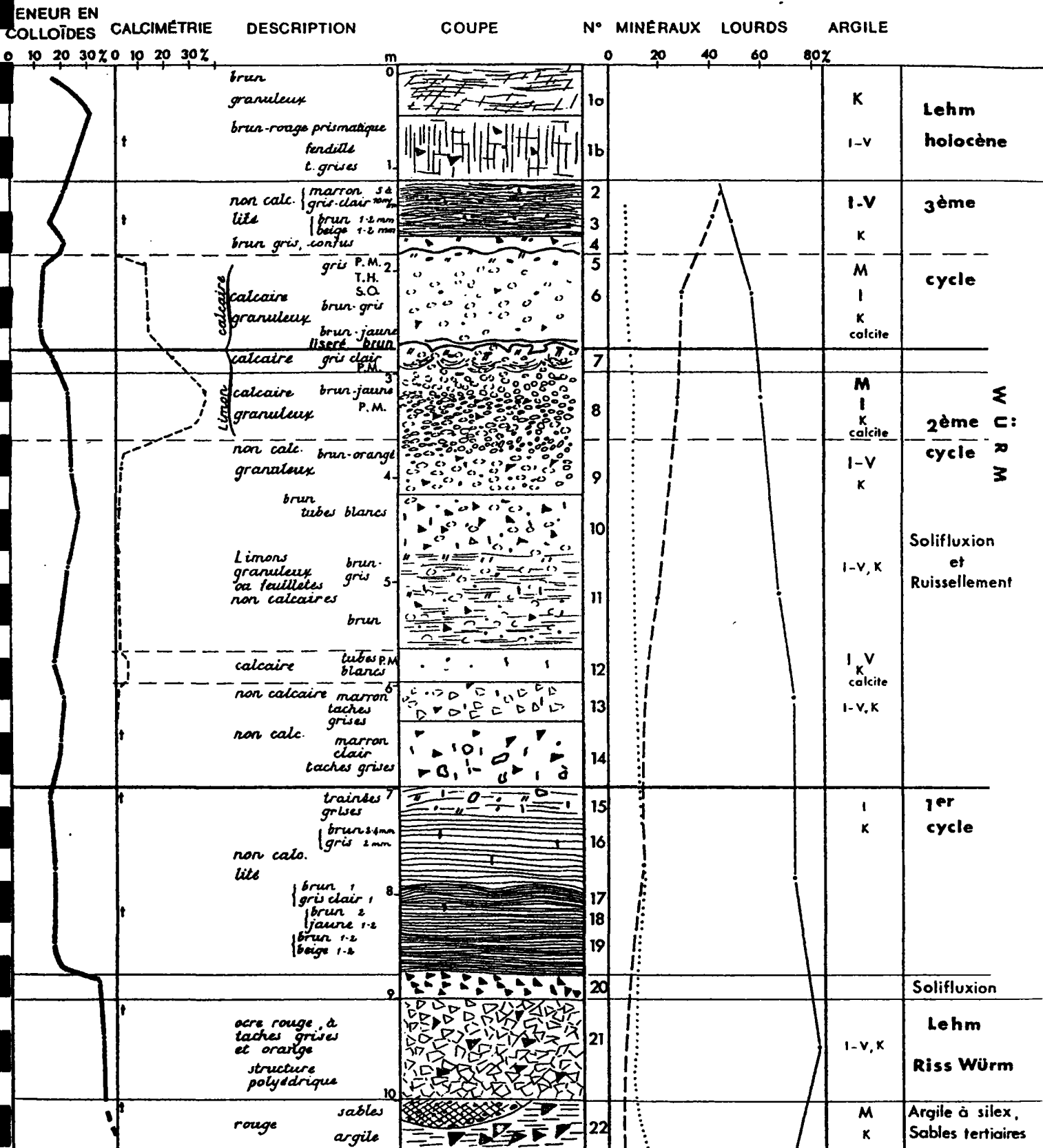
— Fer total
- - - Fer libre

▶ silex
// taches orange
• points noirs
† tubes noirs

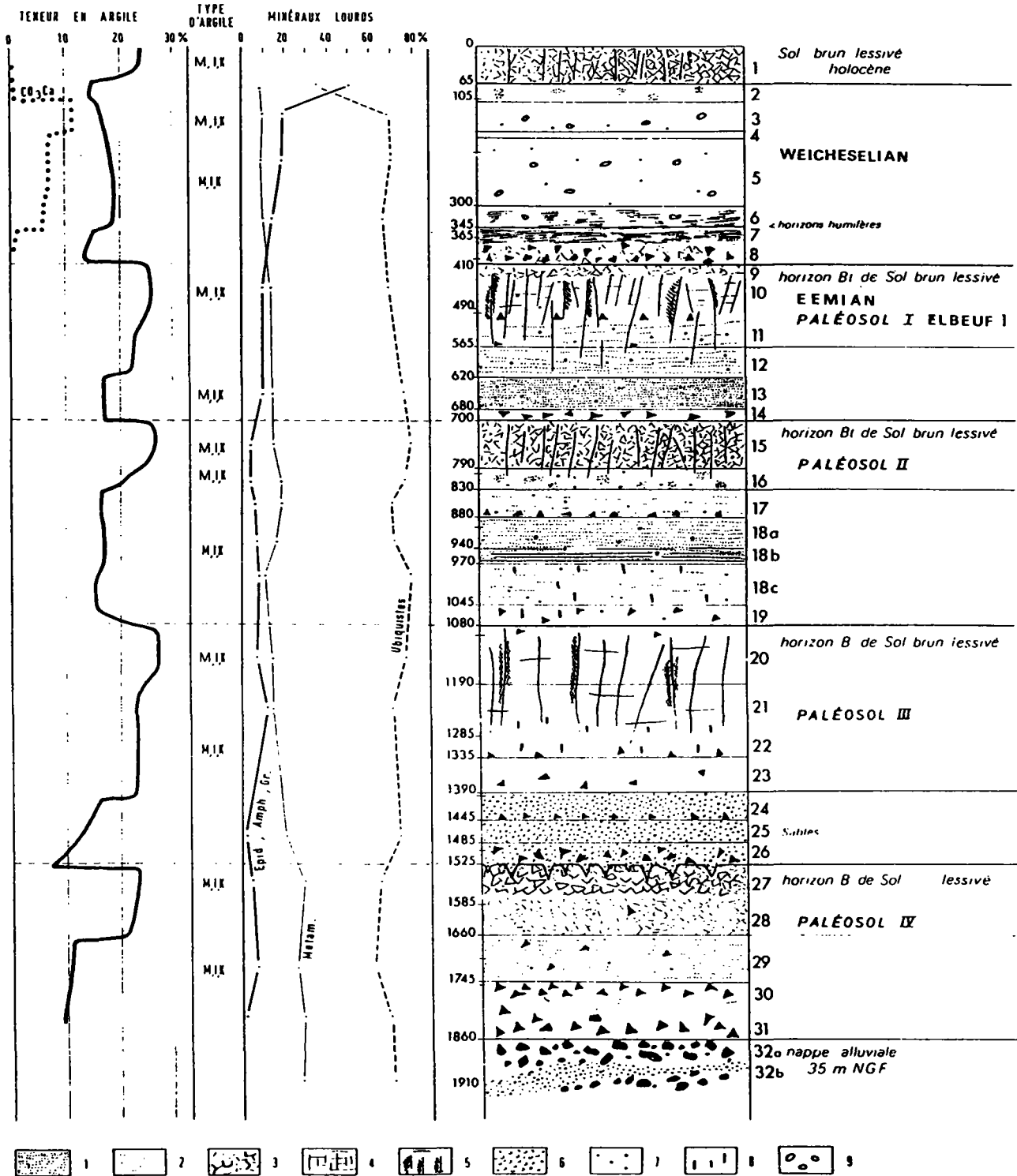
— Ep., Amph., Gr.
- - - Zir., Tourm., Rut.
- - - Métamorphiques
et Sphère

M: Montmorillonite I: Illite
K: Kaolinite V: Vermiculite
C: Chlorite
M-V: Montm. et Vermic.
interstratifiées
I: Illite dominante
I: Ill. nettement dominante

MESNIL - ESNARD



t traces P.M. Pupilla Muscorum Concrétions calcaires — Ubiquistes K Kaolinite
 S.O. Succinea Oblonga - petites Métamorphiques I Illite
 T.H. Trithia Hispana o grosses - - - Gr., Ep., Amph. v Vermiculite



Saint-Pierre-les-Elbeuf : section 1

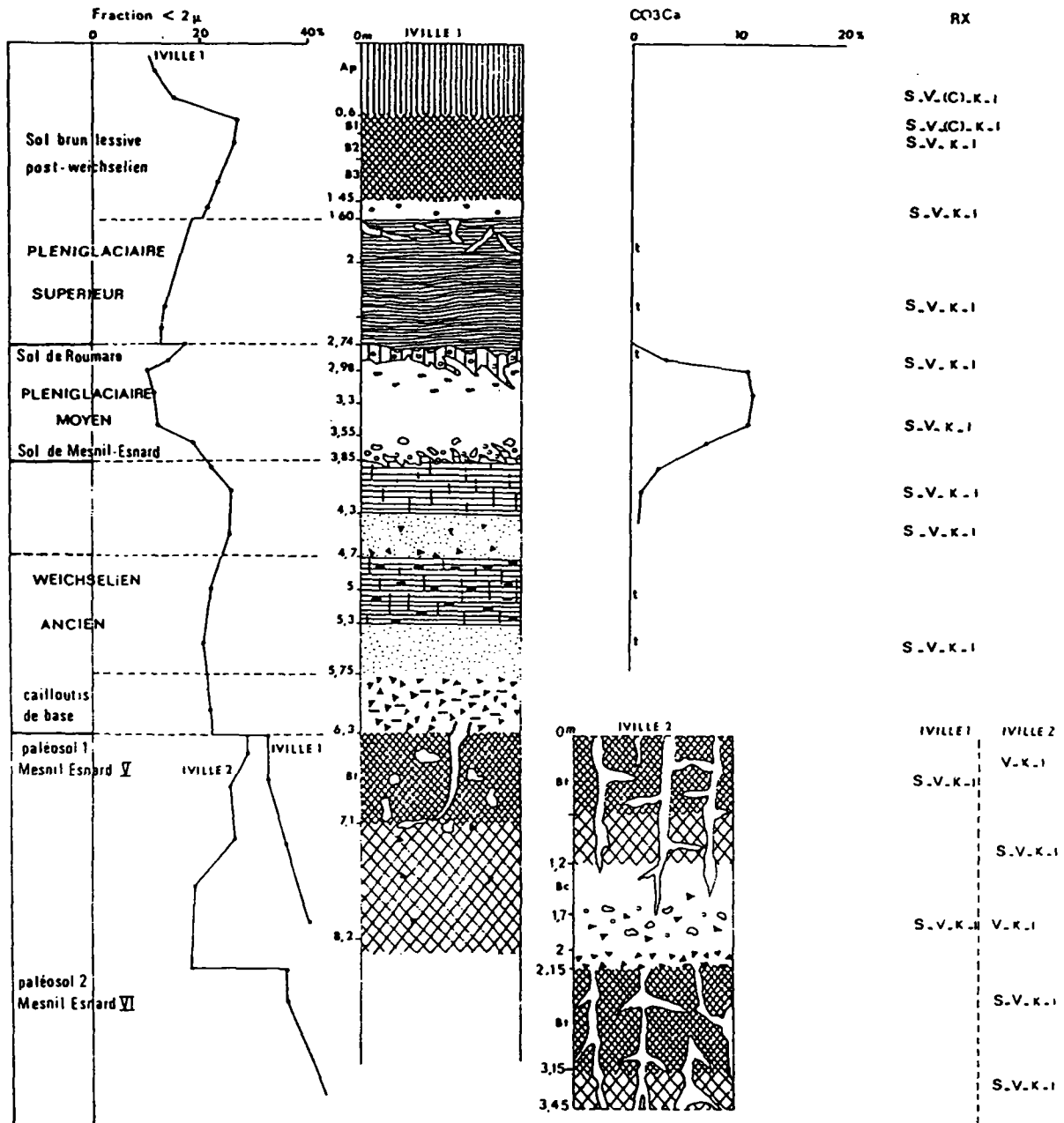
1 limons à doublets - 2 badly bedded limon à doublets - 3 polyedric structure - 4 prismatic structure
 5 iron - manganese coatings - 6 sands - 7 black iron - manganese concretions - 8 black iron - manganese tubes - 9 calcareous concretions.

Left colums : clay content, X Ray (M : Smectite), heavy minerals (Gr : garnet)

Saint-Pierre-les-Elbeuf : coupe 1

1 limon à doublets - 2 limon à trainées grises - 3 structure polyédrique - 4 prismatique -
 5 revêtements ferro-manganiques - 6 sables - 7-8 points noirs et tubes noirs ferro-manganiques - 9 poupées
 M : smectite

IVILLE
(feuille Elbeuf)



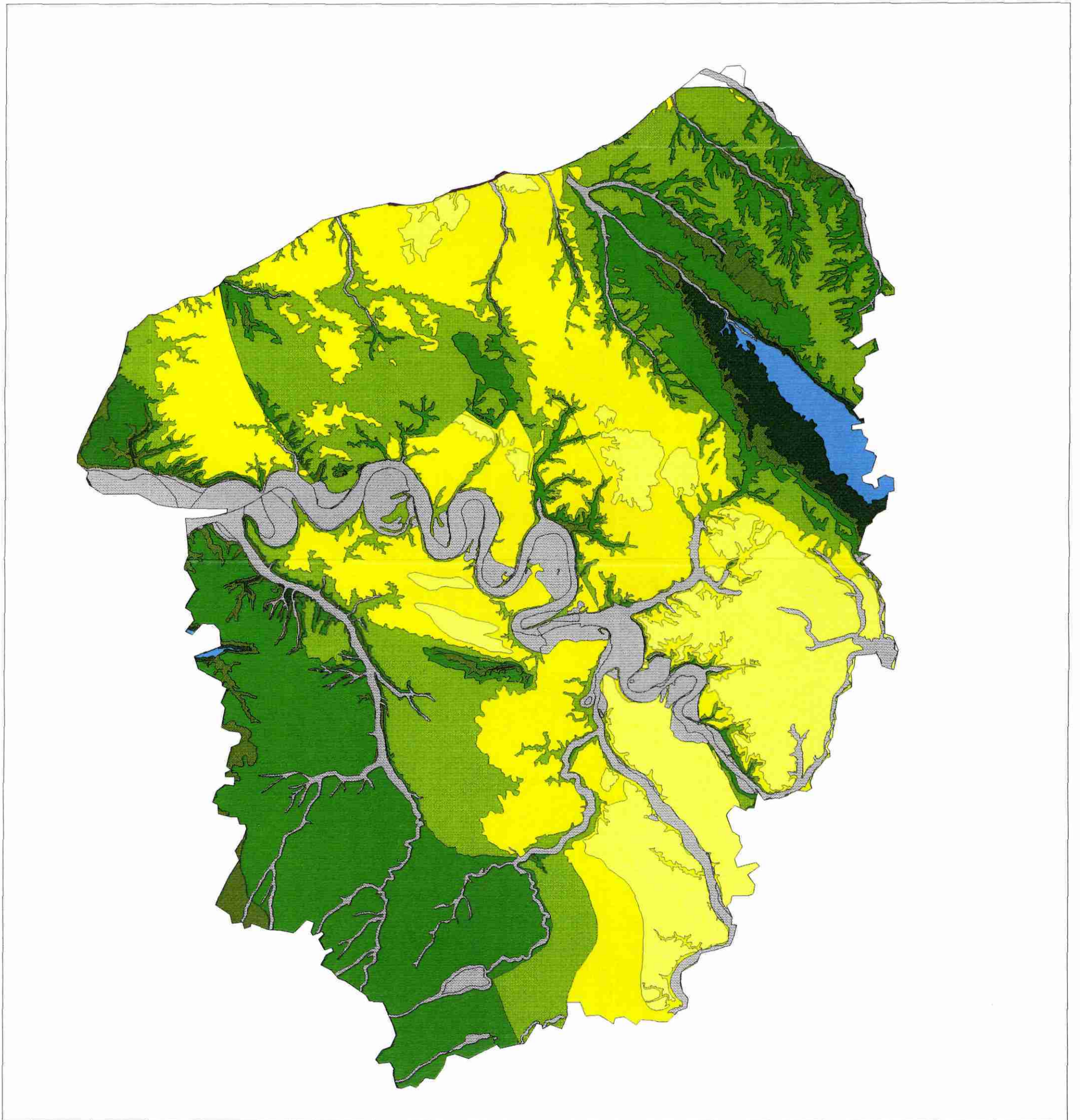
- | | | |
|---|---------------------------------|-------------------------|
| 1 horizon humifère | 5 limons à structure grumoleuse | 9 concrétions calcaires |
| 2 horizon Bt de sol plus ou moins lessivé | 6 gley (décoloration) | 10 concrétions Fe-Mn |
| 3 limons à doublets | 7 taches | 11 silex géoliffractés |
| 4 limons feuilletés | 8 glosses | 12 fissure de gel |
-
- | | | | | | |
|------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|
| 1. humic horizon | 2. Bt horizon (brown forest soil) | 3. limons à doublets | 4. platy loam | 5. clotted | 6. gley |
| 7. spots | 8. glosses | 9. calcareous concretions | 10. concretions Fe-Mn | 11. geliffracted flints | 12. frost fissure |

Iville : loess section.

Pléniglaciaire supérieur : Upper Pleniglacial - Pléniglaciaire moyen : Middle Pleniglacial - Weichsélien ancien - Early Glacial - Sol de Roumare : Roumare Soil

IVILLE : Coupe de loess

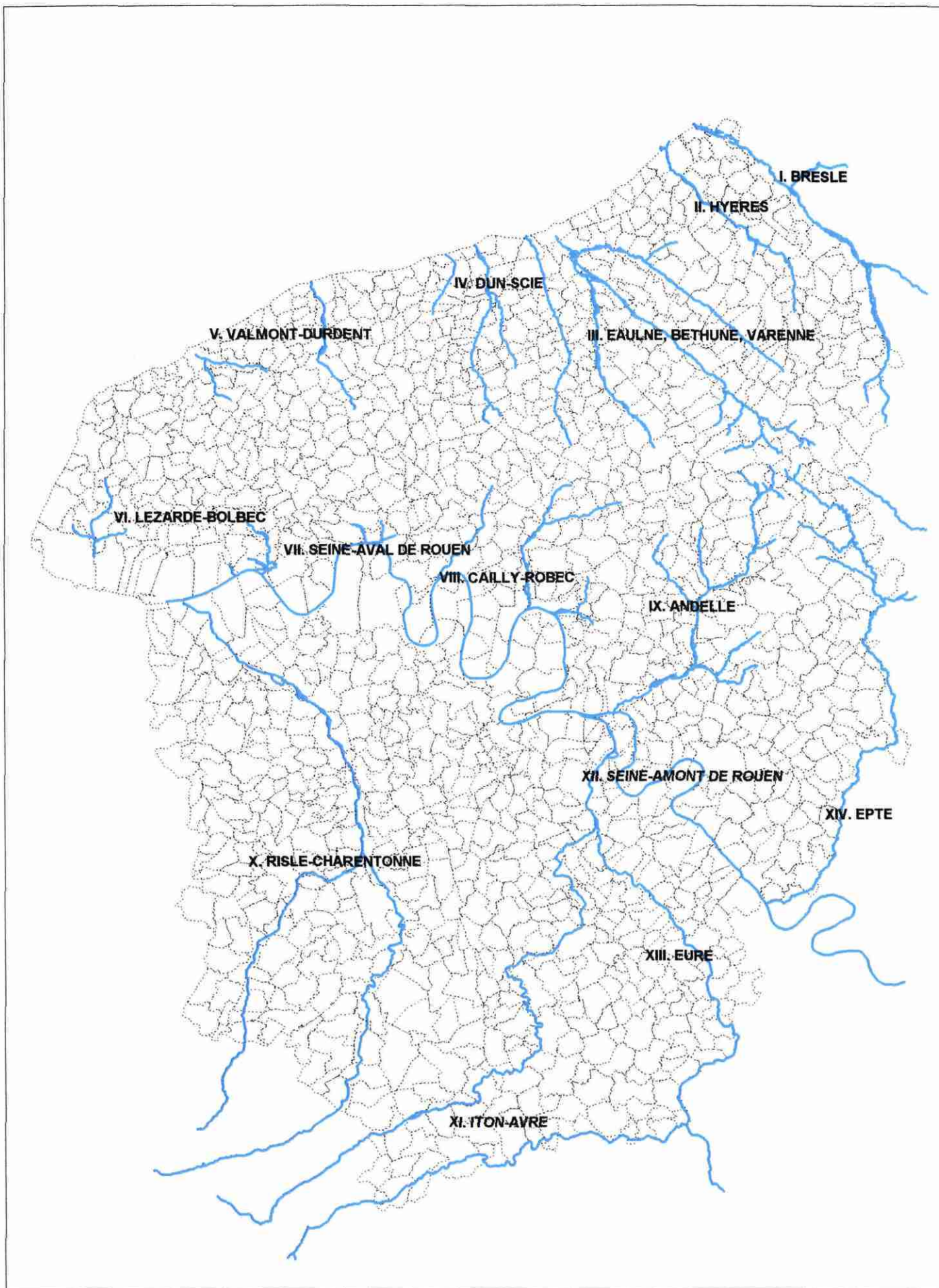
**Annexe 3. Cartes sur la craie dans la région
de la Haute-Normandie**

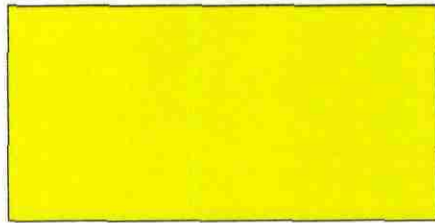


REGION DE HAUTE-NORMANDIE

Carte géologique

- Alluvions
- Campanien (craie blanche à silex)
- Santonien (craie à silex)
- Coniacien (craie à silex)
- Turonien (craie marneuse)
- Cénomaniens (craie glauconieuse)
- Crétacé inférieur (sables, argiles, gaize)
- Jurassique supérieur (calcaires et argiles)

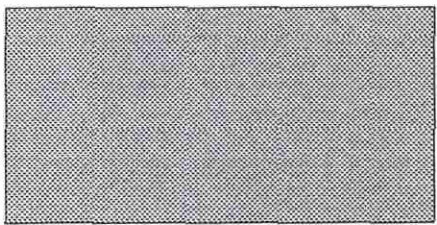




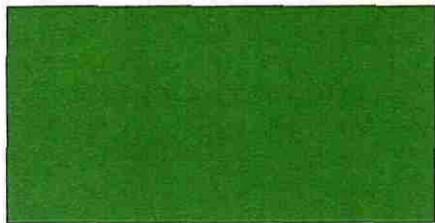
Campanien



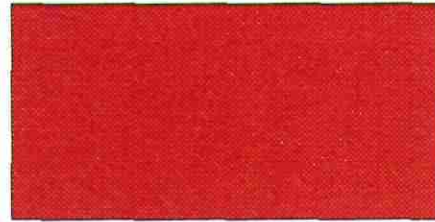
Sénonien



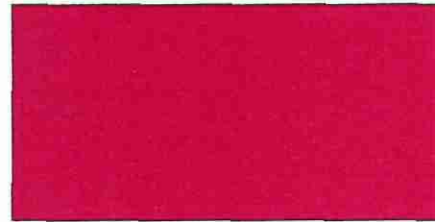
Turonien



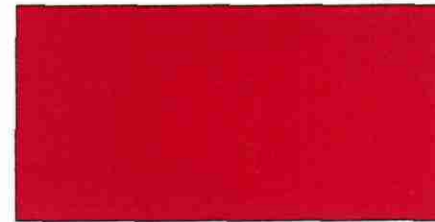
Cénomaniens



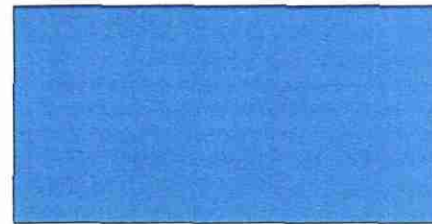
Sénonien-Campanien



Turonien-Sénonien



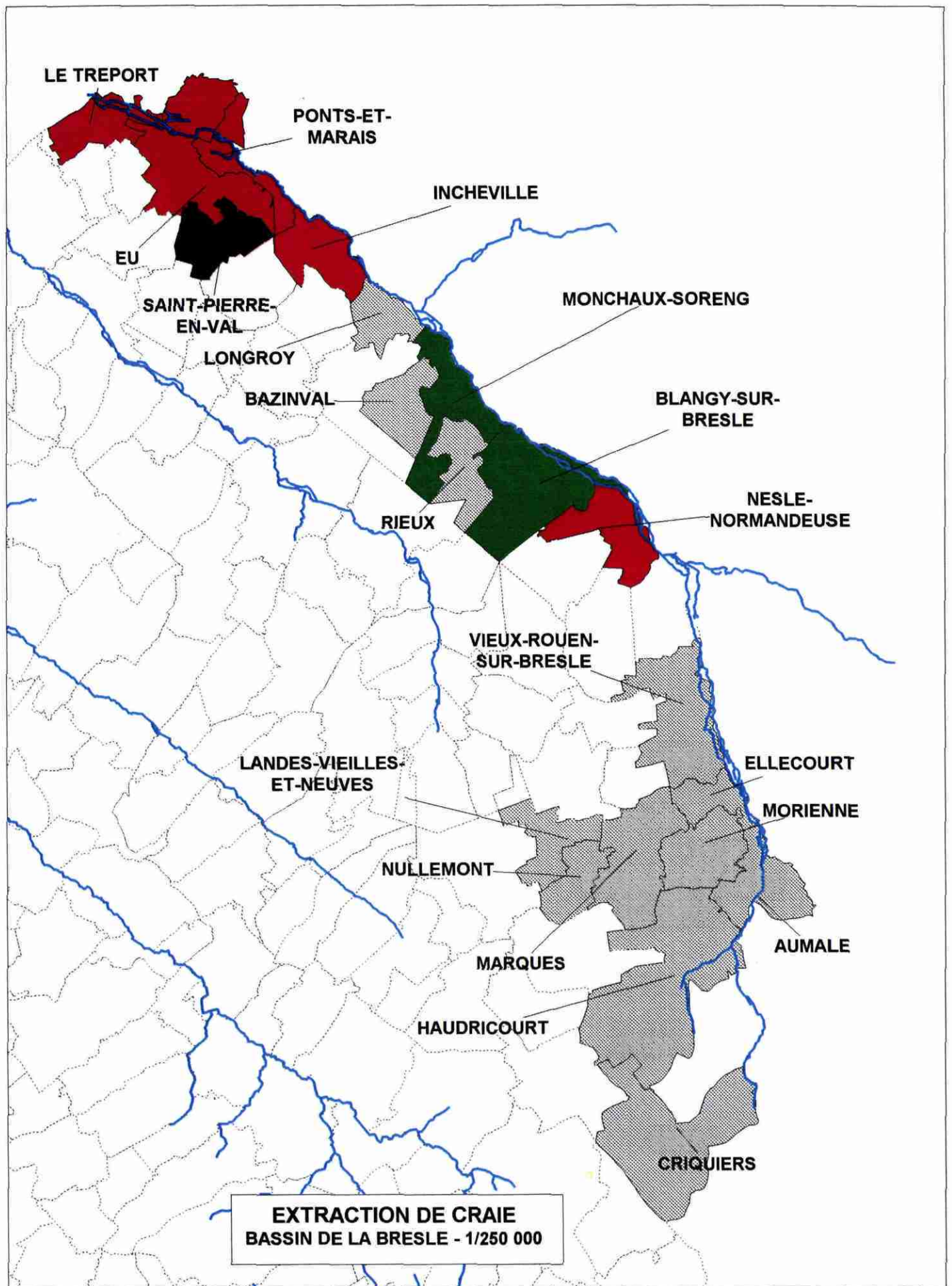
Cénomaniens-Turonien

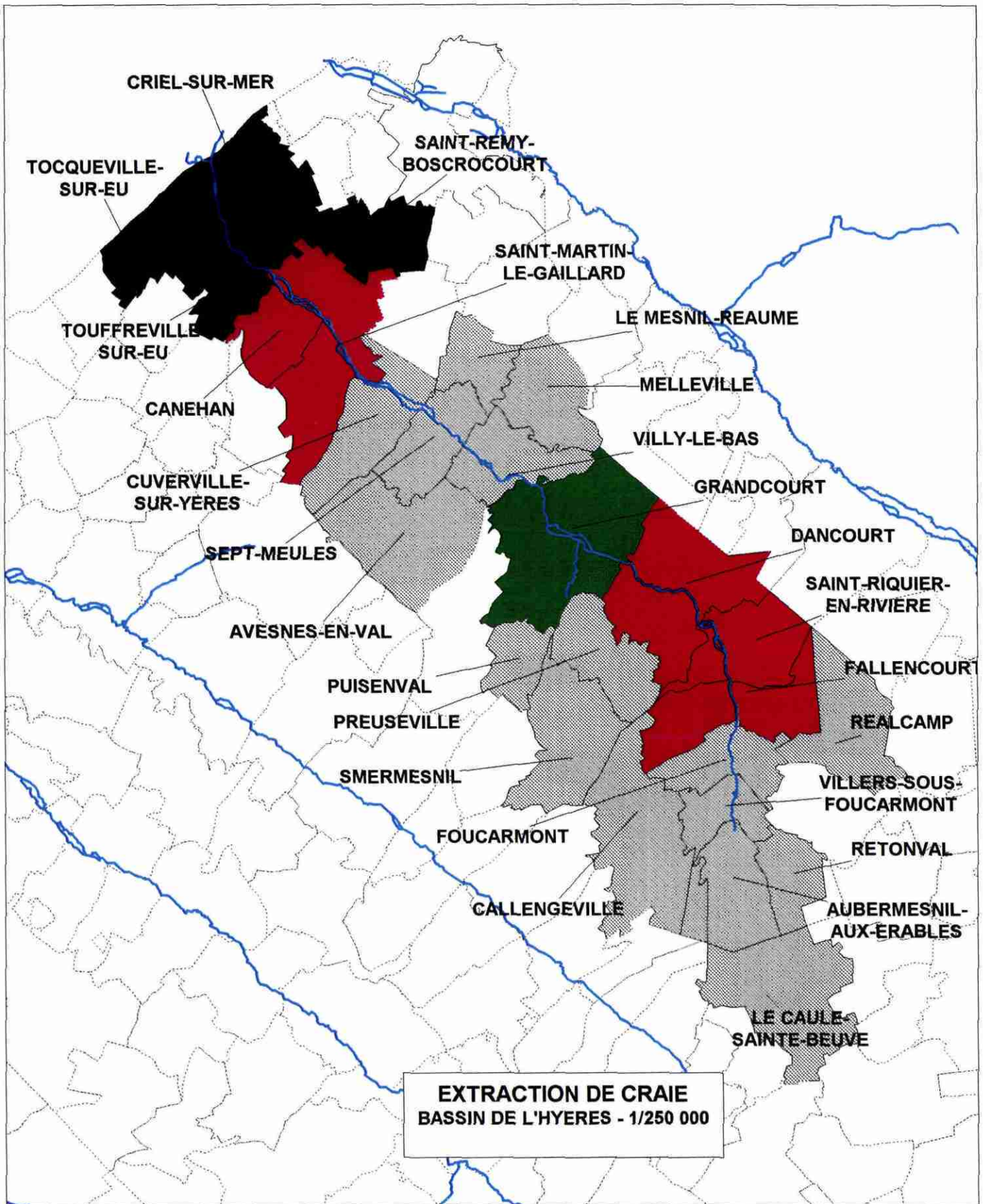


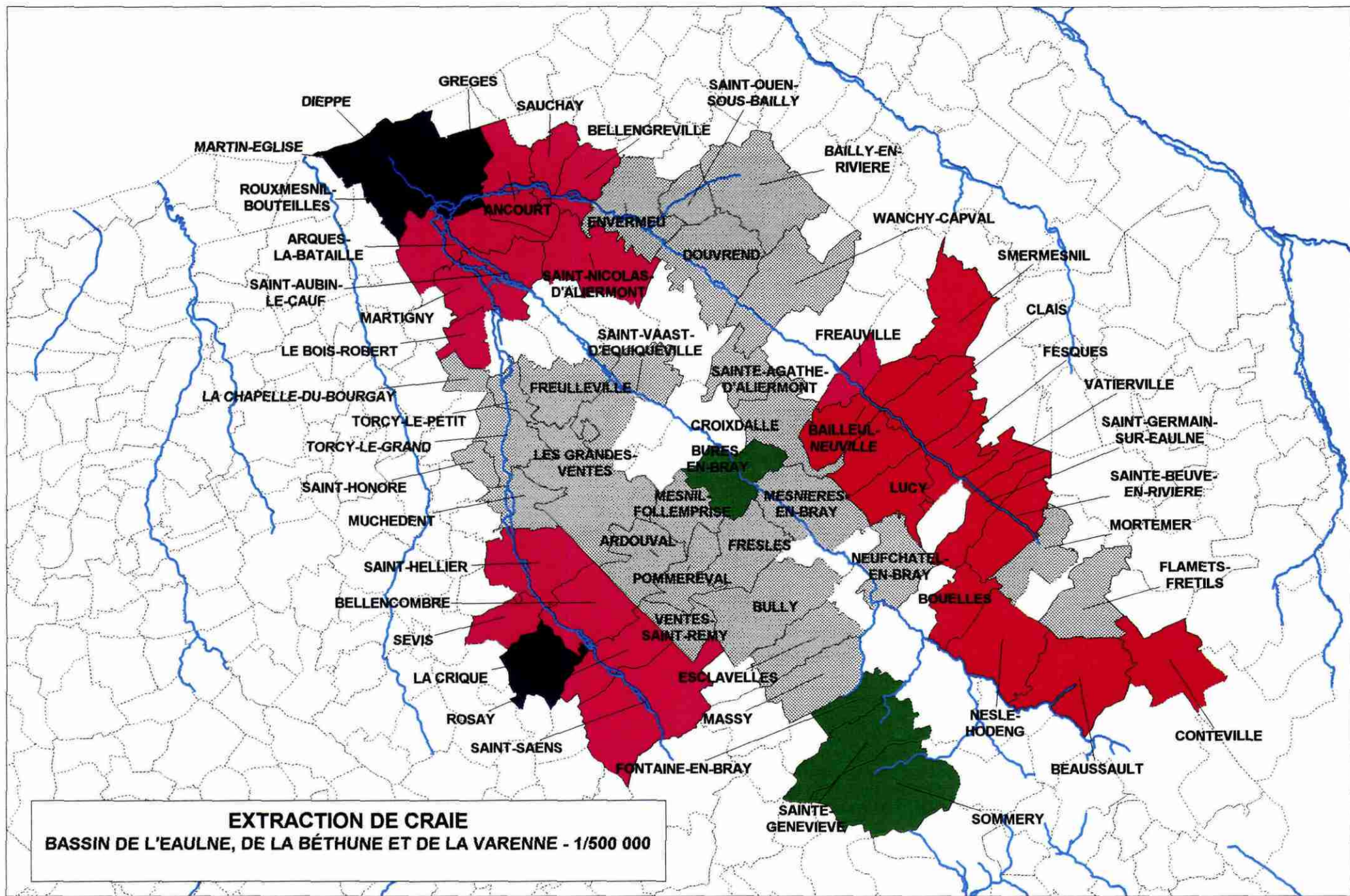
Turonien-Sénonien-Campanien

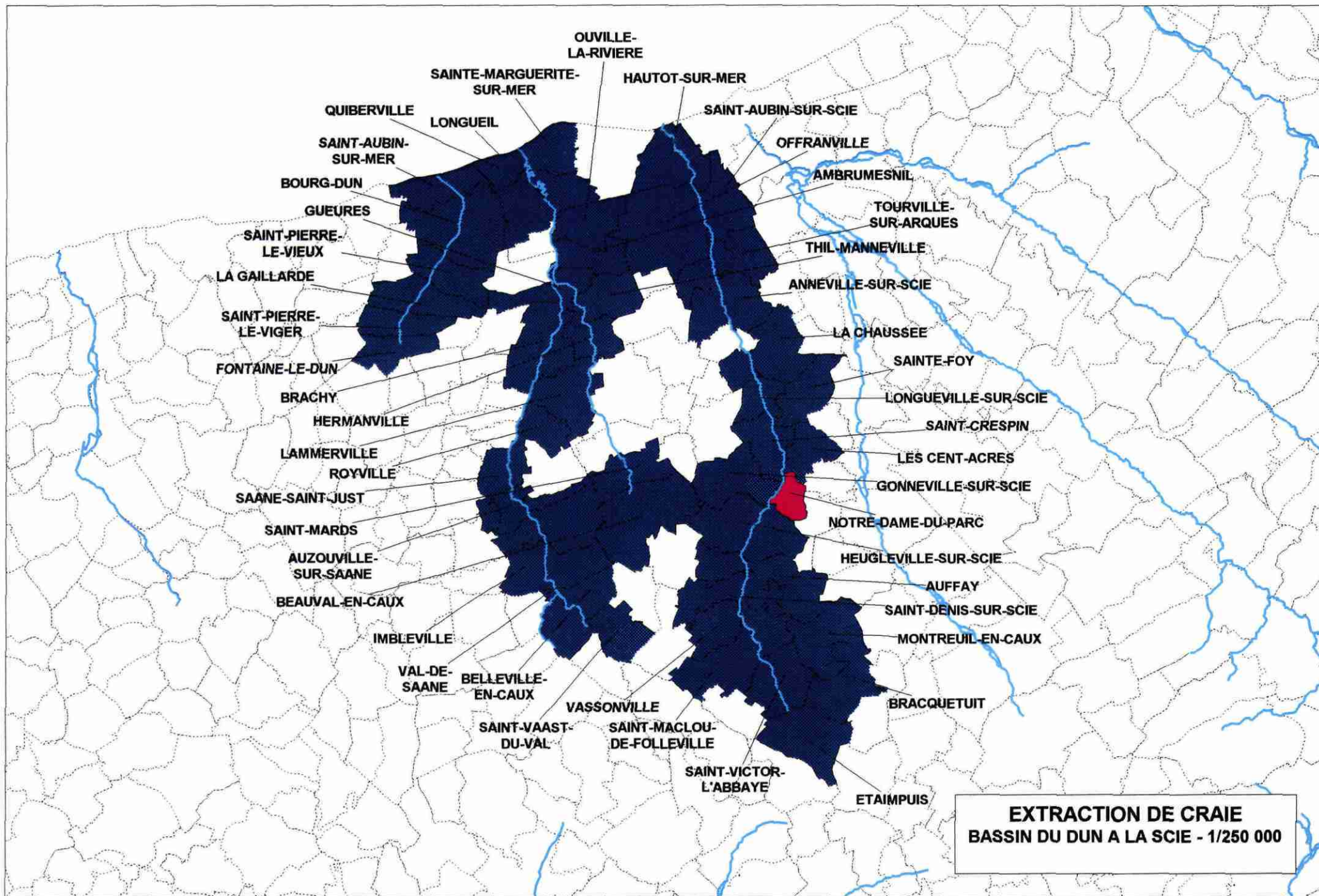


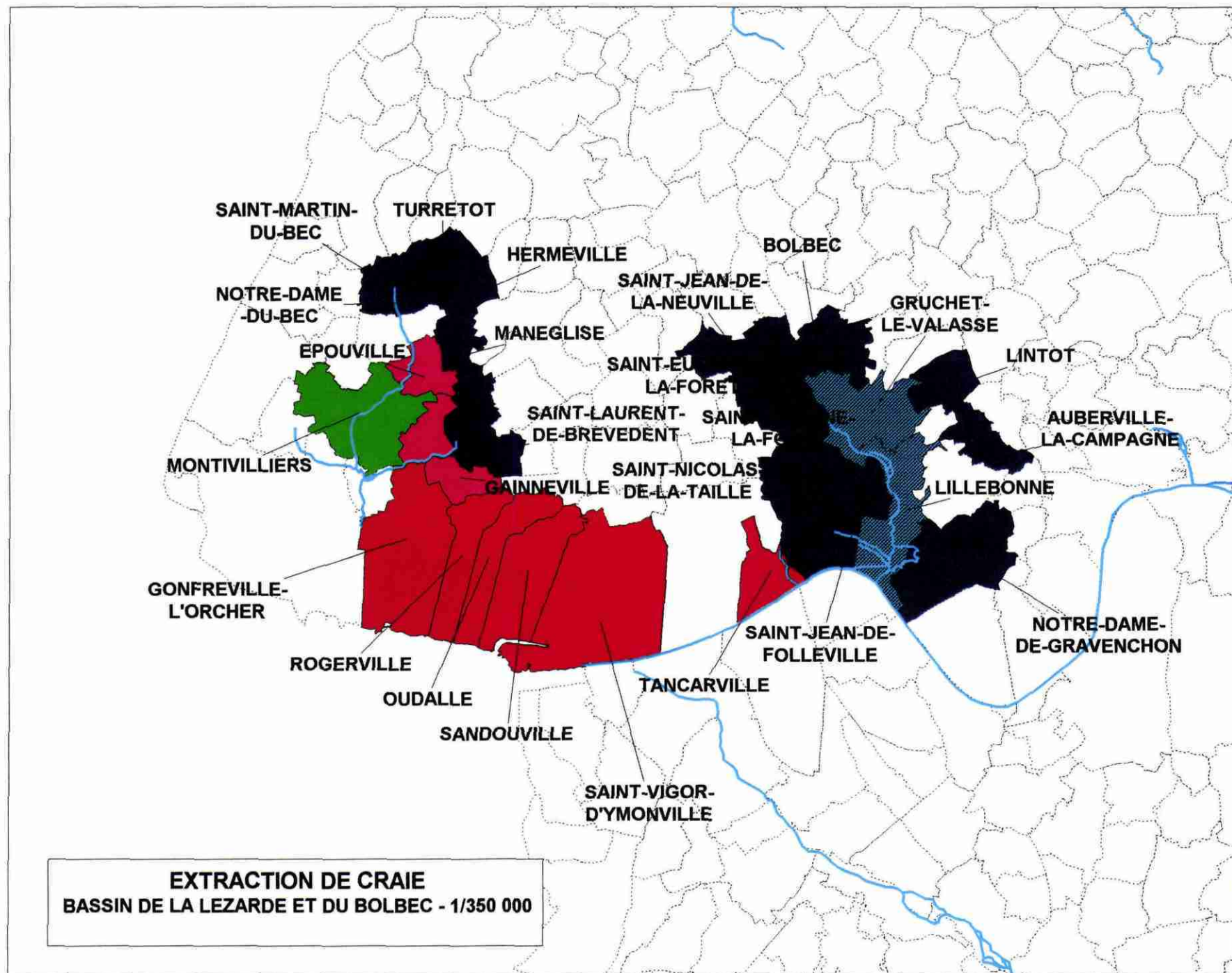
Cénomaniens-Turonien-Sénonien

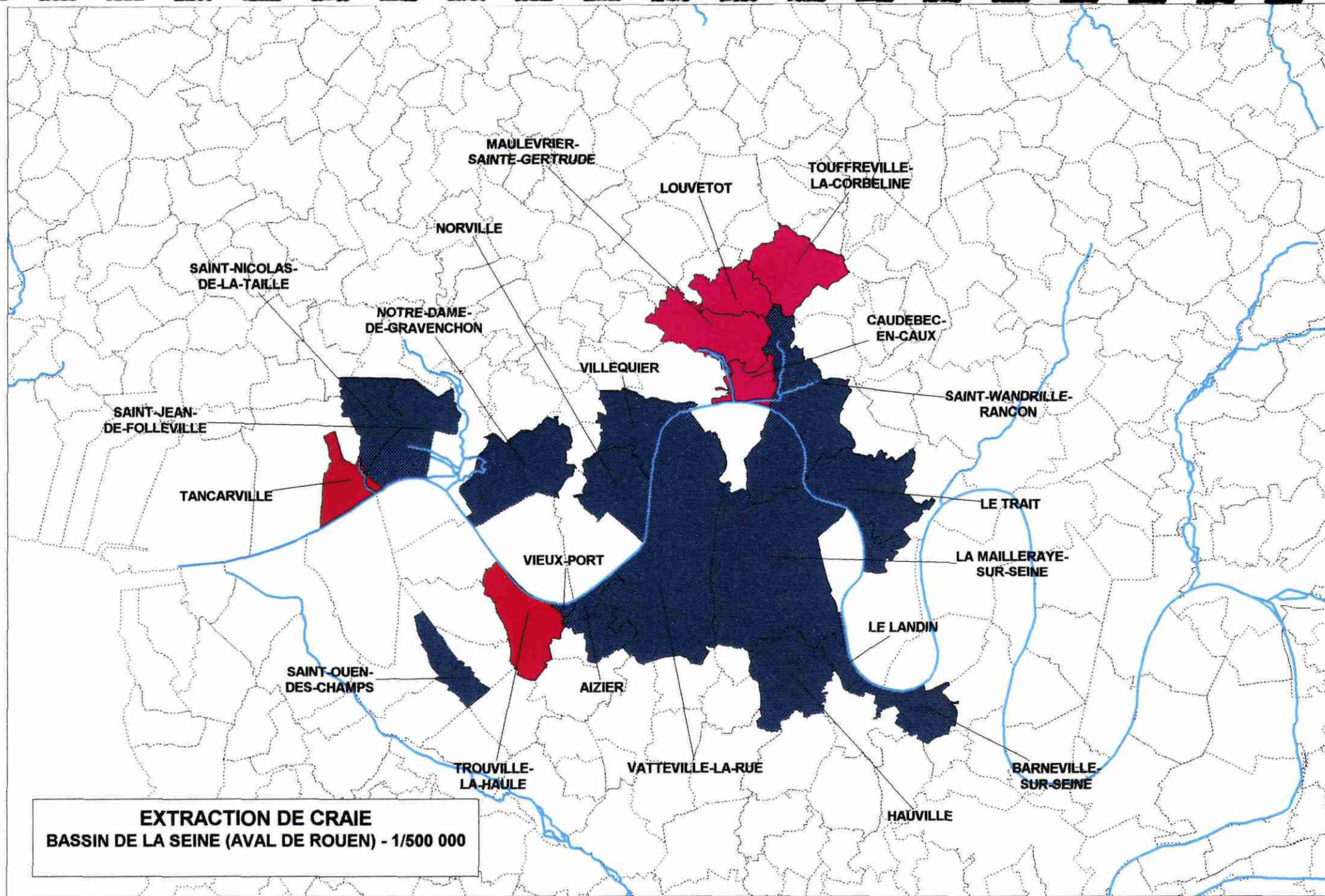




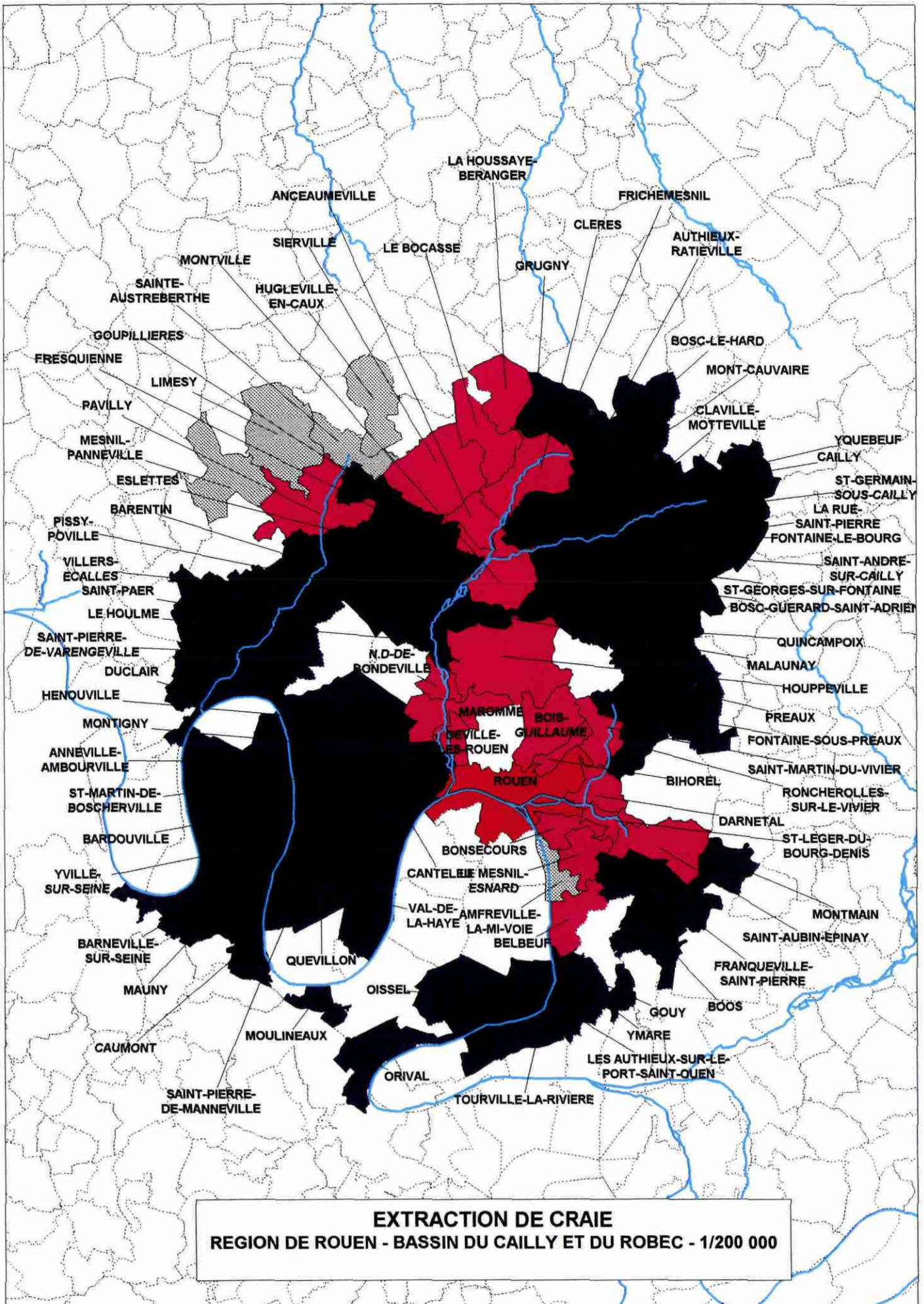


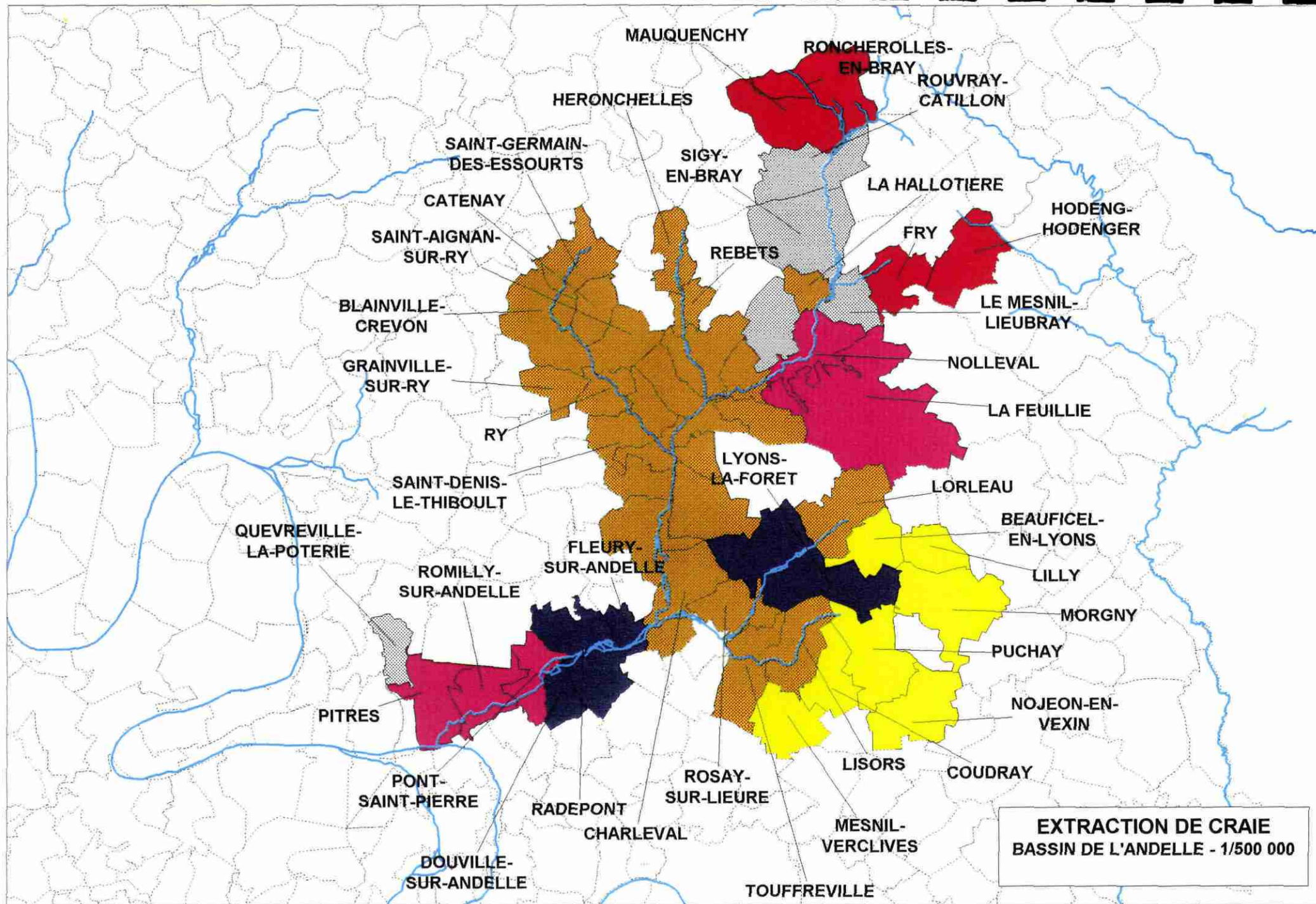




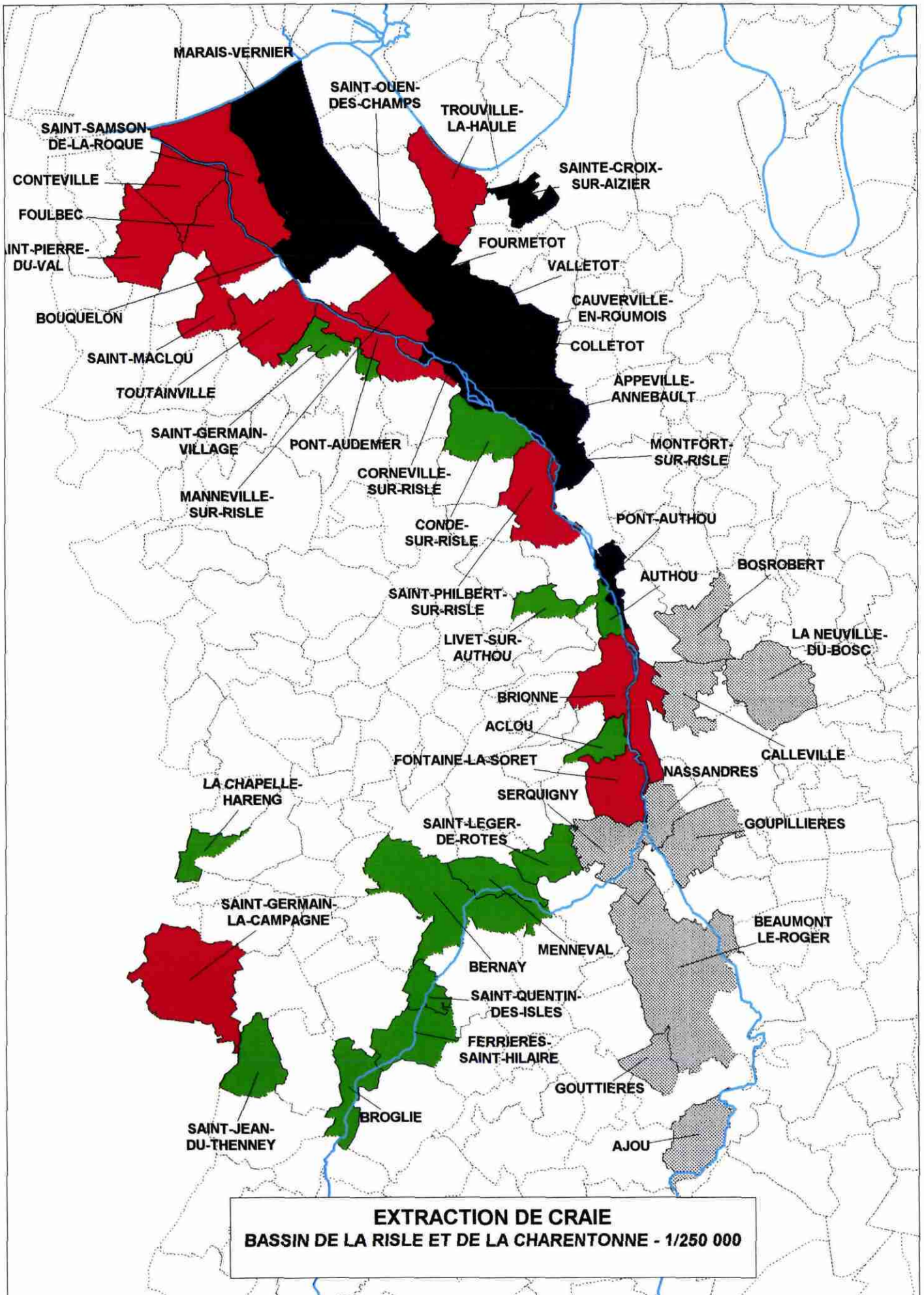


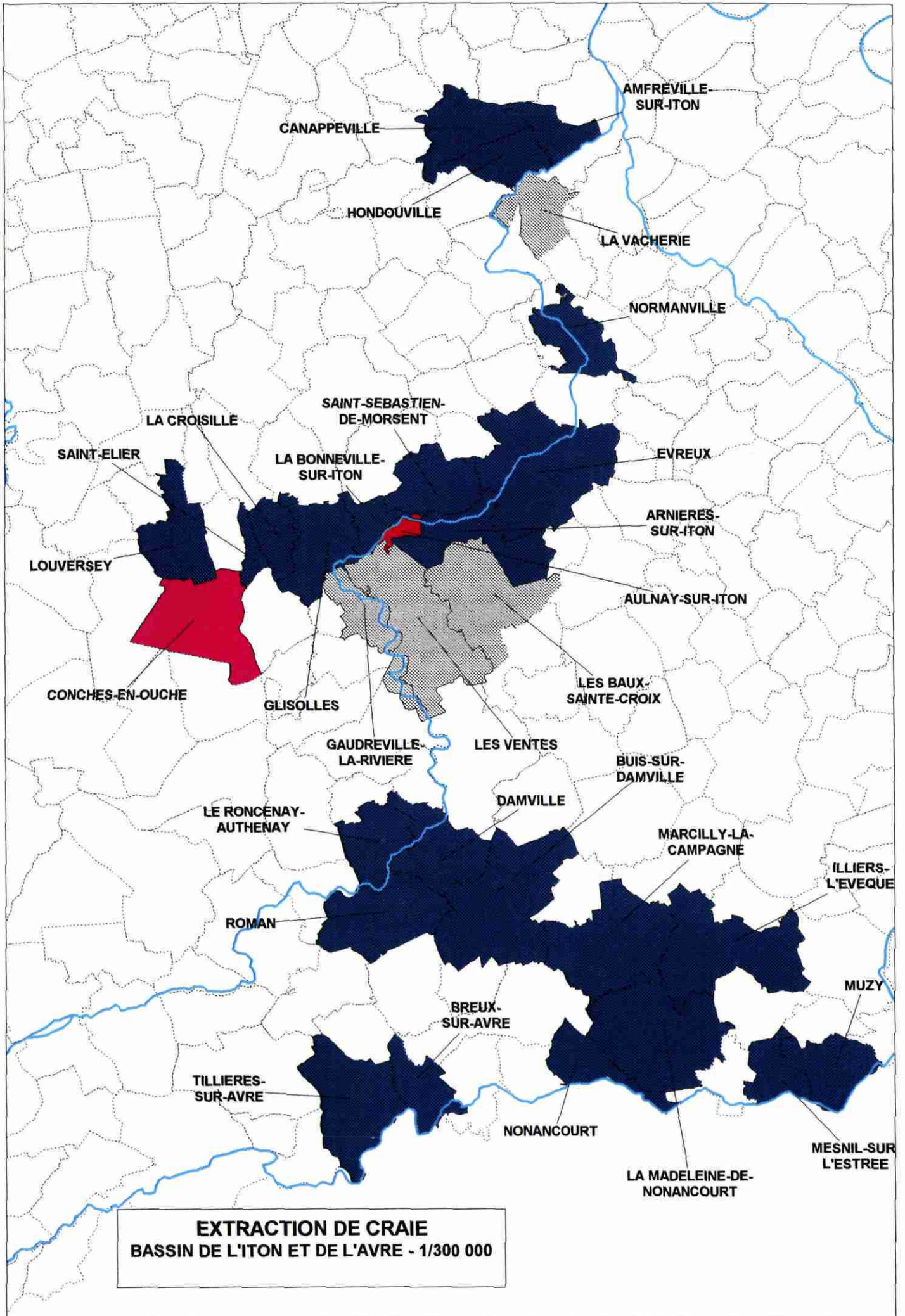
EXTRACTION DE CRAIE
BASSIN DE LA SEINE (AVALE DE ROUEN) - 1/500 000

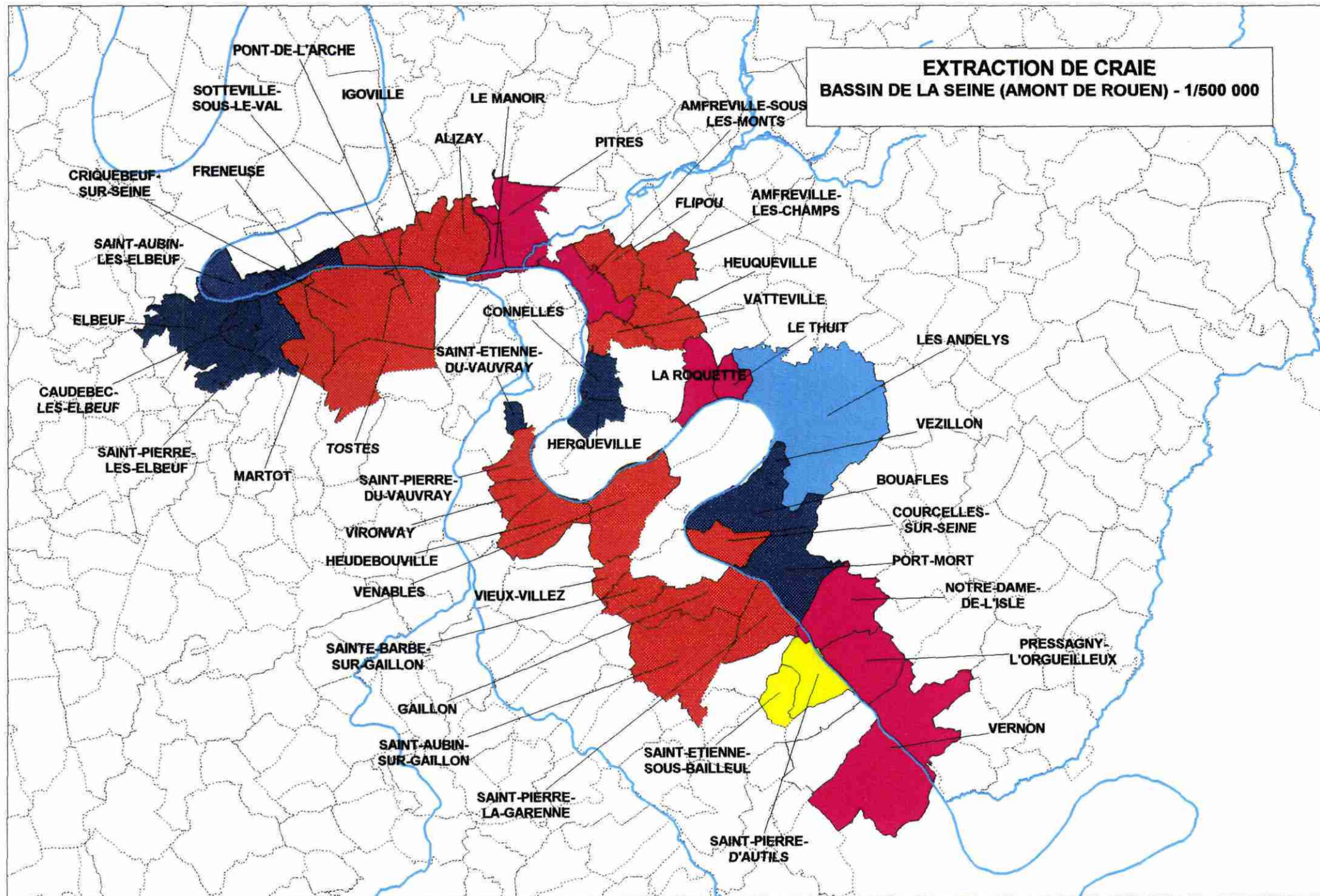


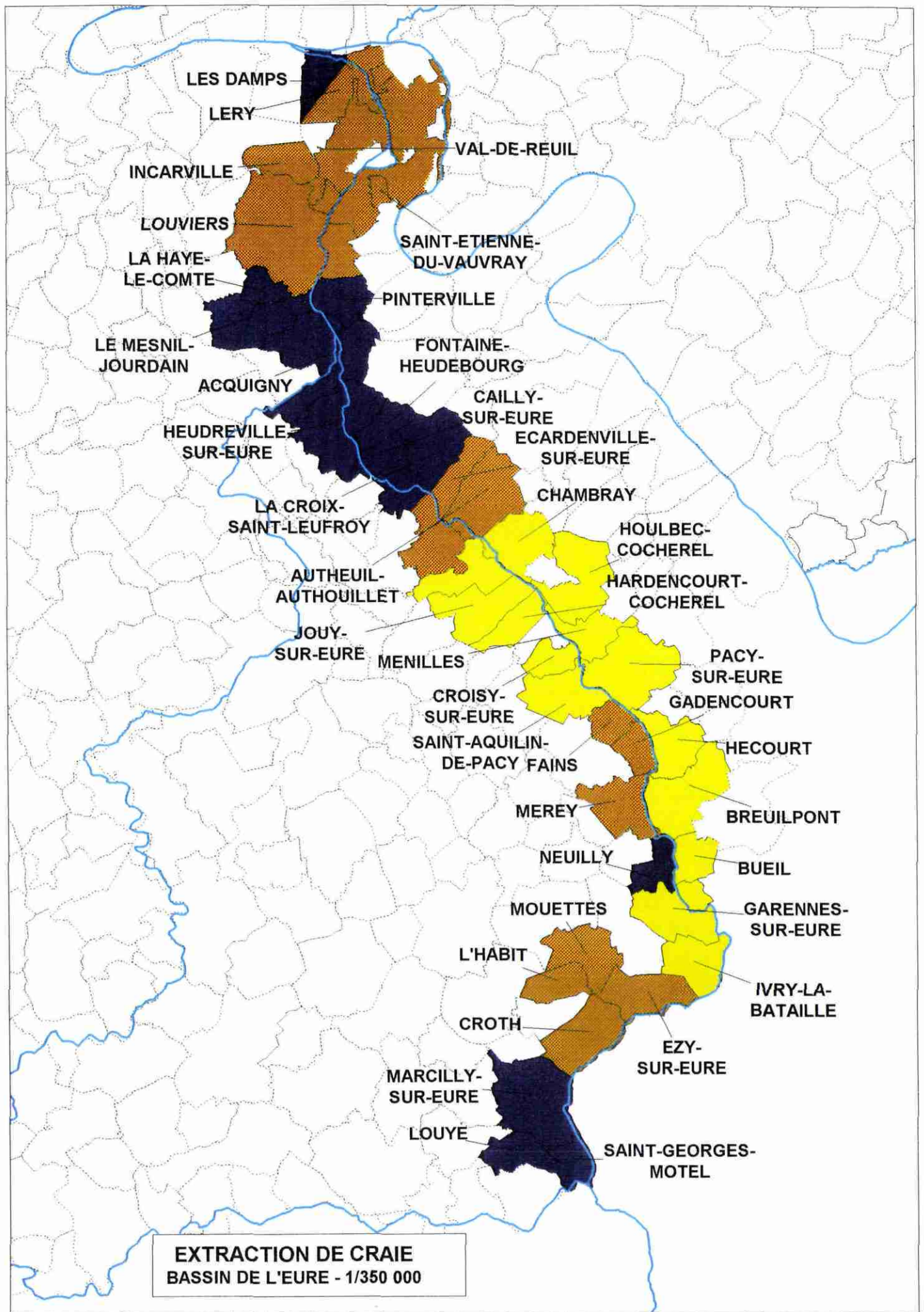


EXTRACTION DE CRAIE
BASSIN DE L'ANDELLE - 1/500 000

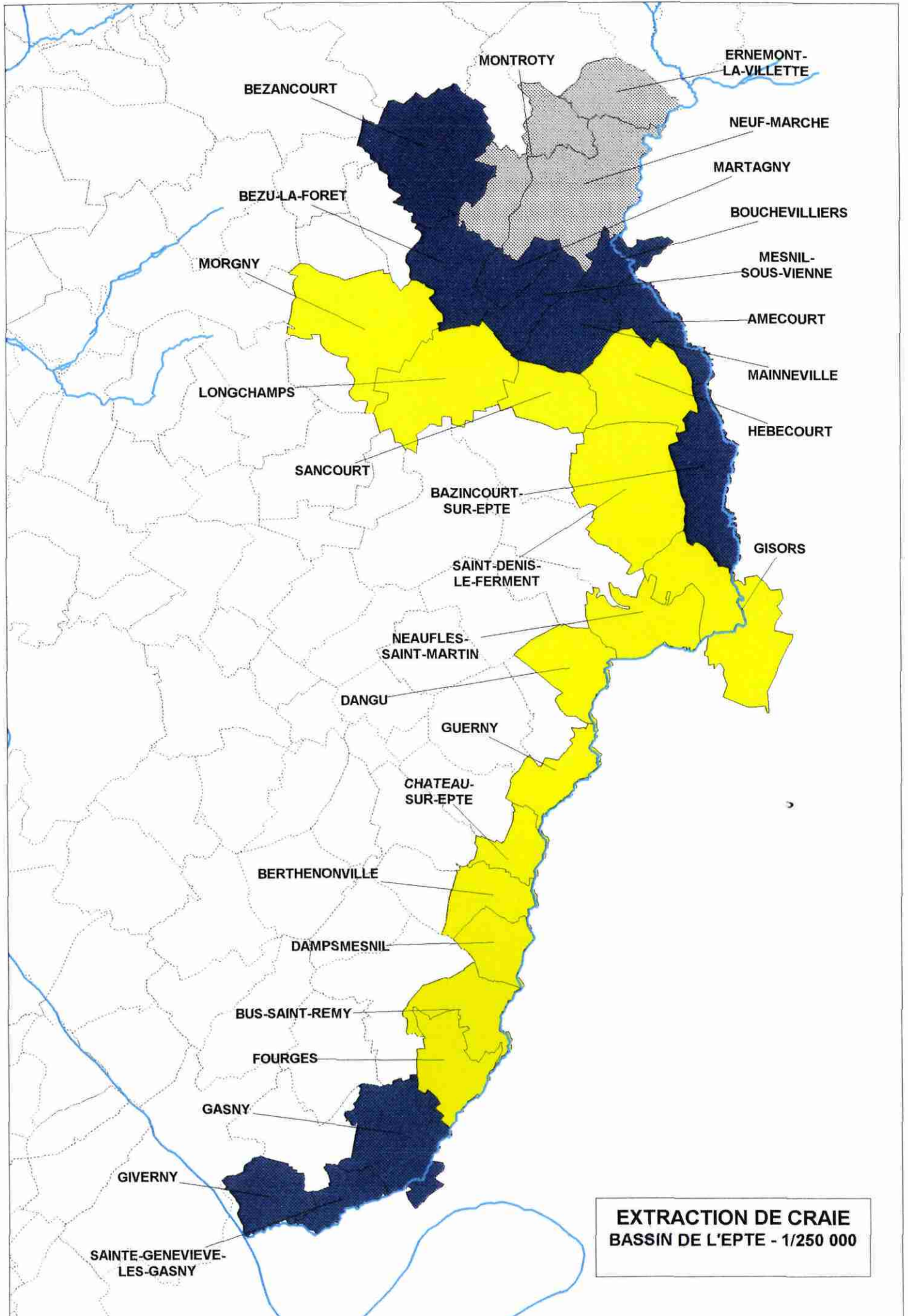








EXTRACTION DE CRAIE
BASSIN DE L'EURE - 1/350 000



BRGM
SERVICE GEOLOGIQUE NATIONAL
Service Géologique Régional Haute-Normandie
10 rue Sakharov, 76130 MONT-SAINT-AIGNAN. Tél. : 02.35.60.12.00.