



Ministère de l'Industrie,
de la Poste et des
Télécommunications



DOCUMENT PUBLIC

*Faisabilité de l'exploitation
des argiles à silex
Etude d'un site de biefs à silex*

Travaux 1996

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 96-G-201

janvier 1997
R 39320



Mots-clés : Argiles à silex, Biefs à silex, Silex, Tertiaire, Altérite, Granulats, Substitution, Région parisienne, Bassin parisien, Beauce, Perche, Châteaudun, Nottonville, Chartres, Dreux, Région Centre, Ile-de-France.

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

BRGM (1997) - Faisabilité de l'exploitation des argiles à silex. Etude d'un site de biefs à silex. Travaux 1996. Rap. BRGM R 39320, 65 p., 21 fig., 5 tabl.

© BRGM, 1997 : ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

L'étude de la formation Résiduelle à Silex (RS) entre dans le cadre des travaux de recherche de matériaux capables de se substituer à terme aux granulats alluvionnaires de la région parisienne. Elle a été réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM financées par le ministère de l'Industrie et le ministère de l'Environnement.

Disposée en ceinture en forme de croissant à environ cent kilomètres à l'ouest et au sud de Paris, cette formation géologique est composée d'un mélange d'argile et de silex. On distingue globalement deux faciès :

- argiles à silex,
- biefs à silex.

Les travaux 1996 ont été principalement orientés sur les biefs à silex : détermination de la géologie et de la géométrie d'un gisement potentiel pour utilisation en granulats ; essais préliminaires de traitement.

D'autre part, des observations ponctuelles sur un secteur du nord de la Beauce ont permis de vérifier la composition, la granularité et l'évolution des argiles à silex en profondeur.

Un site de "biefs à silex" a été sélectionné près de Châteaudun sur le territoire de la commune de Nottonville (28). Six trous ont été creusés à la pelle mécanique jusqu'à une profondeur moyenne de 5 m, sur une zone de deux kilomètres carrés. Cinq échantillons de l'ordre de 700 kg ont été prélevés et soumis chacun à des essais en trommel, les mêmes que ceux effectués en 1995 sur des matériaux en provenance de Challet près de Chartres.

Sur le plan géologique, la disposition géométrique des faciès de "biefs à silex" est limitée aux zones de versants et se développe au mieux dans les zones d'interfluve. L'étude de Laignel (1997) indique qu'à partir de pentes de 2 à 3°, on constate le développement de ces faciès lessivés. Les observations sur le site de Nottonville confirment cette hypothèse. On constate aussi dans ce secteur, l'existence d'une couche qui forme une sorte de dalle de silex dans les biefs et qui pourrait se poursuivre sous les argiles à silex. Les pourcentages de matériau > 10 mm obtenus dans les trois puits dépassent 65 % et les résultats des essais géotechniques effectués sur les silex issus de la fraction > 40 mm sont corrects.

Les zones de plaine sont occupées par un faciès d'argiles à silex caractérisé par sa richesse en smectite ; cette composition minéralogique est différente de celle de la zone étudiée en 1995 au nord de Chartres où la fraction argileuse est dominée par la kaolinite.

La présence de smectite engendre des problèmes de colmatage lors du passage au trommel par voie sèche.

Les variations dans la composition minéralogique des argiles contribuent à la thèse que celles-ci ne seraient pas autochtones, c'est-à-dire issues uniquement de l'altération de la craie, mais bien allochtones avec une mise en place par infiltration depuis la surface. Dans ce cas, il serait logique de constater une diminution de la teneur en argile en profondeur (effet d'autobouchage).

Une étude confidentielle, réalisée par une entreprise privée, confirme cette hypothèse et indique que dans le contexte "argiles à silex de forte épaisseur" (> 20 m), la teneur en argile chute considérablement à partir d'une dizaine de mètres de profondeur.

En terme de réserves, le faciès de biefs à silex du site de Nottonville peut répondre à une demande locale pour granulats, mais il faudrait identifier de nombreux sites similaires, pour répondre même partiellement aux besoins du marché du bassin de Paris.

En revanche, il se peut qu'il existe sous des milliers d'hectares de la Beauce et du Perche où on a identifié 30 à 40 m d'argiles à silex, un matériau aussi riche en silex et aussi facile à traiter que les "biefs", à une profondeur supérieure à 10 m.

En tenant compte de ces résultats, il est recommandé de focaliser les futurs travaux sur le faciès "argiles à silex" dans les secteurs de forte épaisseur afin de préciser la lithologie de ce faciès en profondeur.

Sommaire

Introduction	9
1. La géologie des formations résiduelles à silex (RS)	11
1.1. Distinction entre "argiles" et "biefs" à silex	11
1.2. Distribution géographique de la formation Résiduelle a silex (RS)	13
2. Etudes techniques antérieures	17
2.1. Travaux de P. Le Berre (1978)	17
2.2. Travaux de B. Laignel (1995 - 1997)	18
2.2.1. Granularité du faciès "argiles à silex"	18
2.2.2. Granularité du faciès "biefs à silex"	18
2.2.3. Minéralogie de la fraction argileuse	18
2.2.4. Essais hors projet.....	19
3. Choix d'un site d'échantillonnage	21
3.1. Biefs ou argiles à silex ?	21
3.2. Sélection d'un site pour échantillonnage à la pelle mécanique.....	21
4. Travaux d'échantillonnage	25

5. Interprétation géologique	27
5.1. Site du Bois de l'Abbaye - Nottonville	27
5.1.1. Descriptive géologique	27
5.1.2. Evaluation préliminaire des réserves potentielles de biefs à silex du site Bois de l'Abbaye.....	31
5.2. Site Nord-Ouest Beauce	32
6. Caractérisation et traitement des échantillons	33
6.1. Humidité	33
6.2. Analyse granulométrique du tout-venant	33
6.3. Composition minéralogique	34
6.4. Traitement par trommel	38
6.5. Etude de la qualité des silex	41
Conclusions - Perspectives	45
Bibliographie	59

Liste des figures

- Fig. 1 - Morphologie de la transition argiles - biefs à silex (d'après B. Laignel, 1997).
- Fig. 2 - Extension de la formation Résiduelle à Silex (d'après Pomerol *et al.*, 1967).
- Fig. 3 - Carte en courbes d'iso-épaisseur des argiles à silex en Normandie, dans le Perche et la Beauce (d'après F. Quesnel, 1997).
- Fig. 4 - Carte de localisation du site de Nottonville - Bois de l'Abbaye. Extrait de la carte Michelin à 1/1 000 000.
- Fig. 5 - Localisation du secteur Nottonville - Bois de l'Abbaye - Extrait de la carte IGN à 1/25 000 Sancheville.
- Fig. 6 - Extrait de la carte géologique Orgères-en-Beauce.
- Fig. 7 - Coupe géologique relevée dans le puits n° T001.
- Fig. 8 - Coupe géologique relevée dans le puits n° T002.
- Fig. 9 - Coupe géologique relevée dans le puits n° T003.
- Fig. 10 - Coupe géologique relevée dans le puits n° T004.
- Fig. 11 - Coupe géologique relevée dans le puits n° T005.
- Fig. 12 - Coupe géologique relevée dans le puits n° T006.
- Fig. 13 - Schéma géologique du secteur Nottonville - Bois de l'Abbaye à l'échelle du 1/10 000 environ.
- Fig. 14 - Coupe schématique du secteur Nottonville - Bois de l'Abbaye.
- Fig. 15 - Log de sondage sur un puits creusé au nord de la Beauce.
- Fig. 16 - Courbe granulométrique de l'échantillon de biefs à silex prélevé dans le puits T001.
- Fig. 17 - Courbe granulométrique de l'échantillon de biefs à silex prélevé dans le puits T002.

Fig. 18 - Courbe granulométrique de l'échantillon de biefs à silex prélevé dans le puits T003.

Fig. 19 - Courbe granulométrique de l'échantillon d'argiles à silex prélevé dans le puits T004.

Fig. 20 - Courbe granulométrique de l'échantillon d'argiles à silex prélevé dans le puits T006.

Fig. 21 - Schéma de traitement des argiles et biefs à silex.

Liste des tableaux

Tabl. 1 - Différents types de faciès au sein des argiles et biefs à silex (d'après B. Laignel, 1997).

Tabl. 2 - Caractéristiques granulométriques des argiles et des biefs à silex (d'après B. Laignel, 1997).

Tabl. 3 - Mesures d'humidité sur les échantillons en provenance du site le Bois d'Abbaye (Nottonville).

Tabl. 4 - Compositions minéralogiques des échantillons prélevés en puits (Nottonville et Nord Beauce).

Tabl. 5 - Résultats des essais de fragmentation dynamique (FD) et Microdeval.

Introduction

La consommation de granulats est de l'ordre de 100 Mt/an dans le Bassin parisien, la moitié provenant de l'exploitation des alluvions. L'étude des formations résiduelles à silex (RS) a pour objectif de mettre en évidence une ressource potentielle qui puisse venir se substituer au moins partiellement, à ces granulats d'origine alluvionnaire.

La formation RS, issue de l'altération de la craie, est située dans un rayon de 100 à 200 km à l'ouest et au sud de Paris, affleurant sur une surface qui représente environ 20 000 km². L'épaisseur de cette couche peut atteindre 40 m, voire plus et les réserves en silex sont donc pratiquement inépuisables.

Des reconnaissances géologiques détaillées ont été entreprises depuis trois ans, dans le cadre de travaux de thèse, par F. Quesnel (1997) et B. Laignel (1997). La première thèse est un travail à caractère fondamental consacré à la stratigraphie et la géographie des RS ainsi qu'à l'évolution de ces faciès durant le Tertiaire et le Quaternaire (thèse BRGM). La deuxième thèse constitue une étude d'identification et de caractérisation de ressources en RS utilisables pour la production de granulats (travaux menés dans le cadre d'une convention passée entre la région Haute-Normandie, l'UNICEM et l'université de Rouen).

Les travaux pluriannuels engagés en 1995 et 1996 par le BRGM se placent dans le prolongement des travaux de F. Quesnel (1997) et B. Laignel (1997), avec pour objet une étude de préfaisabilité visant à :

- déterminer sur le plan géologique, les options les plus appropriées présentées par les deux principaux types de faciès des RS, c'est-à-dire "argiles à silex" ou "biefs à silex" (ou les deux combinés) ;
- mettre au point un procédé de traitement optimal des argiles à silex ;
- calculer le prix de revient de granulats concassés issus du traitement de ces argiles.

L'essentiel des objectifs des travaux conduits en 1996 a eu pour objectif de déterminer la taille et la qualité d'un gisement de biefs à silex en fonction de la demande probable de la région parisienne sur le moyen à long terme.

Ces travaux, réalisés en 1996 par C.H. Spencer et P.L. Hergibo (BRGM) avec l'assistance de B. Laignel, ont été effectués dans le cadre des actions de Service public du BRGM et financés par le ministère de l'Industrie.

1. La géologie des formations résiduelles à silex (RS)

1.1. DISTINCTION ENTRE "ARGILES" ET "BIEFS" A SILEX

La dissolution progressive de la craie au cours du Tertiaire (période d'environ 65 Ma), dans les plaines de la partie occidentale et de la partie méridionale du Bassin parisien, a conduit à la mise en place d'une formation résiduelle et superficielle composée principalement d'argile et de silex, appelée communément "argiles à silex".

Ces vastes plaines ont été entaillées par des cours d'eau qui ont, par endroit, érodé la formation jusqu'au substratum crayeux. Sur les versants des vallées, les processus de lessivage ont entraîné une partie importante des argiles, laissant des matériaux enrichis en silex appelés **biefs à silex** (fig. 1). De plus, les processus périglaciaires actifs pendant le Quaternaire ont souvent provoqué l'éclatement partiel des silex.

Les volumes globaux de silex disponibles dans les biefs de versant semblent être nettement moindres que pour les argiles à silex, mais leur traitement en vue de la production de granulats est beaucoup plus facile à mettre en oeuvre (faible teneur en argile et silex partiellement fragmentés).

La figure 1 montre la morphologie des gisements d'argiles et de biefs à silex. Pour ce qui concerne les biefs à silex, B. Laignel (1995) a distingué différents types de sites :

- les sites de falaises ;
- les sites de vallées actuelles (ou vallées drainées) ;
- les sites de vallées sèches ;
- les sites de vallons secs ;
- les sites en interfluve.

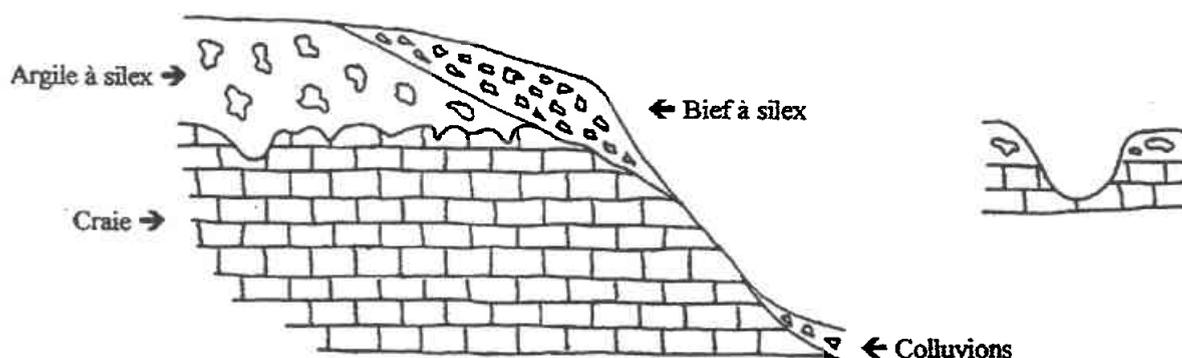


Fig. 1 - Morphologie de la transition argiles - biefs à silex (d'après B. Laignel, 1997).

Hormis les variations d'épaisseur, différents auteurs ont constaté que la **nature** de la formation RS peut varier à la fois verticalement et sur le plan géographique. Cependant les coupes ont été observées lors de travaux de génie civil, ou sur des affleurements résultant de l'exploitation de biefs. Les informations sont disparates, incomplètes, et plutôt représentatives des zones de biefs, là où l'épaisseur n'est que de quelques mètres.

Il manque des coupes complètes dans les zones où la formation est très développée et très épaisse. Les informations des sondages archivés dans la Banque de données du sous-sol, le plus souvent des sondages destructifs hydrologiques, ne permettent pas d'évaluer les variations en profondeur de la qualité des silex et des teneurs en argile.

Les observations constatées jusqu'à présent suggèrent qu'à la base de la formation RS, un fin niveau très argileux, brun à noir est au contact de la craie. Au-dessus de ce niveau, la fraction argileuse est généralement blanchâtre, puis devient rouge vers la surface. Cette évolution s'accompagne d'une variation de composition de l'argile, qui évolue d'un pôle smectique près de la craie à un pôle kaolinique vers la surface. Là où les épaisseurs de la couche sont importantes, la fraction argileuse semblerait composée essentiellement de kaolinite. En revanche, lorsque les épaisseurs de la couche sont plus modestes (en Normandie par exemple), la proportion de smectite est plus grande. Sur les plateaux, la formation des argiles à silex peut contenir des poches ou des entonnoirs de sable de quelques centaines de mètres de diamètre.

Les faciès de biefs à silex présentent, quant à eux, une composition beaucoup plus hétérogène à la fois d'un site à l'autre, mais également au sein d'un même site.

B. Laignel (1997) distingue trois faciès au sein des argiles à silex et sept faciès dans les biefs à silex (tabl. 1).

Site	Faciès
Plateaux (argiles à silex)	argileux (rouge, blanc, marbré) sableux à argilo-sableux liseré argileux brun-noir
Versants (biefs à silex)	lessivé sableux sablo-argileux, argilo-sableux, argilo-limono-sableux argilo-limoneux argileux (rouge, brun, rose) argileux (roux, jaune)

Tabl. 1 - Différents types de faciès au sein des argiles et biefs à silex (d'après B. Laignel, 1997).

1.2. DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE DE LA FORMATION RESIDUELLE A SILEX (RS)

Pratiquement toutes les formations de craie des parties occidentale et méridionale du bassin de Paris sont recouvertes par des argiles à silex (voir fig. 2). Elles constituent une bande continue, large de 50 à 80 km qui forme un croissant passant par Rouen, Lisieux, Evreux, Dreux, Chartres, Châteaudun, Blois, Gien et Montargis, sur une surface qui approche les 20 000 km². Elles sont également connues dans le Pas-de-Calais, la Picardie et même outre-Manche.

On constate que la formation RS est souvent considérée comme une couche superficielle de peu d'intérêt et ne figure pas sur les cartes géologiques à 1/250 000, ni sur la carte géologique de la France à 1/1 000 000. Elle est toutefois reportée sur les cartes géologiques à 1/50 000, ce qui a permis à B. Laignel (1997) et à F. Quesnel (1997) de dresser une carte montrant l'extension des argiles à silex dans les régions Haute-Normandie, Basse-Normandie et Centre (fig. 3 et 4).

Pour ce qui concerne l'épaisseur des argiles à silex, c'est en consultant les coupes de sondages rassemblées dans la Banque des données du sous-sol (BSS) que F. Quesnel (1997) et B. Laignel (1997) ont établi la carte de figure 3 en utilisant le logiciel Synergis. Il faut noter que les épaisseurs les plus importantes ont été observées entre Chartres et Dreux où cette formation atteint 40 m.

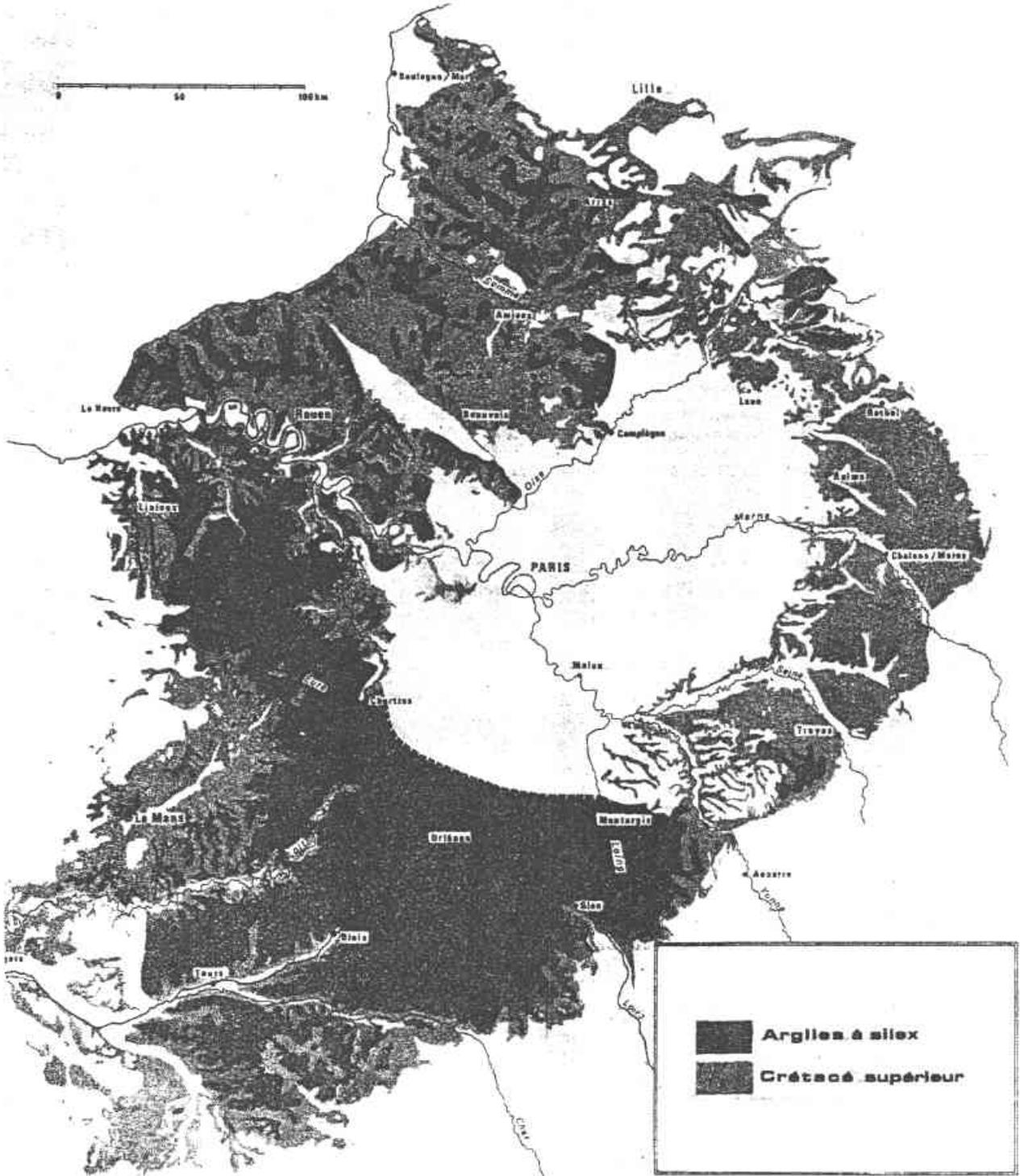


Fig. 2 - Extension de la formation Résiduelle à Silex (d'après Pomerol et al., 1967).

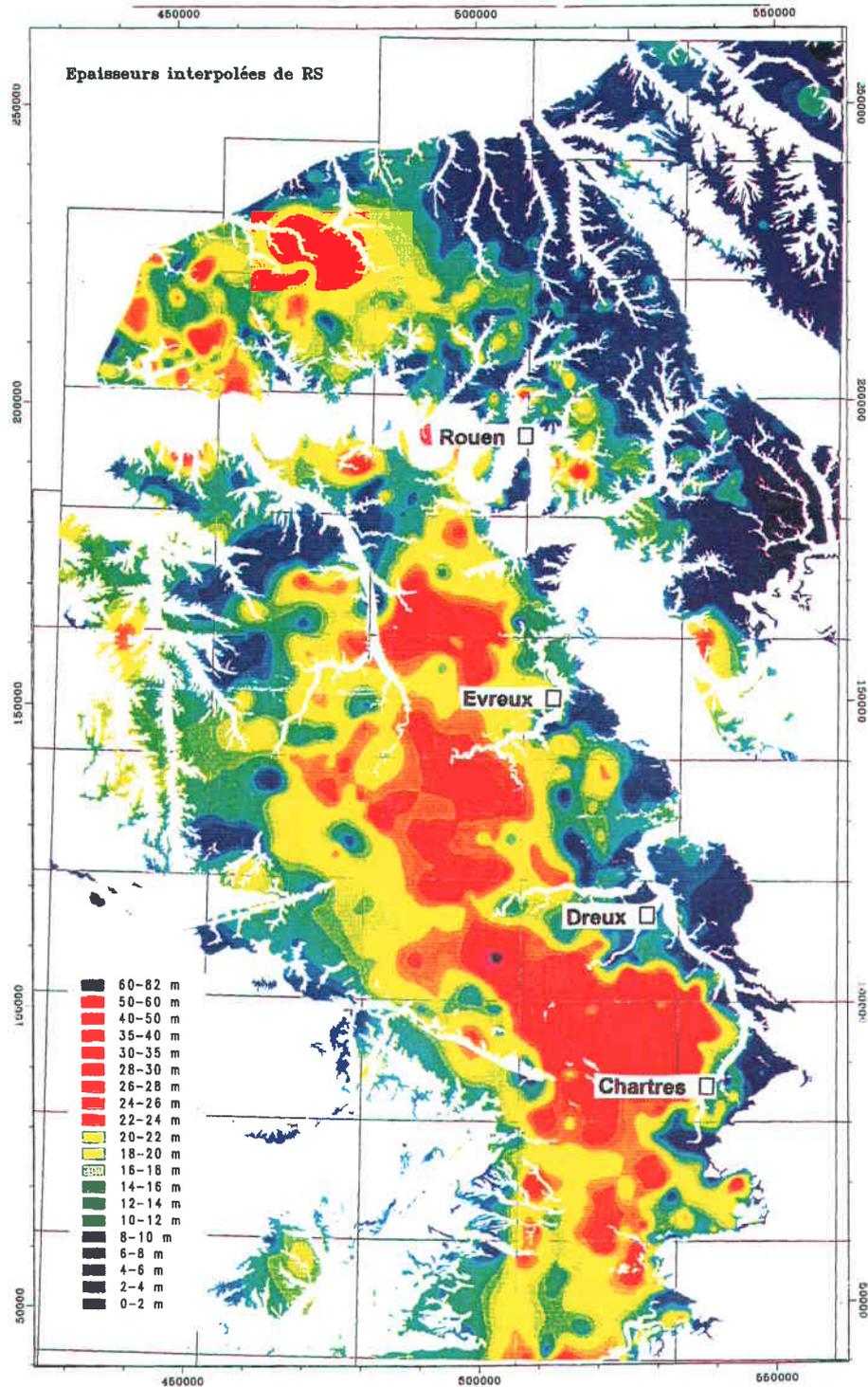


Fig. 3 - Carte en courbes d'iso-épaisseur des argiles à silex en Normandie, dans le Perche et la Beauce (d'après F. Quesnel, 1997).

2. Etudes techniques antérieures

2.1. TRAVAUX DE P. LE BERRE (1978)

La première étude BRGM concernant les possibilités d'utilisation des argiles et des biefs à silex pour la production de granulats a été réalisée par P. Le Berre (1978). Celui-ci a prélevé 8 échantillons de plusieurs centaines de kilogrammes dans d'anciennes carrières à Brionne dans l'Eure, Chartres (Eure-et-Loire), Monthodon (Indre-et-Loire) et Savigny-en-Sancerre (Cher). Les travaux de P. Le Berre se sont appuyés sur les études de Y. Dewolf (1976), et sur les actes d'un colloque sur les argiles à silex du bassin de Paris organisé en 1967 par la Société Géologique de France.

Les échantillons avaient été prélevés dans des biefs à silex, sur des versants des vallées et les résultats des essais de laboratoire étaient très encourageants. Les moyennes obtenues étaient les suivantes :

- composition granulométrique montrant une très forte teneur en silex (graviers et cailloux) :

. fines (< 80µm) :	10 %
. sable (80 µm - 5 mm) :	14 %
. graviers (5 mm- 20 mm) :	14 %
. cailloux (> 20 mm) :	62 %

- granulats obtenus par concassage de la fraction "cailloux" (> 20 mm) de bonne qualité :

. fragmentation dynamique (F.D.) :	21,7
. microdeval sec (MDS) :	4,8
. microdeval en présence d'eau (MDE) :	4,7

La qualité des sables et des graviers naturels contenus dans ces faciès était variable selon le site, mais les sables issus du concassage des cailloux étaient aussi de bonne qualité.

Ces granulats paraissent convenir pour la plupart des utilisations en bâtiment et travaux publics, le matériau étant seulement impropre en géotechnique routière pour les bétons bitumineux et les enduits superficiels des chaussées à fort trafic.

2.2. TRAVAUX DE B. LAIGNEL (1995 - 1997)

Les travaux de B. Laignel (1997) ont été menés dans le cadre d'une convention passée entre l'UNICEM et le laboratoire de Géologie de l'université de Rouen. Il s'agit d'une étude géologique détaillée des argiles à silex orientée en vue de préciser les possibilités d'utilisation de ces matériaux pour la production de granulats.

2.2.1. Granularité du faciès "argiles à silex"

Les résultats obtenus par B. Laignel (1997) sur les argiles à silex montrent que les teneurs en cailloux sont assez homogènes, de 39 à 60 %, et que les quantités de graviers sont très variables, de 2,5 à 18 %. Les teneurs en sable sont également très variables, de 5 à 21 % tandis que les quantités de fines sont relativement homogènes avec une moyenne de 33 %, ce qui justifie l'appellation "argiles à silex" (tabl. 2).

2.2.2. Granularité du faciès "biefs à silex"

En ce qui concerne les biefs à silex (tabl. 2), les teneurs en cailloux sont relativement homogènes avec une moyenne de 64 % et un écart-type relativement faible. De même, les teneurs en graviers sont homogènes avec 12 % ($\pm 3,8$ %). En revanche on constate des teneurs en sable et fines assez variables, de 3 à 31 % et de 4 à 25 % respectivement.

	Argiles à silex		Biefs à silex	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
fines (<0,08 mm)	33,4	8,7	11,8	5,2
sables (0,08- 5 mm)	9,1	5,3	11,8	6
gravier (5-20 mm)	10,6	5,3	12,1	3,8
cailloux (>20 mm)	46,9	6,3	64,4	8,7
cailloux + graviers	57,7	6,8	76,4	8,3

Tabl. 2 - *Caractéristiques granulométriques des argiles et des biefs à silex (d'après B. Laignel, 1997).*

2.2.3. Minéralogie de la fraction argileuse

a) *Faciès Argiles à silex*

D'après B. Laignel (1997), la fraction argileuse du faciès "argiles à silex" présente une composition très variable ; les teneurs en kaolinite, smectite et illite varient dans les proportions suivantes :

- 5-100 % kaolinite ;
- 0 à 90% smectite ou interstratifiés smectite ;
- 0 à 20 % illite.

B. Laignel (1997) constate une différence d'ordre géographique entre la partie nord de la zone étudiée (Haute-Normandie) montrant une grande richesse en smectite, alors qu'au sud, dans le Perche et la Beauce, la tendance est à un enrichissement général en kaolinite.

Du point de vue du traitement pour la production de granulats, l'argile kaolinique de par sa nature moins plastique et sa moindre capacité à absorber de l'eau, posera en principe moins de problèmes que l'argile smectique pour la séparation silex - argile. Ce constat est valable aussi bien pour la voie sèche que la voie humide (décantation des boues de lavage).

b) Faciès de biefs à silex

La fraction argileuse du faciès "biefs à silex" est nettement moins variable que celle du faciès "argiles à silex". Mis à part les échantillons prélevés à proximité du contact avec la craie, les teneurs en kaolinite sont en moyenne de 72 %. Les teneurs en smectite sont plus irrégulières avec une moyenne de 17 %. Les teneurs en illite sont faibles avec un maximum de 25 % et une moyenne de 9 %.

2.2.4. Essais hors projet

Nous avons obtenu des informations sur les travaux d'une société privée ayant entrepris une étude sur la formation RS, dans le secteur entre Chartres et Evreux.

Les travaux réalisés étaient les suivants :

- creusement de deux puits, le premier de 10 m et le deuxième de 14 m de profondeur avec prélèvement de 150 t d'argiles à silex. Une campagne de sondages pour estimer les réserves a aussi été entreprise suite au premier puits ;
- essais de débouage, de criblage, de concassage dans différentes installations de la société sur l'échantillon de 150 t ;
- calcul du coût pour une production annuelle de 300 000 t de granulats.

Les tests sur le tout-venant ont été réalisés de différentes manières :

- dans un déboureur classique à l'eau, pour lequel le résultat semble avoir été négatif, car les volumes d'eau nécessaires sont beaucoup trop importants pour pouvoir envisager d'utiliser cette technique ;
- à sec, sur des cribles vibrants à grosse maille (70 mm puis 30 mm) ; les résultats ont été jugés satisfaisants, c'est-à-dire que la teneur en argile a pu être réduite à 10-15 %, mais le tout-venant utilisé avait été stocké après son extraction et avait partiellement séché avant l'essai de traitement ;

- le concassage du silex ne constitue pas un problème majeur, selon les responsables de la société. Afin d'éviter un coefficient d'aplatissement trop élevé des granulats, il serait judicieux d'utiliser des concasseurs à marteaux.

Le schéma de traitement envisagé comprendrait les étapes suivantes :

Traitement envisagé		Effet escompté
1	extraction puis stockage dans de vastes halles	réduction de l'humidité intrinsèque
2	débouillage à sec sur des grilles vibrantes à mailles larges (de 30 à 70 mm)	diminution de la proportion d'argile à moins de 15 %
3	débouillage en voie humide	diminution de la proportion d'argile à 1 %
4	concassage des silex par concasseurs à marteaux	limitation de la production de granulats aplatis

Le coût du terrassement pour une telle exploitation est très important. Deux types d'argiles stériles vont devoir être remises dans la carrière, une argile sèche issue du premier traitement puis une argile boueuse issue du débouillage en voie humide. La société considère que le volume nécessaire à la production de plusieurs mois, voire de plusieurs années, devrait être extrait et stocké afin de faire une excavation de taille suffisante pour recevoir l'ensemble des stériles.

3. Choix d'un site d'échantillonnage

3.1. BIEFS OU ARGILES A SILEX ?

Dans le cadre de nos objectifs pour 1996 nous avons retenu en priorité la première option, c'est-à-dire un site de biefs à silex. Ce choix a été fait en fonction des arguments suivants :

- l'étude de 1995 avait été axée sur un site d'argiles à silex en Beauce ;
- le secteur sélectionné a fait l'objet d'une étude par P. Le Berre (1977). La qualité de silex prélevé en 1977 sur l'ancien front de taille était très bonne. L'attitude du propriétaire de la zone de la carrière était très positive ;
- les études de B. Laignel (1997) ont clairement démontré que les extensions de biefs à silex se développent dans une zone de versant près des vallées mais les extensions à l'intérieur des plaines seraient limitées (quelques dizaines de mètres). B. Laignel (1997) démontre aussi que l'angle de la pente des versants est déterminant et que le développement de biefs a lieu à partir d'une pente d'environ 3° ;
- les études de B. Laignel (1997) indiquent que les zones qui présentent les meilleures conditions pour une concentration de matériaux RS lessivés de sa fraction argileuse sont les interfluves.

Ainsi, le programme de travail du BRGM pour l'année 1996 a consisté à prélever plusieurs échantillons de quelques centaines de kilogrammes pour des essais de traitement. Pour ce qui concerne le ou les sites à échantillonner, nous avons été confrontés au choix d'étudier les biefs à silex seuls, ou les argiles à silex seules, ou les deux à la fois.

3.2. SELECTION D'UN SITE POUR ECHANTILLONNAGE A LA PELLE MECANIQUE

Un site près de Châteaudun dans la commune de Nottonville(28) (voir fig. 4 et 5) a été sélectionné pour plusieurs raisons :

- la localisation d'une partie de la zone en "interfluve", donc assez favorable pour des concentrations de matériaux lessivés ;
- l'existence d'une ancienne petite exploitation pour silex, fermée depuis 35 ans environ ;
- le libre accès à la plus grande partie du site, accordé par le propriétaire (quelques dégâts peuvent être engendrés par les trous à la pelle). Certains points de la zone n'ont pas été atteints, un propriétaire nous ayant refusé l'accès.



Fig. 4 - Carte de localisation du site de Nottonville - Bois de l'Abbaye. Extrait de la carte Michelin 1/1 000 000.

4. Travaux d'échantillonnage

Les travaux d'échantillonnage sur le site de Nottonville (Eure) se sont déroulés du lundi 13 mai au vendredi 17 mai 1996. A l'aide d'une pelle mécanique, nous avons creusé 6 puits d'environ 5 m de profondeur. Les coupes géologiques observées au cours du creusement de ce puits sont présentées sur les figures 7 à 12.

Les travaux d'échantillonnage et les essais de traitement ont été filmés avec un caméscope. L'ensemble a été recopié sur une cassette de format VHS. Cette cassette est stockée dans les archives du projet Biefs et argiles à silex au service Géomatériaux du BRGM.

Le BRGM a également apporté son assistance technique à l'étude des argiles à silex réalisée par un organisme privé¹ sur un site situé entre Chartres et Evreux. Il a été possible d'observer la coupe d'un puits assez profond (14 m) dans un secteur où les argiles à silex sont épaisses.

¹ La société en question, pour des raisons de concurrence et de secret industriel, ne souhaite pas apparaître nominalelement.

5. Interprétation géologique

5.1. SITE DU BOIS DE L'ABBAYE - NOTTONVILLE

5.1.1. Descriptif géologique

a) Localisation

La zone du Bois de l'Abbaye - Nottonville se situe dans l'Eure-et-Loir à 16 km à l'est de Châteaudun. Le site est localisé à 1,2 km au nord de la D 929 Châteaudun - Pithiviers et à 100 km au sud-ouest de la ville de Paris (fig. 4).

L'ancienne carrière, qui ne figure pas sur la carte IGN à 1/25 000 (fig. 5), correspond au lieu dit "Les Communes". Les coordonnées de la carrière sont les suivantes :

$$x = 536300$$

$$y = 346550$$

Sur le plan topographique, le relief de cette région est faible et l'altitude moyenne de 130 à 135 m. Le réseau hydrographique est drainé par la vallée de la Conie, qui contient le plus important cours d'eau.

b) Géologie régionale

Le substrat régional est la craie sénonienne qui, d'après la carte géologique à 1/50 000, affleure au lieu dit "La Chaussée" (voir fig. 6). L'altitude du toit de la craie est de 121 m à l'Abbaye, Nottonville et à Villiers-Saint-Ortien et 116 m à Pontault (Nottonville).

Cette craie est surmontée par les formations de l'Yprésien comprenant des poudingues à silex et des grès à lader. Cet ensemble peut être considéré comme une variante régionale de la formation RS.

Surmontant l'Yprésien, à l'est du village de Nottonville, se trouve une mince couche de calcaire et de marne pulvérulente, d'âge lutétien (Calcaire de Morencez, Marne de Villeau) surmontée des premiers bancs de calcaire de Beauce, ici représentés par les marnes de Voise.

Dans les plaines, l'ensemble est coiffé par des limons de plateau (LP).

Etude d'un site de biefs à silex

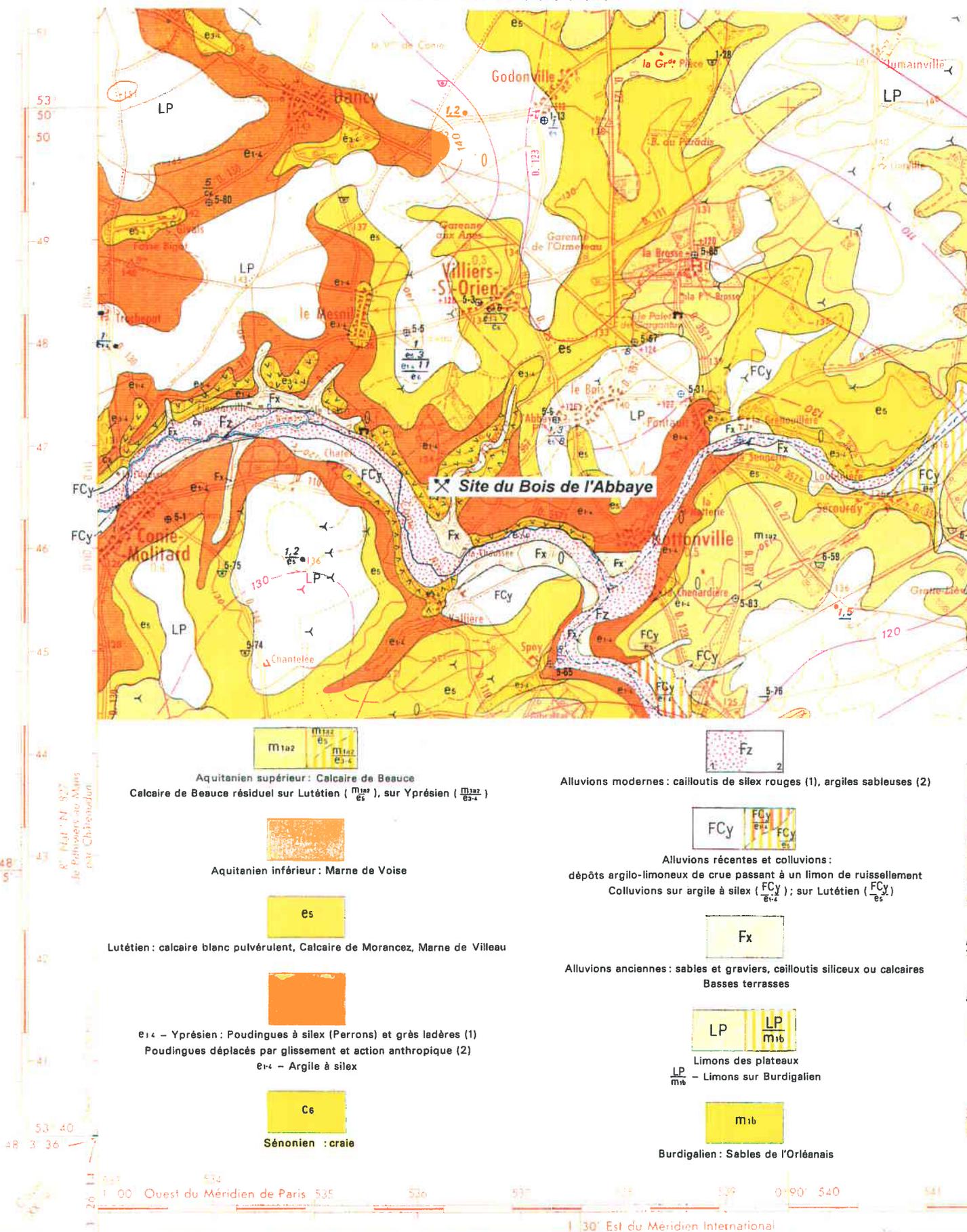


Fig. 6 - Extrait de la carte géologique Orgères-en-Beauce.

c) Géologie locale (le Bois de l'Abbaye)

A l'aide d'une pelle mécanique, 6 puits ont été creusés afin d'observer les faciès sous la terre végétale (voir fig. 7 à 12).²

Trois des 6 puits ont été creusés dans la zone boisée du Bois de l'Abbaye (T001, T002, T003). Deux puits (T004 et T005) ont été creusés dans la plaine à l'est dans le secteur nommé "Pièce de l'Abbaye". Un sixième puits a été creusé à 2 km au nord-ouest de la zone (T006), également dans la plaine (cf. plan de localisation sur fig. 14).

Les coupes des puits et une coupe schématique (fig. 7 à 12, fig. 13) montrent :

- la présence dans le secteur du Bois de l'Abbaye d'une couche de "biefs à silex" avec deux sous-faciès superposés. A la base, une dalle à silex noir à gris assez peu fracturée, avec peu d'argile. Les blocs issus de cette couche sont plus ou moins tabulaires avec des surfaces légèrement ondulées. Cette couche a posé des problèmes d'extraction à la pelle mécanique ; elle est difficilement pénétrable et sa dureté a provoqué des problèmes d'usure sur les dents de la pelle. Le contact avec la craie n'a pas été atteint. Cette dalle de silex située à 2 ou 3 m de la surface est surmontée par une couche plus riche en argile et sable ;
- une couche discontinue comprenant des pérons et des laders présents uniquement à proximité de la surface. Les pérons sont de très gros blocs de silex (souvent > 50 cm de diamètre) qui sont le résultat de l'agglomération et la recalcification de blocs de moindre taille. Les laders, constitués de très gros blocs, sont des amalgames de fragment de grès ferrugineux probablement résultat de processus identiques. Cette couche, épaisse d'environ 3 m, montre des signes de remaniement anthropique ;
- une couche d'argiles à silex située sous les plaines, composée d'une argile gris-blanchâtre, très collante et plastique qui renferme des silex arrondis à cortex peu développé.

d) Interprétation géologique

La coupe schématique (fig. 13) présente une interprétation géologique du secteur basée sur les observations de surface, les puits et enfin les connaissances apportées par B. Laignel (1997) concernant l'évolution de la couche de biefs à silex des versants vers la plaine. Les extensions de la couche de biefs silex et de la zone susceptible d'être exploitée pour granulats sont présentées sur la figure 14.

Les faciès observés dans les puits et leur disposition sur la carte géologique semblent confirmer la thèse de B. Laignel, qui montre que le faciès "biefs à silex" se limite aux

² Les figures 7 à 15 sont placées à la fin du rapport.

versants des vallées où la pente est généralement supérieure à 2-3°. Au niveau des plaines, il y a peu de lessivage et on observe la présence d'argiles à silex.

Il n'a pas été possible de prospecter dans la plaine qui se trouve au nord du Bois de l'Abbaye, secteur de la Pierre au Coq, ceci à cause de l'opposition du propriétaire. Ainsi, nous n'avons pas pu observer la transition biefs à silex - argiles à silex. Cependant, les puits T005, T004 et T006 confirment la présence de faciès enrichis en argiles sur des zones de pente inférieure à 2°.

e) Origine de l'argile

Une donnée importante à la fois sur le plan régional et sur le plan local, concerne l'origine de l'argile contenue dans le faciès "argiles à silex". Les propos de Y. Dewolf (1976), qui reprenaient beaucoup de travaux antérieurs, tendaient à supposer que la fraction argileuse des argiles à silex avait comme origine la craie. La transformation d'argile smectitique en kaolinite au cours du Tertiaire était envisagée pour expliquer des variations régionales dans la composition argileuse de la couche.

Cette supposition est sérieusement mise en question depuis les travaux de F. Quesnel et B. Laignel (1997) qui se réfèrent aux travaux de Catt (1983, 1986).

On peut citer le paragraphe suivant extrait de F. Quesnel (1997) et concernant des travaux qui datent de plus de 90 ans :

"Les premiers géologues, tels Lyell ou Prestwich, considèrent ces dépôts comme des résidus d'altération de la craie. Cependant on s'aperçoit rapidement que le résidu insoluble de la craie comporte très peu de fraction fine (argile, silt et sable) par rapport aux silex et que la simple dissolution de la craie devrait produire des dépôts différents de ceux observés (Reid, 1899). **Jukes-Browne (1906) montre que la dissolution de 100 m de craie de la zone à *Micraster cor-anguinum* fournit 7 m de résidus dont 6 m de silex et 1 m seulement d'argile, ce qui est en désaccord avec les rapports 1/1 généralement observés dans les résidus à silex.**"

B. Laignel (1997) précise que :

"Avec de faibles rapports argile/silex de 1/4 à 1/9 dans les craies contre 1/1 à 1/1,5 dans les RS, il est clair que si les silex proviennent en totalité de la craie, il n'en est pas de même pour les matrices des RS. Les apports allochtones en matrice sont incontestables et ils représentent une partie importante, notamment dans les dix premiers mètres des RS. Au-delà de 10 m, l'allochtone diminue avec la profondeur et on peut penser que celle-ci devient nulle vers 20 m de profondeur, où les RS sont composés de 80 à 90 % silex".

Ceci tend à prouver que l'origine d'une part importante de l'argile contenue dans les argiles à silex serait allochtone, c'est-à-dire introduite depuis la surface. L'argile

contenue dans la craie est en quantité insuffisante pour former un ensemble de 50 % argile 50 % silex. L'apport de l'argile est postérieur à la formation initiale d'une couche résiduelle de silex, ceci constitue une nouvelle donnée dans le schéma de création de cette formation. En d'autres termes les teneurs élevées en argile se trouvent dans les niveaux supérieurs jusqu'à une dizaine de mètres, d'après B. Laignel (1997). Puis ces teneurs diminuent particulièrement dans les cas d'épaisseurs importantes de la couche RS.

La présente étude conforte cette hypothèse par les observations suivantes.

Des déterminations minéralogiques de la fraction argileuse entre le puits T005 et le puits T006 montrent que pour le premier on obtient 100 % de smectite, tandis que pour le second la composition est mixte kaolinite-smectite. On a constaté qu'à Challet dans les "argiles à silex" la fraction argileuse est composée de 100 % kaolinite (Spencer, 1995). Ces différences de compositions pourraient s'expliquer par la proximité de l'ancien "Lac de Beauce" où les calcaires de Beauce se sont déposés sur les argiles à silex. D'après F. Quesnel (comm. orale 1996 et 1997), les bordures de l'affleurement du calcaire de Beauce sont caractérisées par des faciès riches en argile smectitique. Le puits T006, plus à l'ouest et plus éloigné du contact montre une diminution de la teneur en smectite (57 % kaolinite contre 43 % smectite). On peut conclure que l'argile présente dans les puits T004, T005 et T006 est un mélange d'argile résiduelle de la craie avec une composante importante introduite après le démantèlement de la craie pendant le Paléocène et l'Eocène.

Il est tentant de conclure que l'argile, qui représente 50 % de la masse près de la surface, n'est plus représentée que par quelques % en dessous d'une dizaine de mètres, ceci uniquement dans les zones où la formation argile à silex présente de fortes épaisseurs.

5.1.2. Evaluation préliminaire des réserves potentielles de biefs à silex du site Bois de l'Abbaye

A partir de la coupe schématique (fig. 13) et de la carte géologique locale (fig. 14) nous avons effectué un calcul préliminaire de réserves concernant seulement le faciès "biefs à silex".

Sur la carte géologique schématique du secteur (fig. 14) nous avons dessiné une zone "susceptible d'être exploitée" en tenant compte des critères suivants :

- maintien d'une zone d'exploitation homogène en évitant des surfaces trop restreintes le long de la vallée de la Conie ;
- élimination de la zone "les Communes" où se trouvent des habitations et des routes.

Les données de base du calcul de réserves sont :

- surface de la zone désignée = 0,3 km² (300 000 m²) ;
- épaisseur de la couche démontrée = 6 m ;
- épaisseur de la couche probable jusqu'à la craie = 8 m ;
- densité des silex = 2,3 ;
- pourcentage valorisable (d'après les courbes granulométriques) = 80 %.

Réserves calculées probables = 3,3 Mt (couche de 6 m).

Réserves possibles = 4,4 Mt (couche de 8 m).

Le premier constat est que le potentiel est relativement limité surtout si l'on considère l'approvisionnement de la région parisienne en matériaux de substitution (demande de 50 Mt/an). Il faudrait alors identifier une dizaine de sites de type Nottonville par an.

En revanche, le site est sans aucun doute intéressant pour satisfaire des besoins locaux (Châteaudun, Chartres, Orléans, Nogent-le-Rotrou).

5.2. SITE NORD-OUEST BEAUCE

Lors de la présente étude, nous avons pu observer un puits profond de 14 m creusé par une société privée à la recherche de matériaux pour granulats dans la région située entre Chartres et Evreux. Le log, de ce puits (nommé Nord Beauce), se trouve en figure 15. Bien que l'on ne puisse pas annoncer la distribution granulométrique des différentes couches, les observations de terrain ont permis de constater qu'à partir d'une profondeur de 10,4 m (jusqu'à 14 m) la teneur en argile chute considérablement et la teneur en silex augmente réciproquement.

6. Caractérisation et traitement des échantillons

6.1. HUMIDITE

L'humidité naturelle "sortie du puits" et l'humidité à l'entrée du trommel ont été mesurées sur les échantillons suivants (tabl. 3).

N° échantillon	Humidité (teneur en eau / masse humide) sortie du puits %	Humidité (teneur en eau / masse sèche) %	Humidité (teneur en eau / masse humide) mesuré au moment des essais (fraction < 40 mm) %	Humidité (teneur en eau / masse humide) mesuré au moment des essais (fraction > 40 mm) %
T001			6.03	2.5
T002			4.5	0
T003			4.95	0
T004	25.54	34.31	13.62	4.44
T006	20.62	25.98	5.85	0

Tabl. 3 - Mesures d'humidité sur les échantillons en provenance du site du Bois de l'Abbaye (Nottonville).

Les essais de traitement ont eu lieu environ un mois après l'échantillonnage. L'humidité intrinsèque a diminué nettement pour les échantillons T004 et T006, restés enfermés dans des "big-bags" (tabl. 3).

6.2. ANALYSE GRANULOMETRIQUE DU TOUT-VENANT

Les courbes représentatives des analyses granulométriques du tout-venant sont présentées sur les figures 16 à 20.

Les courbes granulométriques ont été obtenues suite aux essais de séparation au trommel par voie sèche (cf. 6.3), donc après une première coupure à 40 mm.

Le passage dans un trommel provoque la fragmentation de certains blocs. L'analyse granulométrique effectuée après ce passage présente l'inconvénient de sous-estimer la fraction 10/40 mm du fait de cette fragmentation.

Les courbes granulométriques des faciès de biefs à silex, rencontrés dans les puits T001, T002 et T003 montrent des teneurs en matériaux < 10 mm comprises entre 25 et 35 %. Ces résultats s'accordent bien avec les statistiques de B. Laignel (1997) (cf. tabl. 1) sur les distinctions granulométriques entre les faciès de biefs et d'argiles à silex. Le T002 montre en particulier une proportion non négligeable de fragments > 300 mm (20 %)

qui traduit la présence de blocs de silex issus de la partie inférieure de la coupe représentée par une véritable dalle de silex (couche pratiquement continue).

Deux des trois échantillons d'argiles à silex ont été analysés (T004 et T006) après séparation en trommel (voie sèche) mais les teneurs en matériaux < 20 mm sont probablement sous-représentées. Nous avons pu en effet observer dans le trommel la formation de boules d'argile entourées de lamelles de silex, qui dépassent souvent 40 mm en diamètre, mais dont les composants sont de plus petite taille. Ainsi pour T004, la fraction > 40 mm représente 53 % de l'échantillon et la fraction < 10 mm en représentent seulement 30 %.

Pour T006 la présence de pérons et de laders, souvent de plus de 1 m de long fausse l'échantillonnage et sa représentativité³.

La fraction argileuse des argiles à silex est beaucoup plus plastique que celle que nous avons pu observer à Challet (Spencer 1995). La composition minéralogique (cf. chapitre 6.2.) est très différente, ce qui explique cette plasticité.

6.3. COMPOSITION MINÉRALOGIQUE

Quatre analyses minéralogiques par diffractométrie des rayons X, ont été réalisées. Les résultats sont présentés en tableau 4.

Provenance de l'échantillon	Puits n°	Niveau échantillonné	Proportions argile/Q	Composition minéralogique de la fraction argileuse
Nottonville	T004	1.9 - 6.2 m	30 % quartz 70 % argile	Smectite 100 % Kaolinite et illite en infra-trace
Nottonville	T006	1.3 - 4.8 m	20 % quartz 80 % argile	Kaolinite 57 % Smectite 43 % Illite probable infra-traces
Nord Beauce	-----	8.9-10.4 m	100 % argile	Kaolinite 100 %
Nord Beauce	-----	10.4 - 14 m	100 % argile	Kaolinite 100 % illite en infra-traces

Tabl. 4 - Compositions minéralogiques des échantillons prélevé en puits - Nottonville et Nord Beauce.

³ La règle de base appliquée par l'industrie de granulat est qu'il faut un volume correspondant à 200 fois la largeur du plus gros bloc. Dans le cas de T006, il aurait fallu échantillonner 200 m³ (400 t) de matériaux pour obtenir une courbe granulométrique représentative.

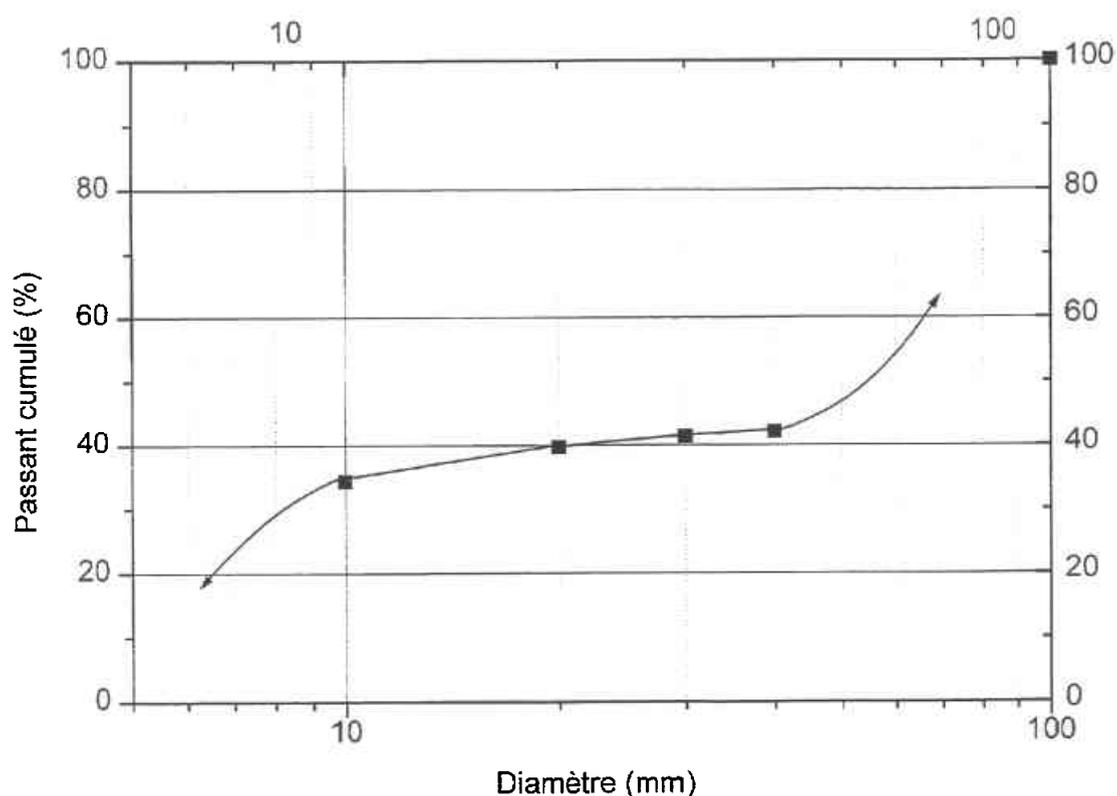


Fig. 16 - Courbe granulométrique de l'échantillon de biefs à silex prélevé dans le puits T001.

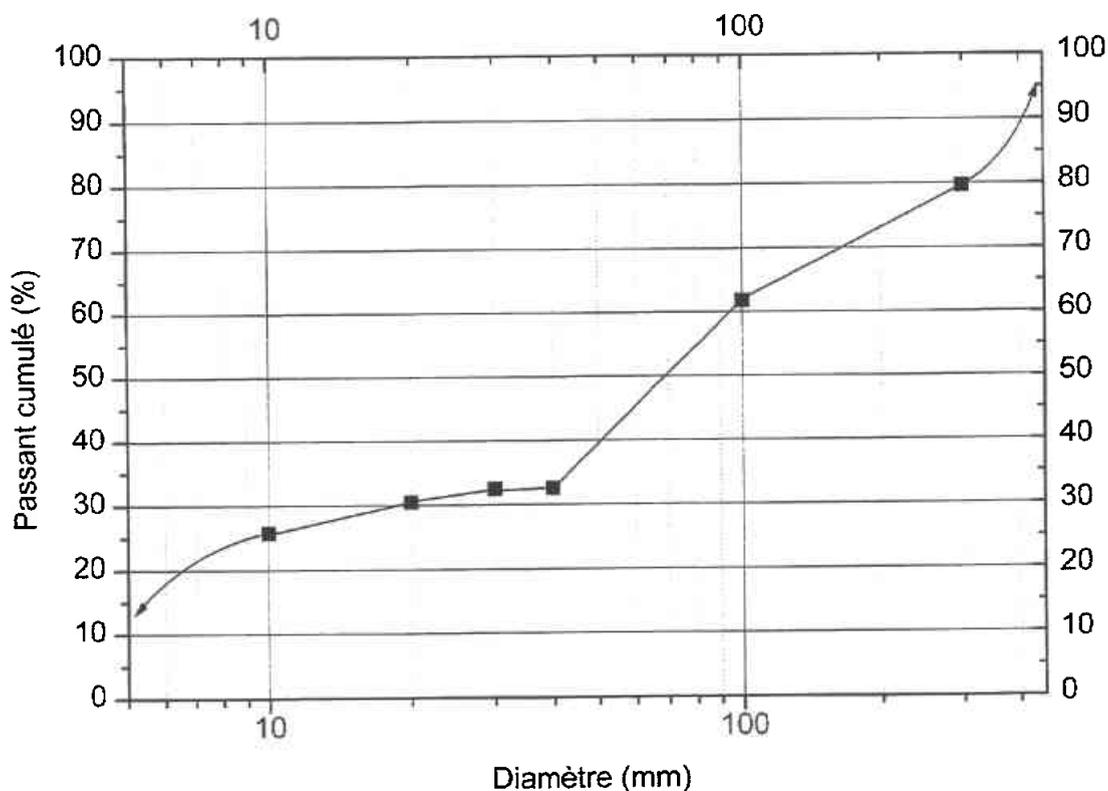


Fig. 17 - Courbe granulométrique de l'échantillon de biefs à silex prélevé dans le puits T002.

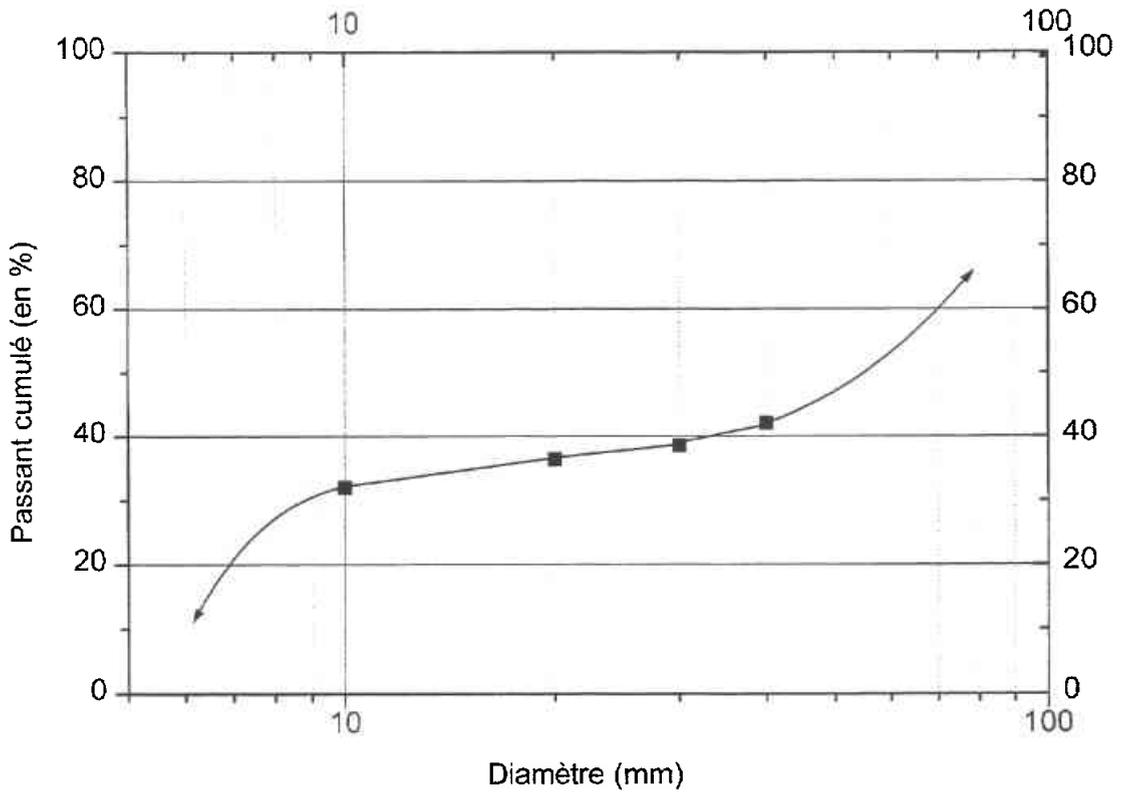


Fig. 18 - Courbe granulométrique de l'échantillon de biefs à silex prélevé dans le puits T003.

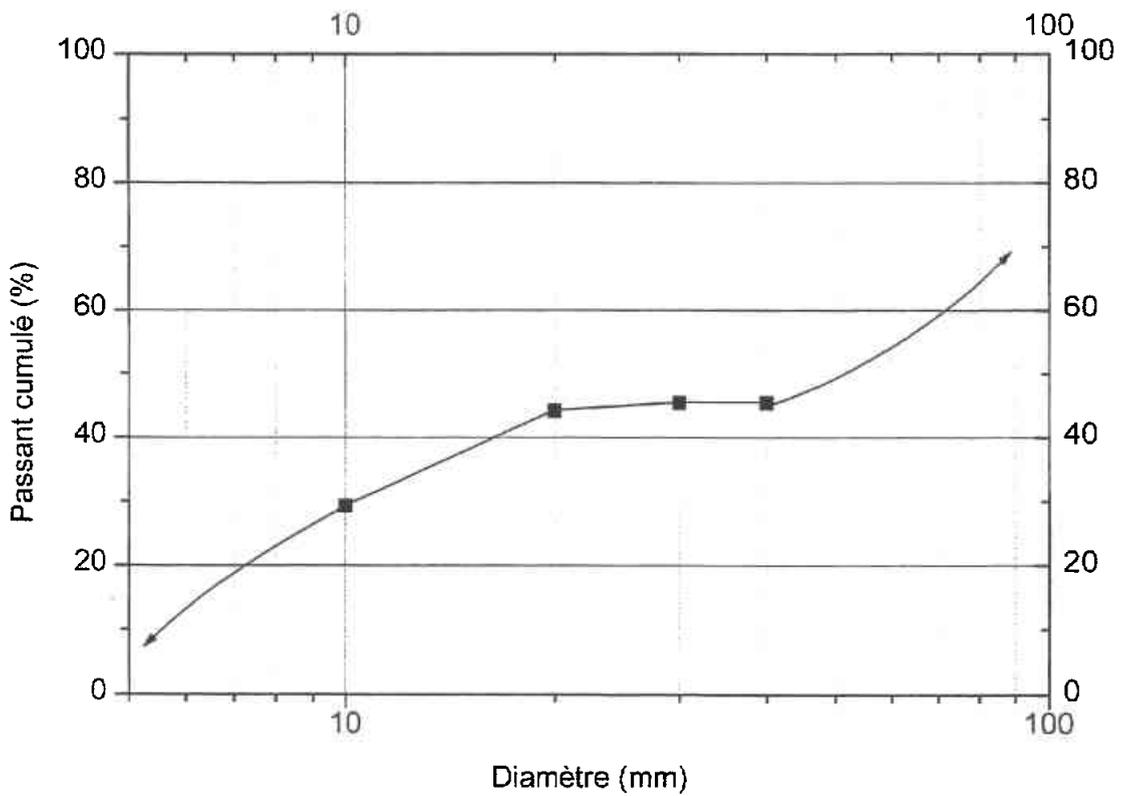


Fig. 19 - Courbe granulométrique de l'échantillon d'argiles à silex prélevé dans le puits T004.

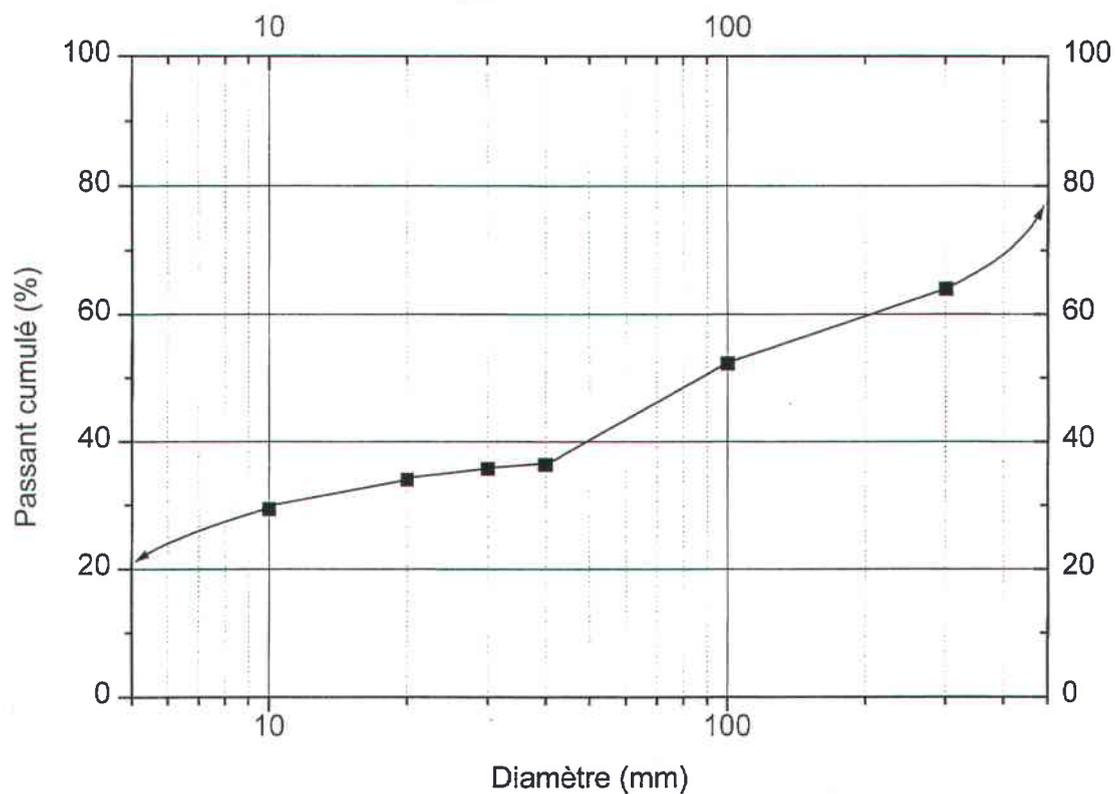


Fig. 20 - Courbe granulométrique de l'échantillon d'argiles à silex prélevé dans le puits T006.

6.4. TRAITEMENT PAR TROMMEL

Nous avons utilisé un appareil de type trommel débourbeur de conception BRGM. Il comprend un tube en acier inoxydable de 0,9 m de diamètre et de 3,5 m de longueur. La vitesse de rotation peut varier de 10 à 30 tpm. La pente de cet appareil, qui est réglable, a été maintenue à 15 % durant les essais.

Le trommel est alimenté par une bande transporteuse lisse sur laquelle tombent progressivement ces argiles à silex stockées dans un conteneur souple. Des chaînes d'un mètre de longueur ont été fixées à l'intérieur du trommel afin de faciliter la désintégration des particules argileuses ainsi que le nettoyage des silex. La sortie du trommel est équipée d'une cage à écureuil percée de trous de diamètre 40 mm (fig. 21).

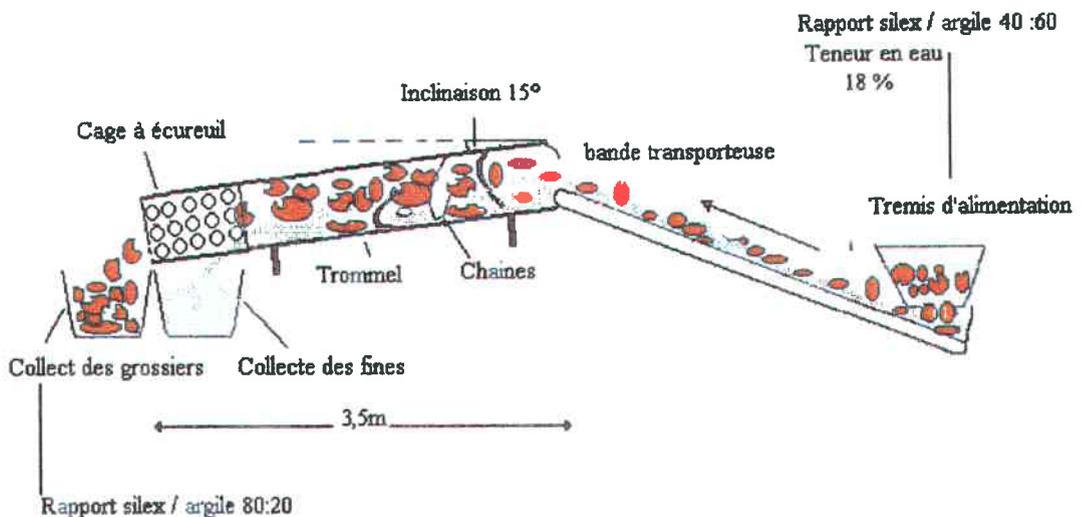


Fig. 21 - Schéma de traitement des argiles et biefs à silex.

Ce même appareil a été employé pour les essais de traitement sur l'argile à silex de Challet en 1995.

Le passage dans le trommel de 3 échantillons de biefs à silex (T001, T002, T003) a montré les résultats suivants :

- le faciès de biefs à silex ne semble pas présenter de problèmes particuliers en ce qui concerne la séparation en fraction de granulométries différentes, bien que l'humidité des échantillons employés ait diminué entre l'extraction et les essais. Nous n'avons constaté aucun problème de colmatage ;

- une sorte de broyage autogène a lieu dans le trommel (déjà évoqué en 6.2) par les très gros fragments. Il serait possible de limiter ce phénomène par un scalpage des très gros éléments avant l'entrée en trommel.

Notre expérience de 1995 sur des argiles à silex montre qu'il est possible de traiter un matériau partiellement séché dans un trommel. On pourrait supposer que pour le faciès "biefs à silex" un système de cribles vibrants (comme pour des produits alluviaux) serait suffisant mais le trommel, contrairement aux grilles, donne la possibilité de traiter des produits plus riches en argile. Dans ce cas, l'extraction des produits à la limite entre les faciès "argiles" et "biefs" serait envisageable.

Le traitement en trommel du faciès "argiles à silex" (échantillon en provenance des puits T004 et T006) a été plus problématique, avec colmatage d'argile et formation de petits lambeaux de silice en boules de quelques centimètres de diamètre. Les boules passent automatiquement dans la fraction de matériaux > 40 mm. Ce phénomène ne s'est pas produit avec les matériaux de Challet dans des circonstances opératoires identiques. La principale différence entre les deux argiles à silex se situe au niveau de la composition de la fraction argileuse, cette dernière étant composée uniquement de kaolinite à Challet tandis que le matériau de Nottonville est riche en smectite.

6.5. ETUDE DE LA QUALITE DES SILEX

Essais de Fragmentation Dynamique (FG) et Microdeval (MD) sur échantillons de Bois de l'Abbaye (Nottonville)

Afin d'évaluer la résistance mécanique des granulats issus des différents traitements, nous avons procédé à des tests standardisés, l'essai de Fragmentation Dynamique (FD) équivalent de l'essai Los Angeles, et l'essai Microdeval en présence d'eau (MDE). Les résultats obtenus figurent dans le tableau 5.

Référence échantillon	Granularité sortie trommel	Granularité pour l'essai	Coefficient Los Angeles	Coefficient Micro Deval
Puits - T002	>40mm concassé	10 - 14 mm	24.09	4.06
Puits - T003	>40mm concassé	10 - 14 mm	23.17	4.42
Puits - T006	>40mm concassé	10 - 14 mm	26.80	15.04
Résultats obtenus par Le Berre en 1977		25 à 63 mm	24.0 à 23.9	5.2

Tabl. 5 - Résultats des essais de fragmentation dynamique (FD) et Microdeval sur échantillons de Bois de l'Abbaye (Nottonville).

Les résultats correspondent bien avec les résultats obtenus en 1977 par P. Le Berre, sauf pour l'échantillon du puits T006 provenant d'un faciès d'argiles à silex, dont le microdeval plutôt élevé indique la présence de boules d'argile issues du traitement au trommel (phénomène évoqué au chapitre 6.3.).

Les résultats confirment les observations de terrain. Les silex rencontrés, surtout dans les faciès de biefs à silex, montrent un cortex peu développé, et il est très rare de trouver des traces d'altération.

Le matériau en provenance du secteur du Bois de l'Abbaye ne doit pas poser de problème sur le plan de la qualité.

Conclusions - Perspectives

Des travaux ont été engagés en 1995 sur la formation Résiduelle à Silex dans le cadre des opérations pluriannuelles de Service public du BRGM financées par le ministère de l'Industrie et par le ministère de l'Environnement.

Les travaux précédents (1995) ont porté principalement sur la recherche d'un mode de traitement optimal pour le faciès "argiles à silex", présent sur le pourtour oriental et méridional du Bassin parisien (entre 100 à 200 km de Paris) et peut atteindre jusqu'à 40 m d'épaisseur. Le mélange naturel le plus souvent observé à l'affleurement est de 50 % argile et 50 % silex ce qui pose de sérieux problèmes au niveau de la séparation et de l'utilisation dans l'industrie des granulats.

Afin de pouvoir entreprendre des essais en station-pilote, un prélèvement a été effectué en 1995 sur le site de Challet, près de Chartres (Eure-et-Loir). Pour le choix de ce site, nous avons privilégié l'épaisseur de la couche d'argiles à silex (35 m à Challet), dans le but de limiter les extensions latérales et les impacts environnementaux d'une éventuelle future carrière. Cependant l'échantillon, pris par pelle mécanique, ne représentait que les 7 premiers mètres de la couche, et nous n'avons pas d'information sur la proportion argile-silex en profondeur.

Les essais de traitement ont montré qu'il est possible de séparer les silex de l'argile par voie sèche, solution moins onéreuse que la voie humide, et ceci à l'aide d'un trommel équipé d'une cage à écureuil. Ces essais ont été effectués après un séchage partiel de l'échantillon.

En 1996, les efforts ont porté sur un deuxième faciès de RS, les biefs à silex. Des processus de lessivage sur les versants des vallées ont localement diminué la teneur en argile de la formation RS. Ils se sont accompagnés de processus périglaciaires qui ont provoqué l'éclatement des silex. Ces faciès de versant appelés "biefs à silex" posent beaucoup moins de problèmes au niveau du traitement (l'argile a été éliminée naturellement) que le faciès "argiles à silex", mais leur extension est moindre.

Le site étudié en 1996 a été sélectionné pour plusieurs raisons :

- la localisation d'une partie de la zone en "interfluve", favorable au développement de concentrations de biefs à silex ;
- l'existence d'une ancienne petite exploitation pour silex, fermée depuis 35 ans environ ;
- l'échantillonnage du site en 1977 dans le cadre d'une étude sur les biefs à silex ;

- le libre accès à la majorité du site donné par le propriétaire (quelques dégâts pouvant être engendré par la pelle).

Un deuxième volet du travail poursuivi en 1996 a été la continuation de la collecte d'informations sur la nature de la formation RS et son utilisation potentielle en granulats. Dans ce cadre, nous avons pu examiner un puits de 14 m de profondeur dans le nord de la Beauce.

POTENTIEL DU SITE DU BOIS DE L'ABBAYE

Le site du Bois de l'Abbaye montre :

- la présence de 2 à 4 Mt d'un bief à silex, sur une épaisseur de 8 à 10 m facilement traitable par trommel, même probablement par criblage classique avec une proportion acceptable de matériaux > 10 mm ;
- un passage latéral du faciès biefs vers les argiles à silex sur des zones de plaines où la pente est < 2°. Mais la fraction argileuse est riche en smectite, ce qui pose de sérieux problème de colmatage lorsqu'on envisage un traitement par voie sèche.

Le potentiel de ce site et d'autres sites qui pourraient exister dans la région, n'apportera qu'une réponse très partielle au problème d'approvisionnement en granulats de la région parisienne.

POTENTIEL DE LA REGION NORD BEAUCE

Les informations sur la région du nord de la Beauce proviennent de données obtenues en 1995 dans le cadre de la présente étude, et d'un puits profond creusé en 1996 par un organisme privé.

Il apparaît que la teneur en argile, à partir d'une dizaine de mètres de profondeur, diminue d'une manière importante. L'origine allochtone de l'argile dans ce faciès fait que les dix premiers mètres peuvent en contenir 50 %, voire plus, mais cette proportion, en relation probablement avec des phénomènes de bouchage, diminue en profondeur.

Les secteurs tels que le Nord de la Beauce (et d'autres vers Evreux) où les épaisseurs dépassent 20, 30 ou 40 m peuvent ainsi renfermer sous des milliers d'hectares, des réserves très importantes en matériau assimilable aux biefs à silex.

OBJECTIFS POUR LES TRAVAUX FUTURS

Les travaux réalisés en 1995 et 1996 ont permis de démontrer que, techniquement, la formation Résiduelle à Silex, notamment le faciès "argiles à silex", du fait de son évolution en profondeur, constitue une ressource potentielle en matériaux de substitution aux granulats d'origine alluvionnaire. Dans la prochaine phase de l'étude, l'acquisition de nouvelles données concernera :

- l'étude de l'évolution de la géologie en profondeur dans des zones de forte épaisseur, (sondages destructifs avec diagraphies) ;
- le recueil d'informations économiques requises pour prouver la faisabilité de ces ressources ;
- des actions de communication vers l'industrie et les pouvoirs publics.

Bibliographie

- Catt J.A. (1983) - Cenozoic pedogenesis and landform development in South-East England, *In Residual deposits: surface related weathering processes and materials*, Ed. by R.C.L. WILSON, Geol. Soc. spec. publ., 11, 258 p, p 251-258.
- Catt J.A. (1986) - The nature, origin and geomorphological significance of clay with flints (IVth International flint symposium, Brighton, 1983), *In The scientific study of flints and cherts*, Ed. by SIEVEKING G. and HART M. B., Cambridge University press, 290 p, p 151-159.
- Dewolf Y. (1976) - A propos des argiles à silex - Essai de typologie. Revue de géomorphologie dynamique. Tome XXV, n° 4, pp. 113 -138.
- Laignel B. (1993) - Les matériaux résiduels à silex de la marge occidentale du bassin de Paris. Caractérisation, bilan des transformations minérales au cours de leur genèse et utilisation potentielle comme granulat. D.E.A. Université d'Orléans.
- Laignel B. (1995) - Etat d'avancement des travaux sur l'utilisation des biefs à silex comme matériaux de substitution ou de complément des granulats alluvionnaires. Rapport Interne, Laboratoire de Géologie, Université de Rouen.
- Laignel B. (1997) - Les altérites à silex de l'ouest du Bassin de Paris : caractérisation, genèse et utilisation potentielle comme granulats. Thèse Universitaire, Université de Rouen.
- Le Berre P. (1978) - Les argiles à silex du bassin de Paris, produits de substitution des granulats alluvionnaires ; étude préliminaire. Rapport BRGM 78 SGN 030 MTX, 24 p.
- Quesnel F. (1993) - Les formations résiduelles à silex de l'ouest du Bassin parisien. Nouvelles méthodes d'investigation et de synthèse. DEA Université de Bourgogne.
- Quesnel F. (1997) - Cartographie numérique en géologie de surface : application aux altérites à silex de l'ouest du Bassin de Paris. Thèse Universitaire, Université de Rouen.

FIGURES 7 à 15

Projet Argiles et biefs à silex : Secteur Nottonville
Eure-et-Loir

Puits n° T001

Echelle 1 / 50

Préparé par: C.SPENCER

Coordonnées XXXX = 536343. YYYY = 1046418. ZZZZ = 127.000

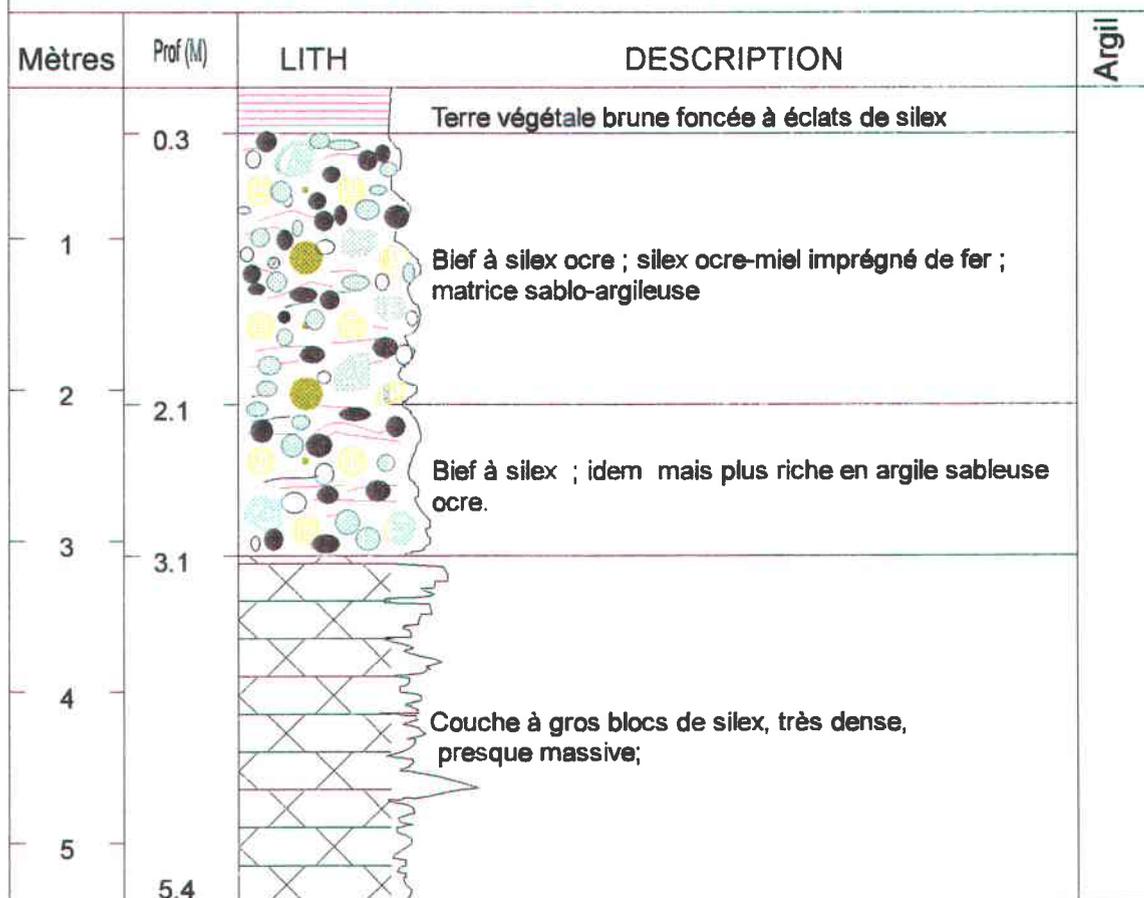


Fig. 7 - Coupe géologique relevée dans le puits n° T001.

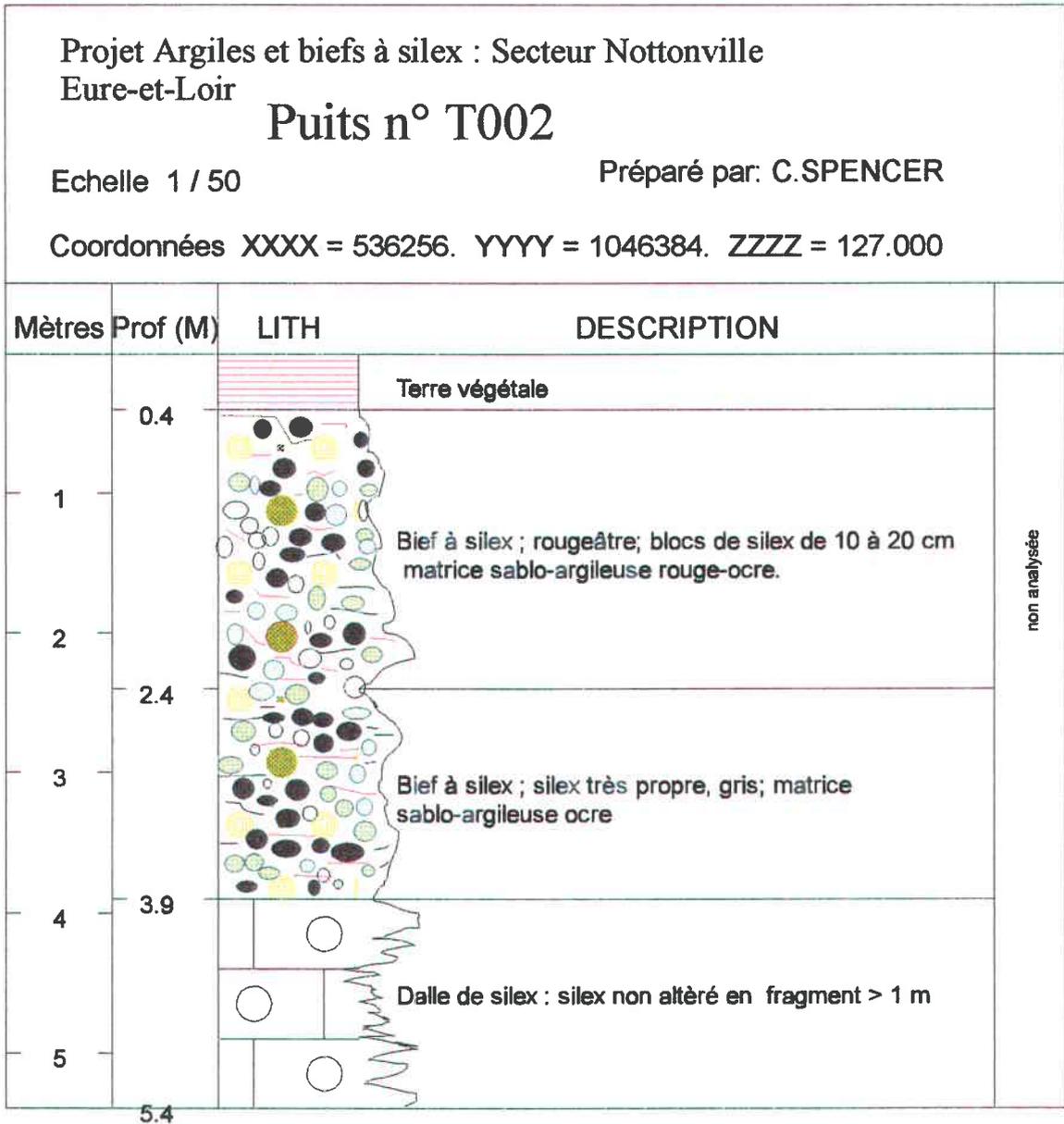


Fig. 8 - Coupe géologique relevée dans le puits n° T002.

Projet Argiles et biefs à silex : Secteur Nottonville
Eure-et-Loir

Puits n° T003

Echelle 1 / 50

Préparé par: C.SPENCER

Coordonnées XXXX = 536038. YYYY = 1046661. ZZZZ = 128.000

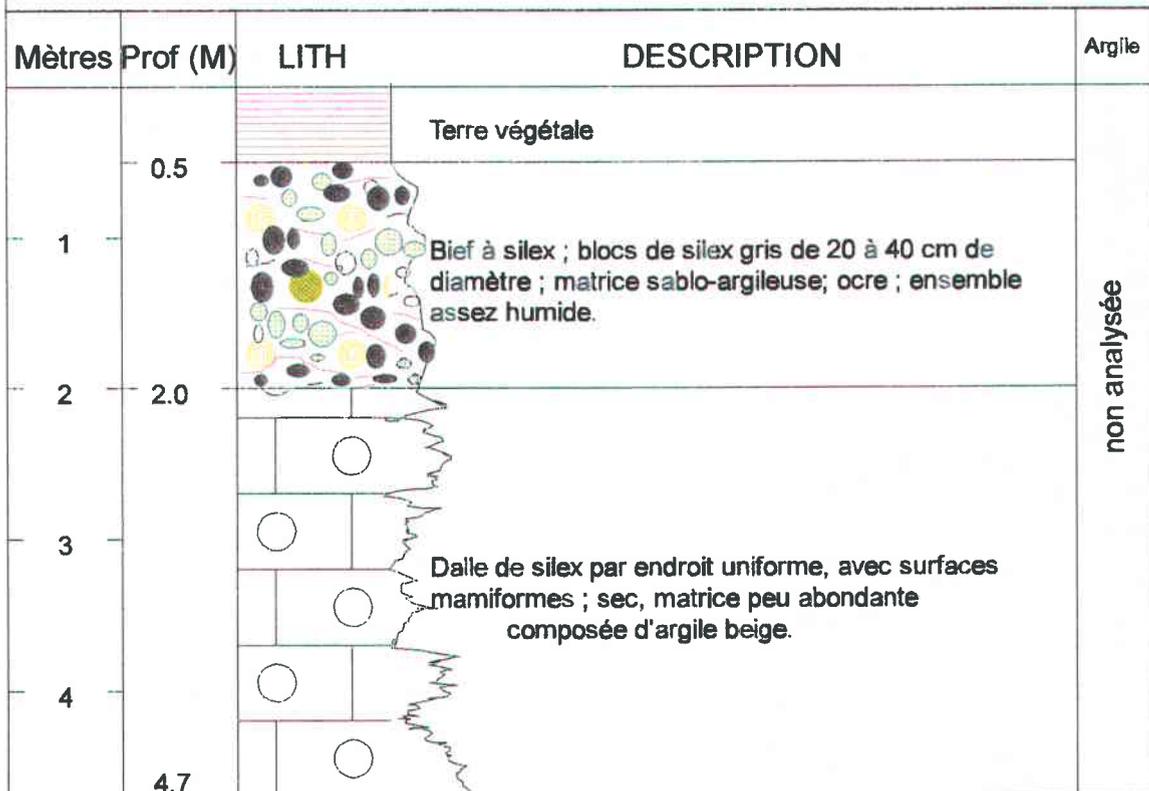


Fig. 9 - Coupe géologique relevée dans le puits n° T003.

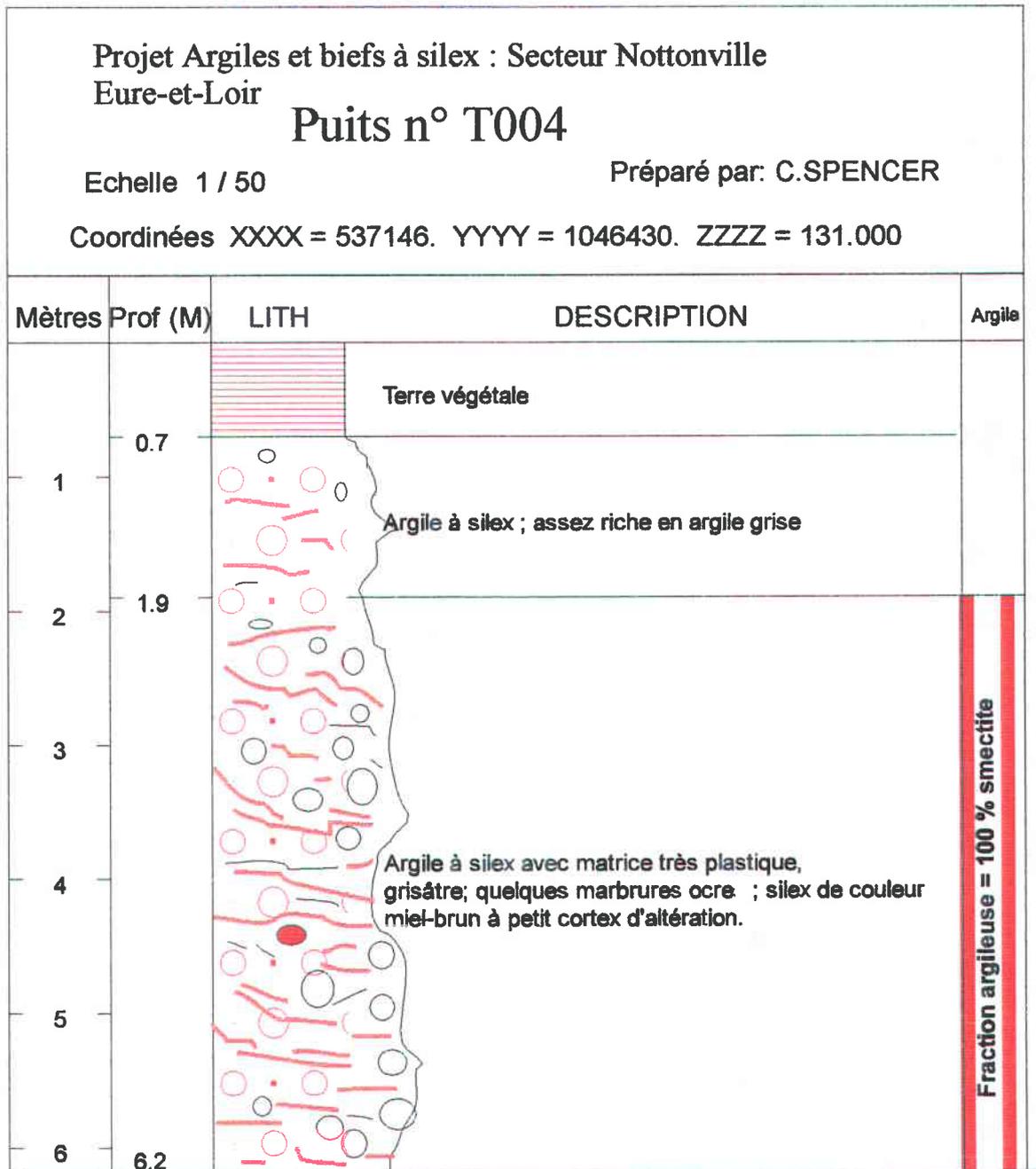


Fig. 10 - Coupe géologique relevée dans le puits n° T004.

Projet Argiles et biefs à silex : Secteur Nottonville
Eure-et-Loir

Puits n° T005

Echelle 1 / 50

Préparé par: C.SPENCER

Coordonnées XXXX = 537105. YYYY = 1046549. ZZZZ = 132.000

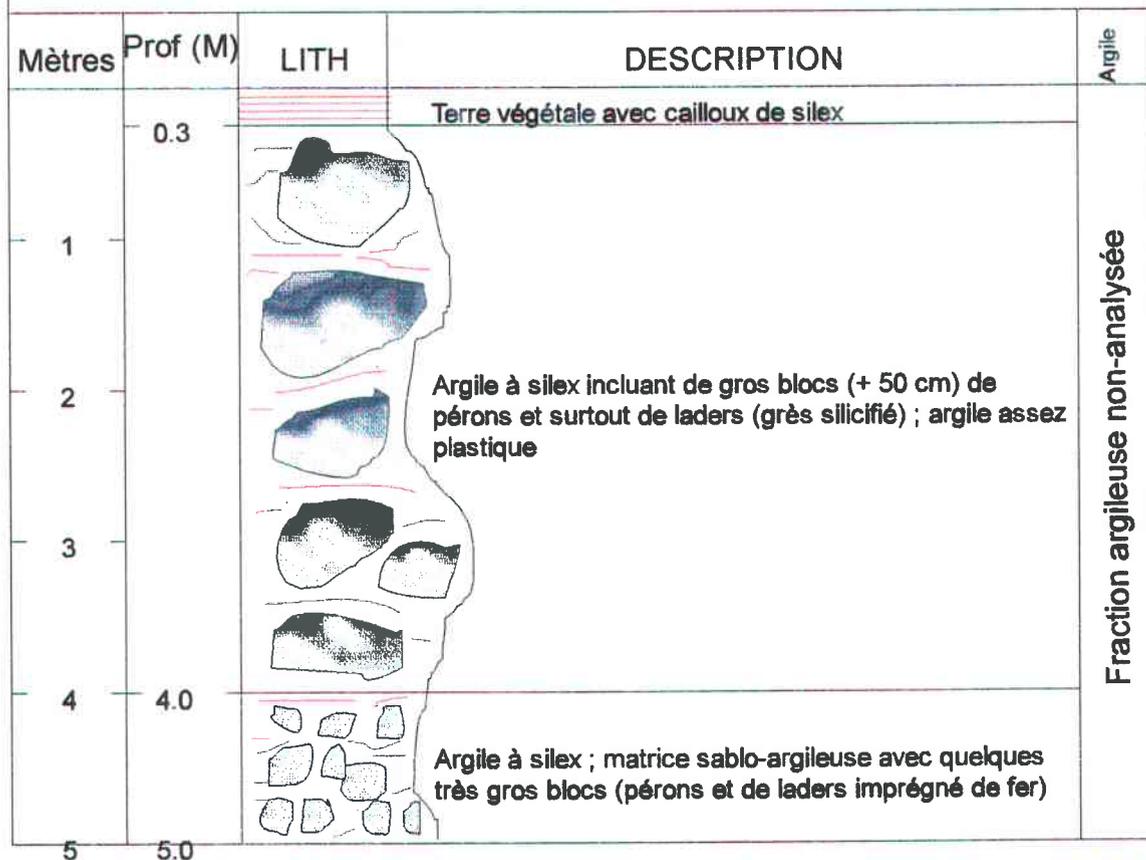


Fig. 11 - Coupe géologique relevée dans le puits n° T005.

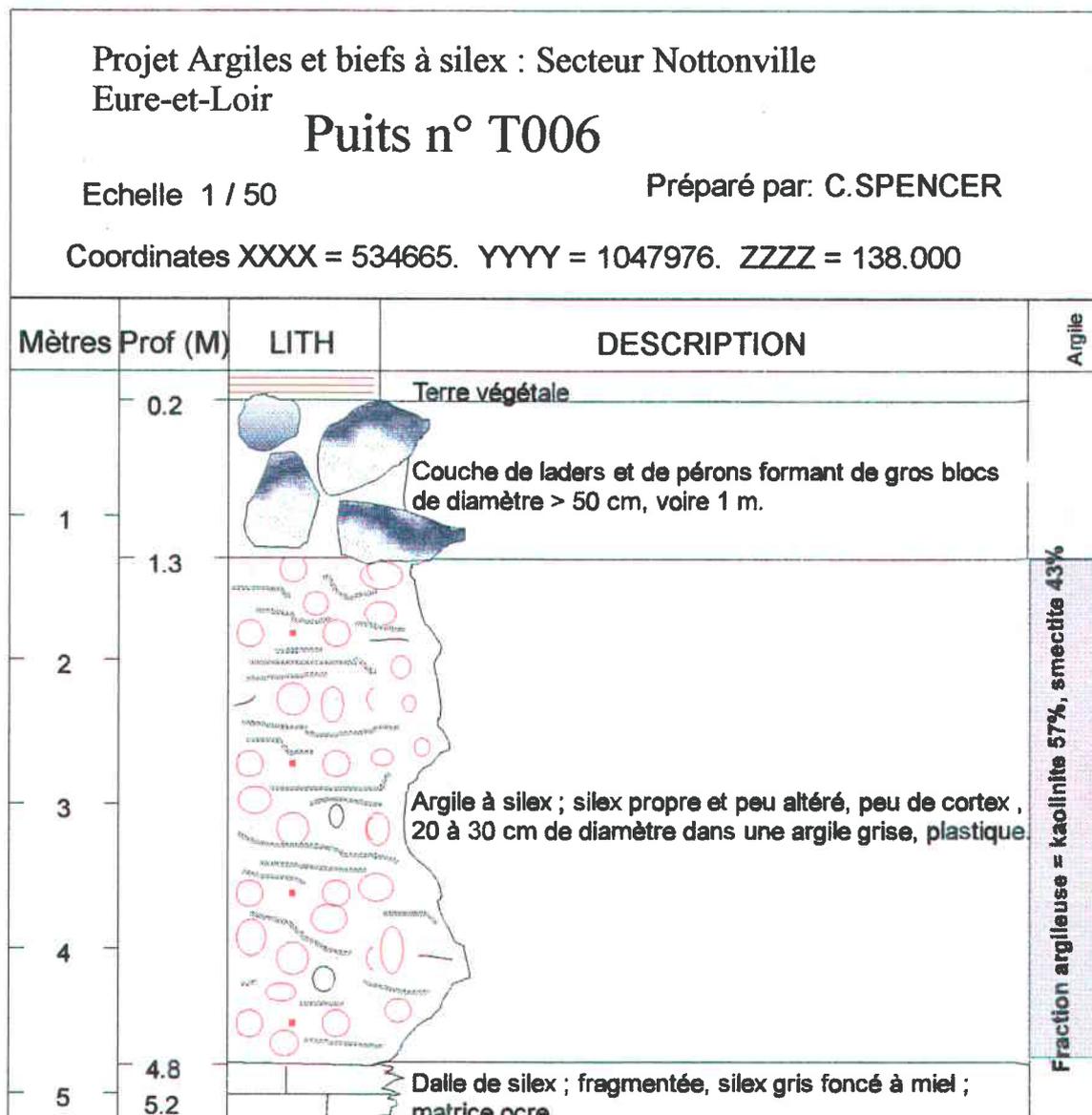


Fig. 12 - Coupe géologique relevée dans le puits n° T006.

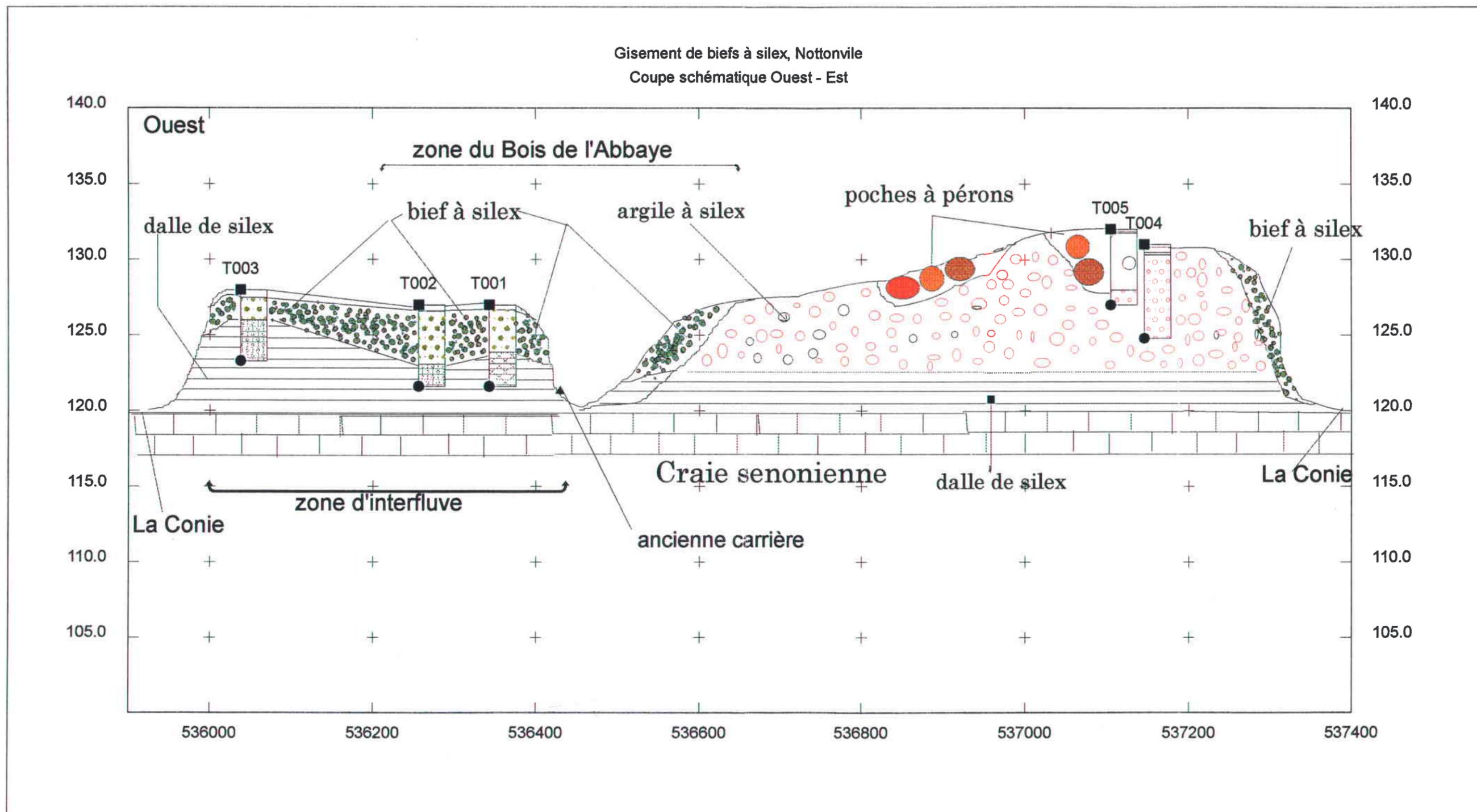


Fig. 13 - Coupe schématique du secteur Nottonville - Bois de l'Abbaye.

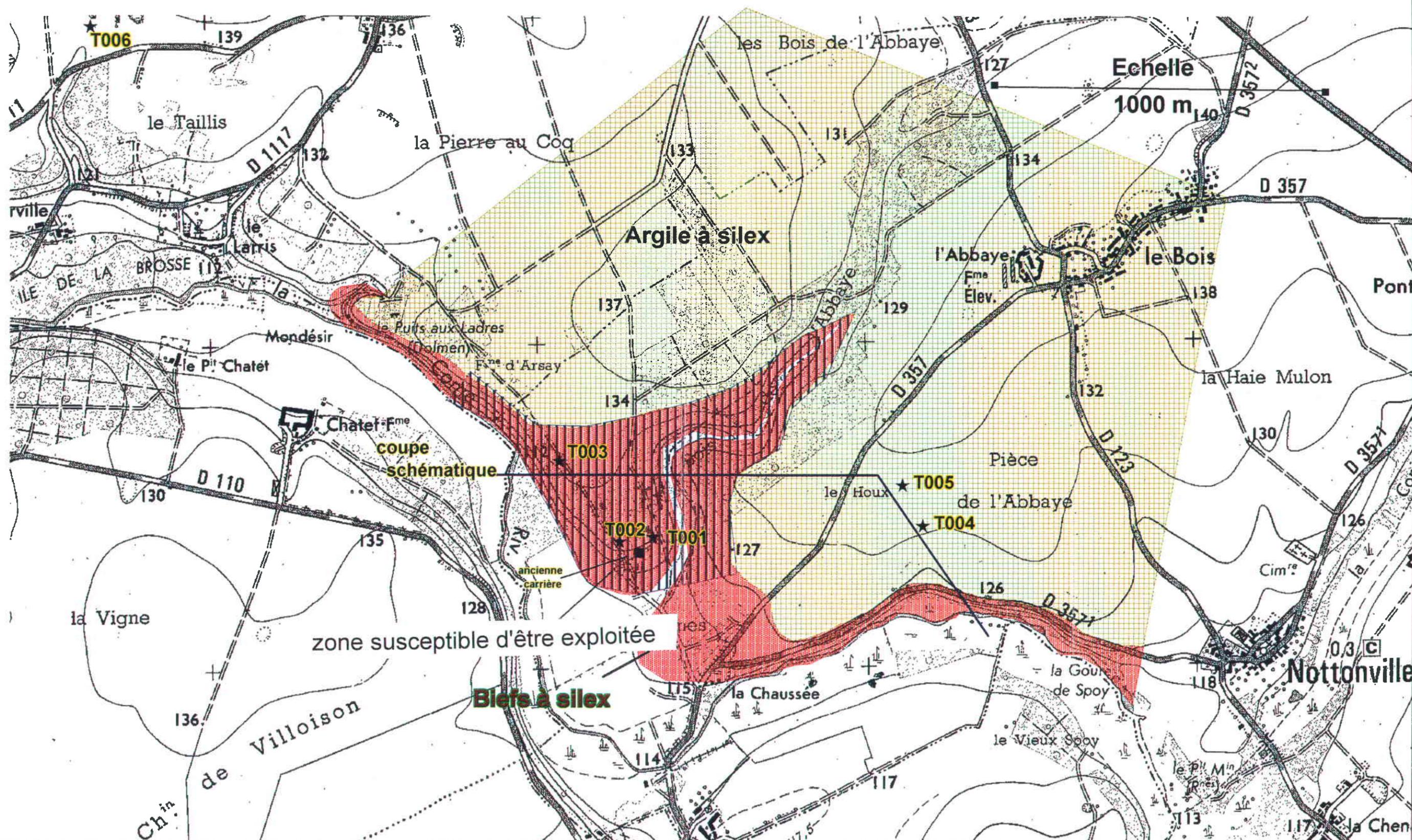


Fig. 14 - Schéma géologique du secteur Nottonville - Bois de l'Abbaye à l'échelle de 1/10 000 environ.

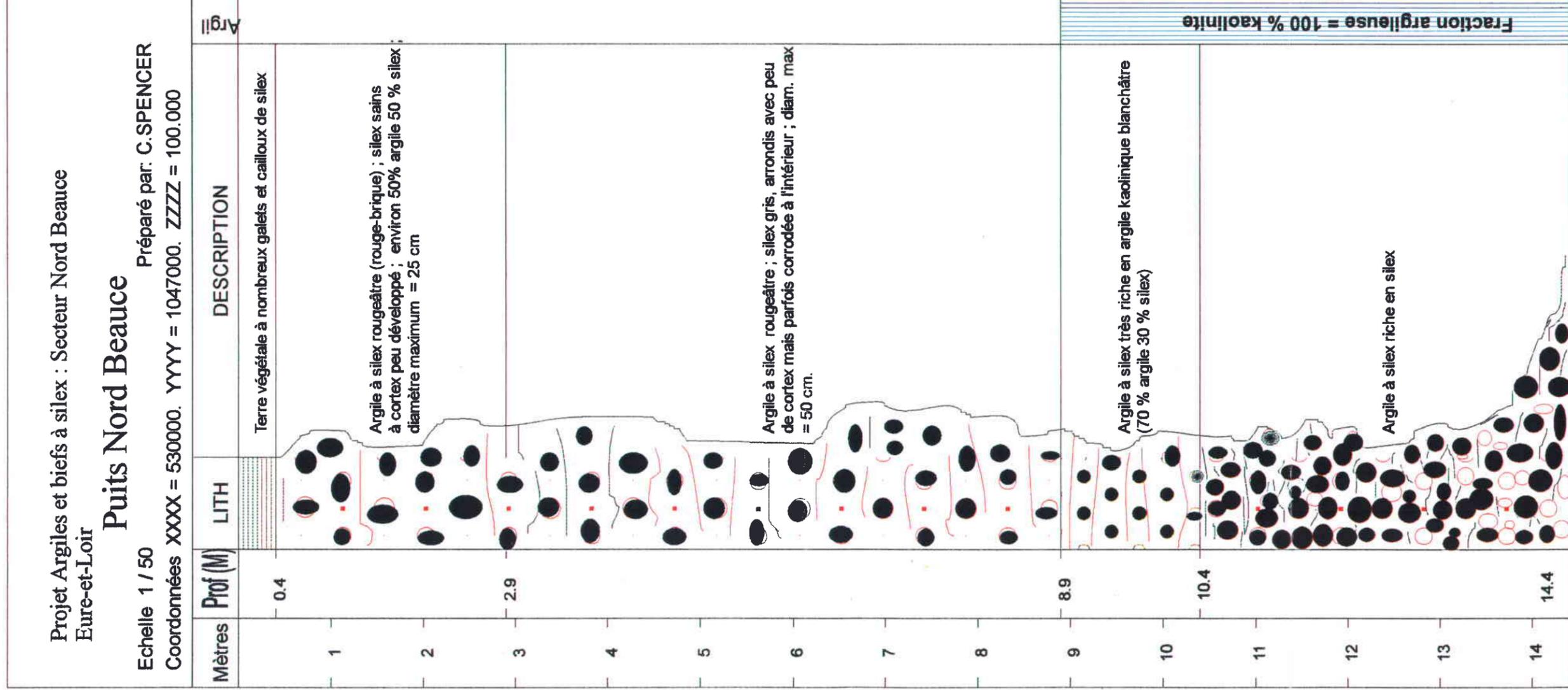


Fig. 15 - Log de sondage sur un puits creusé au nord de la Beauce.

BRGM

SERVICE MINIER NATIONAL

Département Procédés, Etudes et Analyse

BP 6009 - 45060 ORLEANS Cedex 2 - France - Tél. : (33) 02.38.64.34.34