



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



Cartographie des alluvions anciennes de la Loire entre Beaugency et Gien

*Zonalité des faciès sableux à partir des données
de forage de la banque du sous-sol*

Étude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 96-G-203

décembre 1996
R 39168



Mots clés : Loire, Terrasses alluviales, Sables, Matériaux de substitution.

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

BRGM (1996) - Cartographie des alluvions anciennes de la Loire entre Beaugency et Gien. Zonalité des faciès sableux à partir des données de forage de la banque du sous-sol (1996). Rapport BRGM R 39168, 32 p, 1 fig., 5 tabl., 1 pl., 2 ann.

© BRGM, 1996 : ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

L'étude a été réalisée sur crédits du ministère de l'Industrie, de la Poste et des Télécommunications, dotation de service public du BRGM, fiche programme 96-G-203, ainsi que sur financement du ministère de l'Environnement octroyé par la DRIRE¹ Centre.

Elle vise à établir des cartes de zonalité des faciès sableux dans les alluvions anciennes de la Loire entre Beaugency et Gien. Les informations cartographiées concernent l'épaisseur des faciès sableux ainsi que l'épaisseur des formations de recouvrement.

Ces cartes doivent fournir des éléments d'identification, d'évaluation et de valorisation des ressources potentielles en sable alluvionnaire hors du lit majeur de la Loire.

Elles ont été établies à partir de près de 500 sondages de la banque du sous-sol (BSS). La totalité de ces sondages a été réinterprétée et recodée en fonction du contexte géologique et de la nature des terrasses alluviales concernées. D'autre part, des forages d'exploration réalisés par certains exploitants ont également été pris en compte lorsque cela était utile.

Les résultats fournis sont deux cartes à 1/250 000 :

- la première concerne l'épaisseur de recouvrement des faciès sableux ;
- la deuxième représente l'épaisseur des faciès sableux (non compris d'éventuels intercalaires stériles).

Ces cartes donnent un aperçu global des ressources potentielles en sable. Cependant, elles n'intègrent pas les notions de qualité ni de coût d'exploitation, pas plus que toutes les données réglementaires et environnementales (POS, zones de protection, etc.).

¹Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement

Sommaire

Introduction	7
1. Situation géographique et contexte géologique	9
2. Compilation, réinterprétation et codage des données géologiques	11
2.1. Compilation des données	11
2.1.1. Contours des terrasses alluviales	11
2.1.2. Sondages de la banque du sous-sol	11
2.1.3. Sondages fournis par des exploitants	11
2.2. Réinterprétation et codage des données	12
3. Cartographie des épaisseurs des faciès sableux et des épaisseurs des formations de recouvrement.....	15
3.1. Définition de l'épaisseur des faciès sableux	15
3.2. Définition de l'épaisseur des formations de recouvrement.....	17
3.3. Réalisation des cartes	17
4. Résultats	19
Conclusion.....	21

Liste des illustrations

- Fig. 1 - Log du sondage de la banque du sous-sol n° 3638X0212 16
- Pl. 1 - Situation des terrasses alluviales, épaisseur des faciès sableux et de leur recouvrement (h.t.).

Liste des tableaux

- Tabl. 1 - Principales caractéristiques des anciennes terrasses alluviales de la Loire 9
- Tabl. 2 - Stratigraphie de la région orléanaise 12
- Tabl. 3 - Codage lithologique, définition des formations de recouvrement, des intercalaires stériles, et des faciès sableux potentiellement exploitables 14
- Tabl. 4 - Nombre de sondages utilisés selon les terrasses 18
- Tabl. 5 - Epaisseur de recouvrement et épaisseur des faciès sableux selon les terrasses 19

Liste des annexes

- Ann. 1 - Description lithologique des terrasses alluviales, d'ouest en est 23
- Ann. 2 - Exemples de log de sondages 27

Introduction

Réduire l'impact des exploitations de granulats alluvionnaires en nappe alluviale est devenu aujourd'hui, une composante essentielle des orientations relatives à la protection de l'environnement. Ces orientations se traduisent dans le SDAGE² du bassin Loire-Bretagne, dans les projets de schémas départementaux des carrières et dans le protocole de réduction de la production des granulats alluvionnaires signé en novembre 1996 entre l'Etat et la profession en région Centre.

Il est donc devenu indispensable de prévoir et d'inventorier des zones susceptibles de fournir des ressources alternatives ou de substitution, notamment à proximité des grands centres de consommation.

En région Centre, il s'est avéré prioritaire de réaliser l'inventaire des ressources potentielles en sable dans les anciennes terrasses alluviales de la Loire, hors lit majeur, en amont et en aval de l'agglomération orléanaise. Cet inventaire et la cartographie qui l'accompagne sont des instruments d'aide à la prise de décision pour ce qui concerne l'activité des carrières et l'aménagement du territoire dans les zones concernées.

L'étude a été basée sur l'utilisation des informations géologiques de la banque du sous-sol, gérée par le BRGM. Des informations provenant des exploitants ont également été introduites. L'interprétation des données de forages a fait l'objet d'une concertation étroite avec les exploitants connaissant bien la région.

Les traitements effectués, ainsi que la démarche de l'étude sont exposés selon le plan suivant:

- un premier chapitre rappelle le contexte géographique et géologique
- un deuxième chapitre explique comment ont été compilées, interprétées et synthétisées les données existantes
- un troisième chapitre expose les hypothèses de calcul et les traitements réalisés
- un quatrième chapitre détaille les résultats obtenus.

² Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux.

1. Situation géographique et contexte géologique

La zone d'étude concerne les anciennes terrasses alluviales de la Loire entre Beaugency, à l'ouest, et Gien, à l'est. Seules ont été considérées les terrasses situées au-dessus du lit majeur de la Loire.

On dénombre ainsi 5 terrasses. Leur datation, leur cote moyenne par rapport au niveau moyen du lit vif de la Loire de Gien à Beaugency, ainsi que leur surface d'affleurement, sont données par le tableau suivant.

Terrasse (code géologique)	Datation (Penck et Brückner)	Cote moyenne par rapport au lit vif de la Loire	Surface d'affleurement (km ²)
Fx	Würm	+ 5 m	38
Fw	Riss	+11 à + 20 m	366
Fv	Mindel	+30 m	296
Fu	(Villafranchien)	+40 m	205
Ft	Günz	+60 m	27

Tabl. 1. Principales caractéristiques des anciennes terrasses alluviales de la Loire.

La carte de la planche 1, établie d'après les cartes géologiques à 1/50 000³, permet de situer géographiquement les terrasses. Leur description géologique pourra être trouvée en annexe 1, d'ouest en est, en fonction des différents niveaux selon les indications fournies dans les notices de cartes.

Dans ces descriptions, il n'est pas fait état de recouvrement. Tout au plus ce sont des sols brun-roux peu épais reprenant les éléments alluviaux et concentrant souvent les galets de silex en surface. Il est fait état d'argilisation ou d'altération argilisante superficielle ce qui impliquerait des conditions pédogénétiques particulières. Il s'agit plus en fait d'oxydation et de transferts d'argile.

Les matériaux alluviaux des terrasses alluviales montrent une large dominante sableuse dans laquelle graviers et galets se concentrent en lits discontinus. L'ensemble est organisé en chenaux méandriformes souvent qualifiés de lentilles car observés en coupe de carrière. Des concentrations argilo-limoneuses beige-vert apparaissent soit à la base au contact avec le substratum (altérite ou remaniement) soit dans la masse alluviale (dépôts de crue = limon de débordement). Ainsi dans la terrasse Fw des lits argileux apparaissent vers 2 à 3 m de profondeur au sud d'Orléans. Des chenaux sablo-graveleux sont parfois signalés (Châteauneuf-sur-Loire, Nevoy, ...) ainsi que des cônes alluviaux (Cerdon, Poilly-les-Gien, Argent-sur-Sauldre, ...).

³ Beaugency n°397 publication 1974, Orléans n°363 publication 1969, La Ferté-Saint-Aubin n°398 publication 1970, Lamotte-Beuvron n°430 lever en cours, Bellegarde-du-Loiret n°364 publication 1964, Châteauneuf-sur-Loire n°399 publication 1970, Argent-sur-Sauldre n°431 publication 1991, Châtillon-Coligny n°400 publication 1977, Gien n°432 publication 1977.

2. Compilation, réinterprétation et codage des données géologiques

2.1. COMPILATION DES DONNEES

2.1.1. Contours des terrasses alluviales

Les contours géologiques des terrasses alluviales utilisés dans le cadre de cette étude sont ceux des cartes géologiques à 1/50 000. Ces contours ont été établis par différents auteurs et à des époques différentes, ils sont le reflet de la connaissance du moment. Ils n'ont pas été modifiés dans la présente étude bien qu'ils soient parfois contradictoires avec les indications fournies par les forages plus récents.

2.1.2. Sondages de la banque du sous-sol

Une recherche informatique a permis d'extraire de la banque du sous-sol l'ensemble des forages tombant dans la zone d'étude. On a ensuite attribué à chaque forage un code différent selon la terrasse dans laquelle il se trouvait. L'ensemble des données utiles : coordonnées, description lithologique des formations rencontrées en fonction de la profondeur, a ensuite été mis en forme informatique de façon à pouvoir être intégré dans le logiciel GDM (logiciel de gestion et de cartographie de données géologiques développé par le BRGM). Ce travail de compilation a été réalisé par Stéphane Malhaire⁴. Il a conduit à la création d'une base de données comprenant 497 sondages. Il faut noter toutefois que la densité de sondages est très variable d'un endroit à l'autre. Certaines zones sont très bien reconnues (secteur de La Source au sud d'Orléans), alors que d'autres le sont insuffisamment (voir localisation des sondages planche 1).

2.1.3. Sondages fournis par des exploitants

En complément, certains sondages réalisés par des exploitants de matériaux de carrière ont été examinés et si nécessaire intégrés à l'étude. On a ainsi pris en compte 39 sondages fournis par la société Ligérienne Granulats. Les données de la société Morillon Corvol ont également été examinées ; toutefois, la quasi-totalité des données disponibles n'étant pas située dans les anciennes terrasses alluviales, objet de l'étude, celles-ci n'ont pas pu être utilisées.

⁴ Stéphane Malhaire : "Terrasses alluviales de la Loire. Utilisation de la banque du sous-sol dans le cadre de la recherche de matériaux de substitution", Maîtrise de Sciences et Techniques en ingénierie des milieux aquatiques et des corridors fluviaux, Université de Tours, 1996.

2.2. REINTERPRETATION ET CODAGE DES DONNEES

L'ensemble de la base de données forage, soit 536 sondages, a fait l'objet d'une révision par le géologue régional du BRGM. Cette phase de validation a représenté environ un mois de travail. Le codage stratigraphique de la banque de données du sous-sol (tabl. 3) a été utilisé et le codage lithologique (tabl. 4) a été transformé pour :

- différencier les formations alluviales, et en particulier faire apparaître le caractère argileux ou non. On a ainsi défini des faciès à dominante plutôt sableuse, que l'on a considéré comme "potentiellement exploitables", et des faciès à dominante plutôt argileuse, que l'on a considéré comme stériles (non exploitables). Dans le tableau 4, les faciès "sableux" potentiellement exploitables sont repérés par le code "Oui" dans la colonne "Sable", tandis que les faciès "argileux" considérés comme stériles sont repérés par le code "Oui" dans la colonne "Stérile". Cette distinction est bien sûr critiquable, car elle a été faite uniquement en fonction de la description lithologique disponible sur les log de sondages, et ne prend pas en compte les critères utilisés habituellement pour définir un sable au sens matériau de carrière, comme la granulométrie, la composition chimique, l'équivalent sable, etc. Aucun de ces paramètres n'ayant été mesuré ni enregistré dans la banque du sous sol, il a bien fallu opérer une classification sur la seule base des informations lithologiques disponibles, informations lithologiques qui ont toutefois été pondérées par les connaissances du géologue régional. Nous avons utilisé le terme de "potentiellement exploitable" pour rappeler qu'en l'absence d'analyse chimique, granulométrique, etc., il n'est pas possible de savoir si les formations sableuses ainsi désignées sont réellement valorisables comme matériau de carrière ;
- distinguer les différents types de substrats.

Formation	Code stratigraphique STRATI
Alluvions	0001
Sables et argiles du Bourbonnais	1004
Sables de Châtillon	1004
Sables et argiles de Sologne	1211
Marnes et sables de l'Orléanais	1220
Calcaires de l'Orléanais	1314
Marnes de Blamont	1311
Calcaires de Pithiviers	1312
Molasse du Gâtinais	1322
Calcaires d'Étampes	1411
Calcaires lacustres éocènes	2001
Éocène calcaréo-détritique	2302
Formations détritiques de l'Éocène	2005
Argiles à silex	2006
Craie blanche à silex	3121

Tabl. 2 - Stratigraphie de la région orléanaise.

Les données lithologiques ont été révisées ou réinterprétées lorsque les documents initiaux d'archive étaient imprécis ou inappropriés. Quelques sondages très mal renseignés ont dû être abandonnés car risquant d'introduire des erreurs lors des traitements ultérieurs. De fréquentes confusions entre alluvion et sables d'âge tertiaire (sables et argiles de Sologne, marnes et sables de l'Orléanais) ont fait l'objet d'une réinterprétation en fonction des connaissances régionales.

Le lecteur trouvera en annexe 2 quelques exemples typiques de sondages de la banque du sous-sol :

- sondage BSS n° 03638X0110 : sondage avec recouvrement argileux, formations sableuses, puis stérile argileux à la base ;
- sondage BSS n° 03974X0228 : sondage très fiable avec une description très fine des alluvions ;
- sondage BSS n°03977X0089 : sondage mal renseigné. Ne donne qu'une description lithologique simplifiée. On trouve ainsi 8,5 de "sable", sans aucune indication sur la nature de ces sables (couleur, présence d'argile ou de galets, présence d'interlits argileux, etc.). De tels sondages donnent une indication globale, mais altèrent la précision ponctuelle des résultats fournis ;
- sondage BSS n° 03983X0268 : alluvions reposant sur des formations de Sologne. Seuls les faciès sableux des alluvions, faisant l'objet de cette étude, ont été considérés dans le calcul des épaisseurs des faciès sableux potentiellement exploitables.

Figuré	Lithologie	Code litho.	Recouv.	"Stérile"	"Sable"
	terre végétale	TV	Oui		
	argile	A	Oui		
	silt	SILT	Oui		
	limons	LIM	Oui		
	argile sableuse	AS		Oui	
	argile à graviers	AGR		Oui	
	argile à galets et graviers	AGB		Oui	
	argile et galets	AB		Oui	
	argile sableuse à galets	ASB		Oui	
	argile sableuse à galets et graviers	ASGB		Oui	
	argile sableuse à graviers	ASGR		Oui	
	graviers	GRA			Oui
	sable	S			Oui
	sable argileux	SA			Oui
	sable argileux à galets	SAB			Oui
	sable argileux à graviers et galets	SAGB			Oui
	sable argileux à graviers	SAGR			Oui
	sable à galets	SB			Oui
	argile à silex	ARSI			
	sable et argile	SAAR			
	craie	CRAI			
	calcaire	CA			
	calcaire sableux	CASA			
	calcaire à galets siliceux	CAGA			
	marne à galets siliceux	MASI			
	marne et sable	MASA			
	marne et calcaire	MACA			
	marne	MARN			
	silex massif	SILX			
	tourbe	TOUR			
	karst	KARS			
	conglomérat	CONG			
	pas d'information	ZERO			

Tabl. 3 - Codage lithologique, définition des formations de recouvrement, des intercalaires stériles, et des faciès sableux potentiellement exploitables.

"Recouv." = Oui : Formation considérée comme recouvrement. "Stérile" = Oui : formation considérée comme stérile intercalaire lorsqu'elle est incluse entre deux formations sableuses potentiellement exploitables. "Sable" = Oui : formation considérée comme potentiellement exploitable, à condition qu'elle appartienne aux anciennes terrasses alluviales de la Loire. Voir le texte du chapitre 3.1 pour la façon de traiter les stériles intercalés dans des formations sableuses.

3. Cartographie des épaisseurs des faciès sableux et des épaisseurs des formations de recouvrement

Dans les traitements qui suivent, la difficulté majeure consiste à définir puis à optimiser le calcul des variables à cartographier, à savoir l'épaisseur de recouvrement d'une part et l'épaisseur des faciès sableux d'autre part.

En effet, les formations traversées par les sondages sont souvent constituées d'une succession de faciès sableux, potentiellement exploitables, et de formations stériles, non exploitables (essentiellement des faciès argileux ou argilo-sableux). Dans ces conditions toute couche sableuse ne sera pas forcément exploitable, si elle est isolée dans ou sous des formations stériles d'épaisseur importante. Tout dépend des positions et des épaisseurs relatives de ces deux formations et du ratio limite que l'on se fixe entre sables et stériles.

3.1. DEFINITION DE L'ÉPAISSEUR DES FACIÈS SABLEUX

Prenons l'exemple du forage de la banque du sous-sol n° 3638X0212, figure 1.

Le long de ce sondage, on observe successivement :

- 1 m de terre végétale : il s'agit des formations de recouvrement,
- deux niveaux de faciès sableux : "sable rouge" et "sable grossier", encadrant un niveau d'argile de 0,5 m d'épaisseur. Ces trois formations font partie de l'unité stratigraphique "alluvions" (code stratigraphique STRATI=0001 du tableau 2),
- des argiles et marnes jaunes, de l'unité stratigraphique "marnes de Blamont". Ces formations ne sont pas prises en compte car elles ne font pas partie de l'unité stratigraphique "alluvions".

Le problème posé ici est le suivant : comment définir l'épaisseur de faciès sableux. Doit-on ne considérer que le premier niveau de sable rouge, soit une épaisseur de 1,5 m, ou la somme des deux niveaux de sable, soit une épaisseur cumulée de $1,5 + 3 = 4,5$ m ? Après discussion avec le géologue, il a été décidé de considérer systématiquement l'épaisseur cumulée des faciès sableux, en partant du haut, ceci tant que l'épaisseur de stérile intercalaire ne dépasse pas 30 % de l'épaisseur totale. En d'autres termes on accepte un ratio maximum de stérile intercalaire R_{sti} de 30 %, ce ratio étant défini par :

$$R_{sti} = \frac{\sum \text{épaisseur des stériles intercalaires}}{\sum (\text{épaisseur des stériles intercalaires} + \text{sables})} < 30 \%$$

Ce ratio est toujours calculé entre un toit et un mur constitués de faciès sableux.

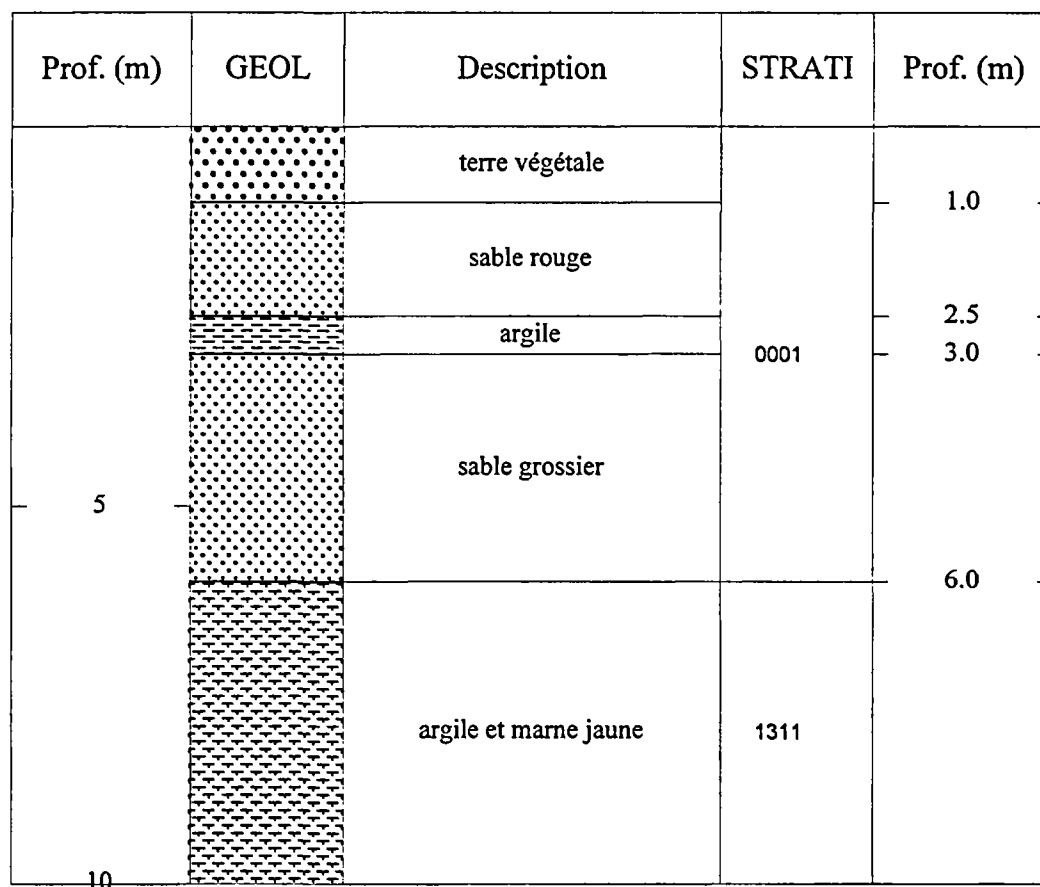


Fig. 1 - Log du sondage de la banque du sous-sol n° 3638X0212.

Dans le cas de la figure 1, $R_{sti} = 0,5 / (1,5 + 0,5 + 3) = 10 \% < 30 \%$. L'épaisseur de faciès sableux retenue est donc de $1,5 + 3 = 4,5$ m.

S'il y avait eu 2,5 m d'argile au lieu de 0,5 m, on aurait eu un ratio $R_{sti} = 2,5 / (1,5 + 2,5 + 3) = 36 \% > 30 \%$. Dans ce cas, seule la première formation sableuse aurait été retenue pour le calcul de l'épaisseur de faciès sableux.

Il est clair que notre définition de l'épaisseur de faciès sableux dépend de la limite maximale que l'on choisit pour le ratio R_{sti} . Avec une valeur théorique extrême de 99,99... %, on retiendrait tous les interlits sableux, même si leur épaisseur cumulée était négligeable par rapport à une épaisseur de stérile intercalaire considérable. Avec une valeur extrême de 0 %, on ne retiendrait que la première couche sableuse rencontrée en-dessous des formations de recouvrement, même si, après seulement quelques centimètres de stérile intercalaire, on rencontrait à nouveau une couche sableuse très épaisse. Parmi toutes les variantes possibles nous avons choisi une valeur limite de 30 %, qui correspond à la fois à une réalité géologique et à une réalité économique observées dans les gisements exploités dans les terrasses alluviales de la Loire.

Ce mode opératoire d'optimisation du calcul de l'épaisseur des faciès sableux a été appliqué de façon automatique à tous les sondages. Une vérification manuelle et une validation par le géologue ont été effectuées pour tous les sondages où l'on observait une proportion de stérile intercalaire significative.

Pour compléter la description du mode opératoire retenu, il faut en outre préciser que :

- le calcul a été effectué à l'intérieur des terrasses alluviales Fx, Fw, Fv, Fu, Ft,
- seules les alluvions de code stratigraphique 0001 (selon la nomenclature définie tableau 2) ont été considérées,
- à l'intérieur des alluvions, seuls les faciès les plus "sableux" ont été définis comme "potentiellement exploitables". Ces faciès sont indiqués tableau 3 par le code "Oui" dans la colonne "sable". Inversement les faciès argileux ont été considérés comme stérile intercalaire (code "Oui" dans la colonne "stérile").

3.2. DEFINITION DE L'ÉPAISSEUR DES FORMATIONS DE RECOUVREMENT

L'épaisseur calculée ici regroupe l'épaisseur des formations de recouvrement proprement dites (code "Oui" dans la colonne "Recouv." du tableau 3), ainsi que l'épaisseur de matériaux alluviaux stériles situés en-dessous de ces formations, et avant le premier niveau sableux (comme dans le sondage n° 03638X0110 donné en annexe). Un mince interlit sableux peut parfois être trouvé à l'intérieur de ces matériaux stériles. Dans ce cas, cet interlit sableux est intégré au recouvrement. Une règle similaire à la précédente a été définie pour tenir compte de ce cas : si le pourcentage d'épaisseur de formation sableuse R_{sab} est inférieur à 30 %, alors cette formation sableuse est intégrée au recouvrement, ainsi que le stérile qui l'encadre. R_{sab} est dans ce cas défini par :

$$R_{sab} = \frac{\sum \text{épaisseurs des faciès sableux intercalaires}}{\sum (\text{épaisseurs des formations de recouvrement} + \text{stériles} + \text{faciès sableux intercalaires})} < 30 \%$$

Ce ratio est toujours calculé entre un toit et un mur constitués de formations de recouvrement ou de stérile. Il existe très peu de sondages pour lesquels il a été nécessaire d'éliminer de fins interlits sableux : environ une dizaine. Ces sondages ont donc été traités manuellement en concertation avec le géologue.

3.3. REALISATION DES CARTES

L'interpolation des variables se fait sur une grille régulière de blocs qui présente les caractéristiques suivantes:

Origine de la grille : X0 = 542 000 (coordonnées en Lambert II étendu)
 Y0 = 2 278 000
 Taille des blocs : DX = 250 m
 DY = 250 m
 Nombre de blocs : NX = 400
 NY = 192

L'interpolation est réalisée séparément pour chaque terrasse, en adoptant les contours de terrasse définis au chapitre 2.1.

N.B. : Le bloc appartient à la terrasse dans laquelle est situé son centre de gravité.

L'interpolateur utilisé est un krigeage linéaire qui présente l'avantage de fournir des résultats non biaisés par rapport aux estimateurs traditionnels de type inverse des distances ou moindres carrés locaux.

A l'issue des interpolations, une première série de cartes a permis de mettre en évidence quelques anomalies caractérisées par des maxima ou minima douteux. Les sondages induisant ces anomalies ont fait l'objet d'un contrôle manuel par le géologue qui a pris la décision d'éliminer les sondages incohérents. Le nombre final de sondages utilisé est indiqué tableau 4. Il est de 517 contre 536 au départ. 19 sondages ont donc dû être éliminés.

La suppression des sondages incohérents dans les terrasses concernées a nécessité une ré-interpolation.

Terrasse	Surface d'affleurement (km ²)	Nombre de sondages tombant dans la terrasse	Nombre de sondages/km ²
Fx	38	38	1,0
Fw	366	293	0,8
Fv	296	117	0,4
Fu	205	58	0,28
Ft	27	11	0,41
Total	932	517	0,55

Tabl. 4 - Nombre de sondages utilisés selon les terrasses.

Il faut noter enfin qu'à l'intérieur de certains contours, il n'y a parfois aucun sondage. Dans ce cas, les épaisseurs de faciès sableux et les épaisseurs de recouvrement sont extrapolées à partir des sondages les plus proches appartenant à la même terrasse alluviale (ce qui suppose une hypothèse de continuité à l'intérieur d'une même terrasse alluviale).

4. Résultats

Tout d'abord il faut souligner le fait que la densité des sondages est hétérogène. Certaines zones sont sur-échantillonnées tandis que d'autres présentent des lacunes d'informations importantes pouvant conduire localement à une extrapolation. La représentativité n'est donc pas la même en tout point de la carte et il convient de pondérer l'analyse visuelle des cartes par la localisation des sondages.

D'un point de vue quantitatif, on peut retenir les épaisseurs de recouvrement et les épaisseurs de faciès sableux données tableau 5. Le potentiel le plus intéressant se situe dans la terrasse Fw, caractérisée à la fois par une surface importante, une faible épaisseur de recouvrement, et une épaisseur de faciès sableux importante.

Terrasse	Surface d'affleurement (km ²)	Épaisseur moyenne du recouvrement (m)	Épaisseur moyenne de faciès sableux (m)	Ratio épaisseur de recouvrement/ épaisseur de faciès sableux
Fx	38	1,73	4,59	0,38
Fw	366	0,59	5,07	0,12
Fv	296	1,29	4,12	0,31
Fu	205	0,52	4,46	0,12
Ft	27	1,5	3,41	0,44

Tabl. 5 - Épaisseur de recouvrement et épaisseur des faciès sableux selon les terrasses.

Le potentiel exploitable mis en évidence par les cartes proposées n'intègre par la notion de qualité des matériaux, dans la mesure où aucune donnée n'était disponible pour prendre en compte ce paramètre. Il est donc nécessaire de considérer les cartes comme identifiant un potentiel géologique plus qu'un potentiel économique.

Conclusion

L'étude réalisée a permis de tracer des cartes au 1/250 000 indiquant les épaisseurs de faciès sableux et les épaisseurs de leur recouvrement, dans les anciennes terrasses alluviales de la Loire. Les cartes fournies doivent être analysées en tenant compte de la densité de sondages retenus, car certaines zones sont nettement moins bien renseignées que d'autres. Pour cette raison, les informations fournies par les cartes doivent garder un sens global (identifiant des zones favorables en termes de ressources) plutôt qu'un sens ponctuel (fournissant la valeur précise de tel ou tel paramètre, en un point donné). Ceci d'autant plus que certains sondages fournissent des renseignements de qualité moyenne (description lithologique imprécise par exemple).

Par ailleurs, aucun paramètre économique n'a été pris en compte, pas plus que les caractéristiques spécifiques des matériaux : les variables cartographiées l'ont été uniquement sur des critères géologiques (lithologie et stratigraphie). De même, les contraintes réglementaires ou environnementales n'ont pas été intégrées (POS, zones protégées, etc.). Il convient donc de prendre en compte tous ces éléments lors de l'interprétation des résultats, et de considérer les cartes fournies comme identifiant un potentiel géologique.

Le travail réalisé présente des potentialités de valorisation ultérieure. Les bases de données constituées lors de cette étude permettent à l'avenir d'affiner les résultats selon différentes voies :

- tout d'abord il serait possible d'adopter une approche géostatistique pour la construction des cartes. Par rapport à l'interpolation classique qui a été réalisée, les avantages d'une telle approche permettraient de construire des cartes d'iso-incertitude (sachant qu'à toute valeur interpolée est associée une erreur). Ces cartes permettraient de distinguer clairement les zones où l'information est insuffisante des zones où la précision est au contraire satisfaisante, comme préalable à toute campagne stratégique de recherche de gisements ;
- d'autre part, il serait possible de comparer différents scénarios en fonction du taux de stérile intercalaire maximum admis dans les faciès sableux, de la profondeur maximale considérée, de l'épaisseur maximale de recouvrement, de façon à identifier les zones où le potentiel est le plus "robuste" vis-à-vis des changements de conditions économiques.

Il est souhaitable que l'étude présentée fasse l'objet d'une concertation et d'un suivi, notamment avec la profession, pour utiliser l'outil ainsi constitué de manière interactive : enrichissement des connaissances et contribution à la prise de décision.

ANNEXE 1

Description lithologique des terrasses alluviales d'ouest en est

Localité	Terrasse	Epaisseur	Gîtologie	Lithologie
Lailly-enVal Cléry St André	Fw +14 m	7 à 12 m en bord nord, 4 à 7 m en bord sud	Stratification lenticulaire avec masses sablo-caillouteuses peu argileuse (sable rouge), lentilles d'argile ou de galets. Tendance argileuse vers la bordure sud. Localement forte concentration graveleuse.	Granulométrie variable de l'argile aux blocs. Matériaux siliceux : quartz, silex, feldspaths, galets de socle souvent altérés.
Mareau-aux- Prés St- Cyr-en-Val	Fw +11 à 14 m	1 à 6 m bord nord, 5 à 12m au centre, 6 à 12 m bord sud	Stratification lenticulaire avec masses sablo-caillouteuses peu argileuse (sable rouge), lentilles d'argile ou de galets.	Granulométrie variable de l'argile aux blocs. Matériaux siliceux : quartz, silex, feldspaths, galets de socle souvent altérés.
Ardon Vienne-en-Val	Fv + 40 à +27 m	irrégulière Ouest 1 à 7 m Est 3,5 à 11 m	Rapides variations d'épaisseur. Stratification lenticulaire avec zones fortement argileuses sur des surfaces de 0,5 à 8 km ² . Enrichissement en surface d'argile pédogénétique.	Granulométrie variable de l'argile aux blocs : quartz, silex, feldspaths, galets de socle altérés. Rares concentrations de galets.
Chécy	Fw + 18 m	2 à 4,5 m	Placages résiduels de Chécy à Orléans, épaisseur variable : 7 m Maxi à St- Jean-de-Braye. Au nord de Chécy épaisseur moindre mais surface intéressante.	Sable grossier peu argileux, riche en cailloutis et galets. Composition : quartz hyalin et laiteux, feldspaths blancs ou roses, micas, débris de roches granitiques et volcaniques, blocs de silex divers et de grès, concrétions ferrugineuses surtout à la base.
St Denis de l'Hôtel	Fw +21m	2.5 à 9 m	Epaisseurs irrégulières : des variations comprises entre 3 et 5 m sont notées sur des extensions latérales de 100 m.	Sable grossier peu argileux, riche en cailloutis et galets. Composition : quartz hyalin et laiteux, feldspaths blancs ou roses, micas, débris de roches granitiques et volcaniques, blocs de silex divers et de grès, concrétions ferrugineuses surtout à la base.
Chateaufort sur-Loire	Fw +11 à +13 m	Bord nord 3 à 7 m. Bord sud 2,5 à 11 m Est 2 à 5 m Centre 8 à 10 m	Fortes variations d'épaisseurs, en particulier à l'approche des bordures. Présence d'un chenal en position médiane parallèle à la Loire avec des épaisseurs de 8 à 10 m. Stratification lenticulaire avec masses sableuses et lits d'argile ou galets.	Facies "sable rouge" à forte hétérométrie : argile, sables, graviers, blocs. Composé de : quartz, feldspaths, micas, galets de silex divers et roches cristallines. Remaniements de sables de Sologne. Argilisation pédologique en surface.

Localité	Terrasse	Epaisseur	Gîtologie	Lithologie
Viglain Tigy	Fv 30 m	+ Bord nord 3 à 6 m 1 point à 12 m ?	Stratification lenticulaire et granulométrie variable de l'argile aux blocs. Relativement argileux, en partie à cause d'une pédogenèse. Présence locale de gros blocs. En bordure sud dominance des sables argileux, en bordure nord concentration locale de galets	Sable plus ou moins argileux à lits de galets de silex
Tigy Sully sur Loire	Fx +5 m	Maxi 10,5 m Moy. 6 à 8,5 m Bord nord 4 à 11,5 m	Granulométrie variable : sable, graviers, blocs. Généralement dépôt superficiel de sable fin limoneux portant une pédogenèse argileuse.	Granulométrie variable du sable fin aux galets. Composé de : quartz, feldspaths, micas ; galets de silex divers, roches cristallines et volcaniques ; blocs de silex et grès. Les blocs sont plus fréquents à l'est.
Les Bordes Ouzouer-sur-Loire	Fw + 15 m	3 à 5 m au nord non connue au sud	Constitue une bande étroite et découpée.	Faciès "sable rouge" à forte hétérométrie : argile, sables, graviers, blocs. Composé de : quartz, feldspaths, micas, galets de silex divers et roches cristallines. Remaniements de sables de Sologne. Argilisation pédologique en surface.
Ouzouer-sur-Loire Nevoy	Fv 27 m à + 35 m	+ 4 à 12 m au nord mal connue au centre 2,5 à 7 m au sud	Stratification lenticulaire avec corps sableux, lits de graviers et d'argile. Argilisation en surface liée à une pédogenèse.	Faciès à forte hétérométrie : argile, sables, graviers, blocs. Composé de : quartz, feldspaths, micas, galets de silex divers et roches cristallines altérées. Remaniements de sables de Sologne. Gros blocs occasionnels.
Nevoy	Fu + 38m	4,8 à 9 m	Stratification lenticulaire chenalisée, à lentilles d'argile et lits de graviers. Argilisation pédogénétique en surface pouvant localement pénétrer jusqu'à 6 m de profondeur.	Faciès à forte hétérométrie : argile, sables, graviers, blocs. Composé de : quartz, feldspaths, micas, galets de silex divers et roches cristallines altérées. Remaniements de sables de Sologne. Gros blocs occasionnels.
Lion-en-Sulias St-Martin-sur-Ocre	Fw + 15m	1,5 à 7 m	Succession de petites plages résiduelles étroites, allongées sur une distance de 15 km. Mode de gisement mal connu probablement lenticulaire. Argilisation en surface.	Matériaux hétérométriques : argile, sable, galets et blocs. Fraction grossière à dominante de quartz filonien et silex, parfois gros blocs de poudingue

Localité	Terrasse	Epaisseur	Gitologie	Lithologie
St Gondon Sud	Fv +27m	supérieur à 3 m	Petits affleurements très limités.	Concentration de galets
Cerdon Poilly-lez- Gien	Fu + 40 m	N-E 3 à 6 m N-O 4 à 5 m Sud 4 à 8 m	Cones alluviaux dépendant du système Sauldre et remodelé par la Loire pour constituer une vaste terrasse couvrant la Sologne (cailloutis culminants). Stratification lenticulaire. Argilisation fréquente.	Sable hétérométrique parfois très grossier à quartz, feldspaths, micas ; galets et blocs de silex mal roulés (10 à 15 cm Maxi) et de quartz filonien (8 cm Maxi). Présence fréquente de matrice argileuse grise à jaune.
Souigny-en- Sologne	Fu (Fw sur 431) + 40 m	2 à 5 m	Système Sauldre remodelé par la Loire pour constituer une vaste terrasse couvrant la Sologne (cailloutis culminants). Stratification lenticulaire. Argilisation fréquente. Epaisseur variable assez faible.	Sable hétérométrique parfois très grossier à quartz, feldspaths, micas ; galets et blocs de silex mal roulés (10 à 15 cm Maxi) et de quartz filonien (8 cm Maxi). Présence fréquente de matrice argileuse grise à jaune.
Argent-sur- Sauldre	Ft (Fv sur 431) +55 à +60 m	2 à 10 m	Cônes alluviaux du système Sauldre provenant du Sancerrois, à forte proportion de grave grossière. Epaisseurs irrégulières liées à l'érosion et au mode de dépôt.	Sable hétérométrique à dominante de quartz, contenant une proportion variable parfois importante de galets (6 cm Maxi). Galets de silex dominants auxquels s'ajoutent des quartz filoniens et roches noires siliceuses dans le secteur nord.
Briare	Fu +40 m à +45 m	3 à 5 m 8 Maxi	Terrasse montrant la déviation momentanée du cours de la Loire vers le nord (Loing-Seine). Stratification chenalisée avec disposition lenticulaire des argiles. Développement d'une pédogenèse argileuse en surface.	Sable hétérométrique à dominante de quartz associés à des feldspaths et micas. Gravieres et galets de quartz filonien et de silex. Lits d'argile.

ANNEXE 2

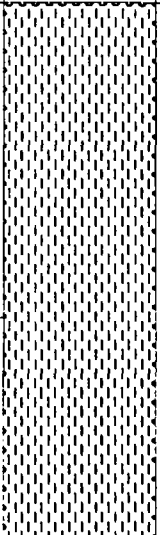
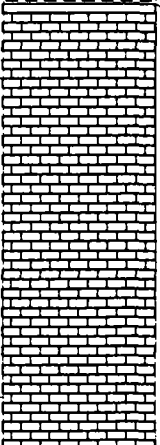
Exemples de log de sondages

Sondage BSS N°: 03638X0110 Coordonnées: X = 582.030 Y = 2320.25 Z = 116.00 Vérifié par : Denis GIOT le 15/10/1996				
Prof. (m)	GEOL	Description	STRATI	Prof. (m)
5		terre végétale	0001	1.0
		argile rousse très sableuse graveleuse à galets		1.5
		sable grossier roux argileux à gros galets		3.0
		sable grossier roux argileux avec peu de galets		6.0
10		argile sableuse à petits galets	1311	8.0
		argile verdâtre légèrement sableuse		14.0
		marne beige à rognons calcaires		15.0
15		calcaire et marne	1312	

Sondage BSS n° 03638X0110 : sondage avec recouvrement argileux, formations sableuses, puis stérile argileux à la base.

Sondage BSS N°: 03974X0228 Coordonnées: X = 558.355 Y = 2312.13 Z = 100.60 Vérifié par : Denis GIOT le 15/10/1996				
Prof. (m)	GEOL	Description	STRATI	Prof. (m)
5		limon brun sableux	0001	0.3
		sable jaune légèrement graveleux		1.0
		sable fin ferrugineux légèrement argileux et graveleux		1.8
		alternance de sable jaune et blanc gros sel à graveleux, légèrement argileux		2.5
		idem plus fin		3.1
		sable gros sel		3.3
		sable fin jaune légèrement argileux		5.1
		sable fin jaune et beige		6.0
		marne beige	1312	6.8

Sondage BSS n° 03974X0228 : sondage très fiable avec une description très fine des alluvions

Sondage BSS N°: 03977X0089 Coordonnées: X = 551.800 Y = 2307.30 Z = 94.60 Vérifié par : Denis GIOT le 15/10/1996				
Prof. (m)	GEOL	Description	STRATI	Prof. (m)
5		sable	0001	
		argile		8.5 8.8
10		calcaire	1312	
15				

Sondage BSS n°03977X0089 : sondage mal renseigné.

Ne donne qu'une description lithologique simplifiée. On trouve ainsi 8,5 de "sable", sans aucune indication sur la nature de ces sables (couleur, présence d'argile ou de galets, présence d'interlits argileux, etc.). De tels sondages donnent une indication globale, mais altèrent la précision ponctuelle des résultats fournis

Sondage BSS N°: 03983X0268

Coordonnées: X = 573.220 Y = 2311.65 Z = 113.00

Vérifié par : Denis GIOT le 15/10/1996

Prof. (m)	GEOL	Description	STRATI	Prof. (m)
		terre végétale	0001	0.4
		argile brune à sable grossier		2.2
		sable jaune grossier argileux		3.4
5		très argileux à la base		4.5
		argile sableuse		6.2
10		sable moyen hétérogène jaune		10.0
15			1211	
20		argile verte		
25				25.0
		marne brune	1311	
30				28.0
35		marne et calcaire	1312	
40				

Sondage BSS n° 03983X0268 : alluvions reposant sur des formations de Sologne.

Seuls les faciès sableux des alluvions, faisant l'objet de cette étude, ont été considérés dans le calcul des épaisseurs des faciès sableux potentiellement exploitables.

DOCUMENT PUBLIC

Situation des terrasses alluviales, épaisseur des faciès sableux et de leur recouvrement

Cartographie des alluvions anciennes de la Loire
entre Beaugency et Gien.
Zonalité des faciès sableux à partir des données de forage
de la banque du sous-sol

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 96-G-203

décembre 1996 - R 39168



planche 1

BRGM - 3, avenue Claude Guillemin - BP 6009 - 45060 Orléans - France
Service Géologique Régional du Centre

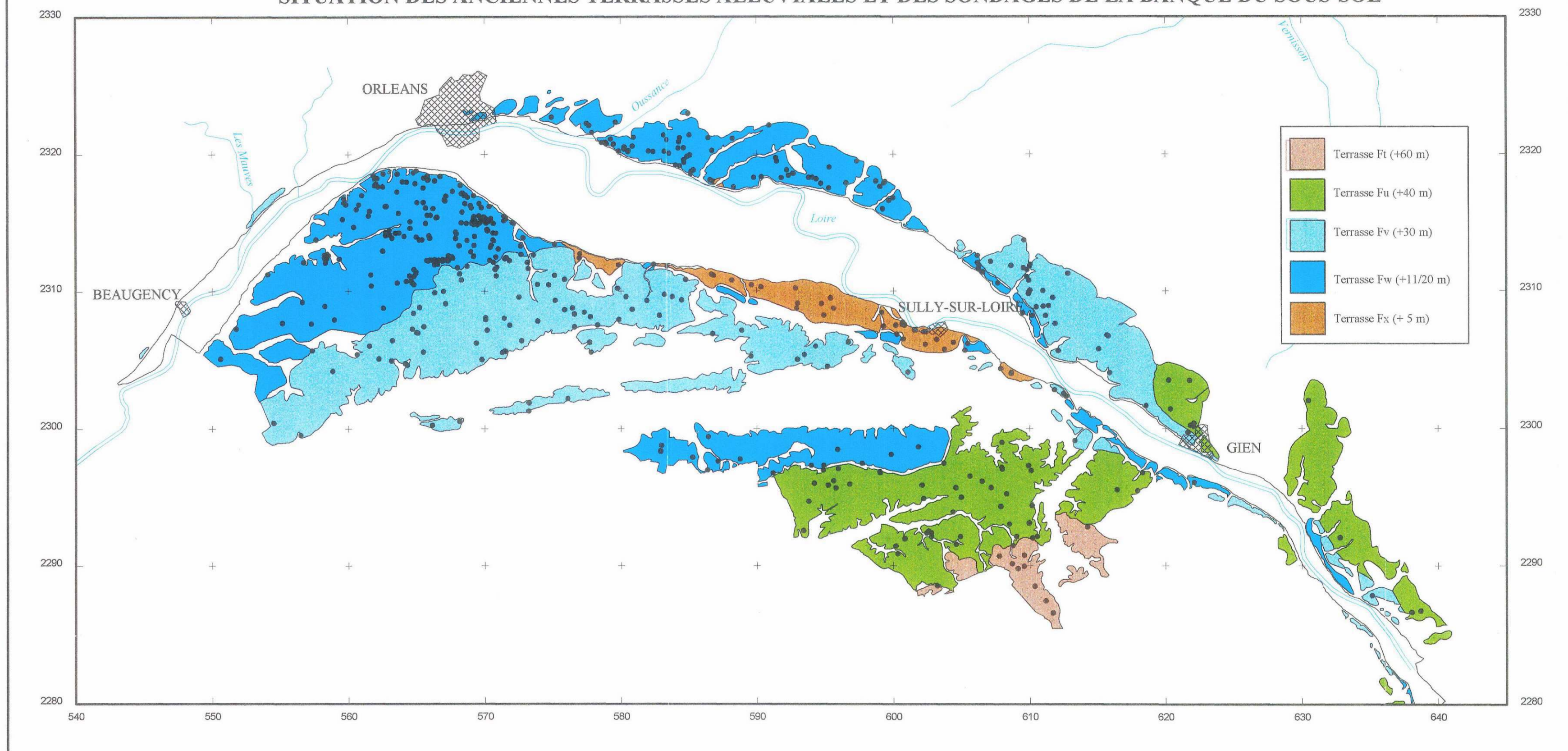
LÉGENDE

- Sondage de la banque du sous-sol
- Agglomération
- Cours d'eau

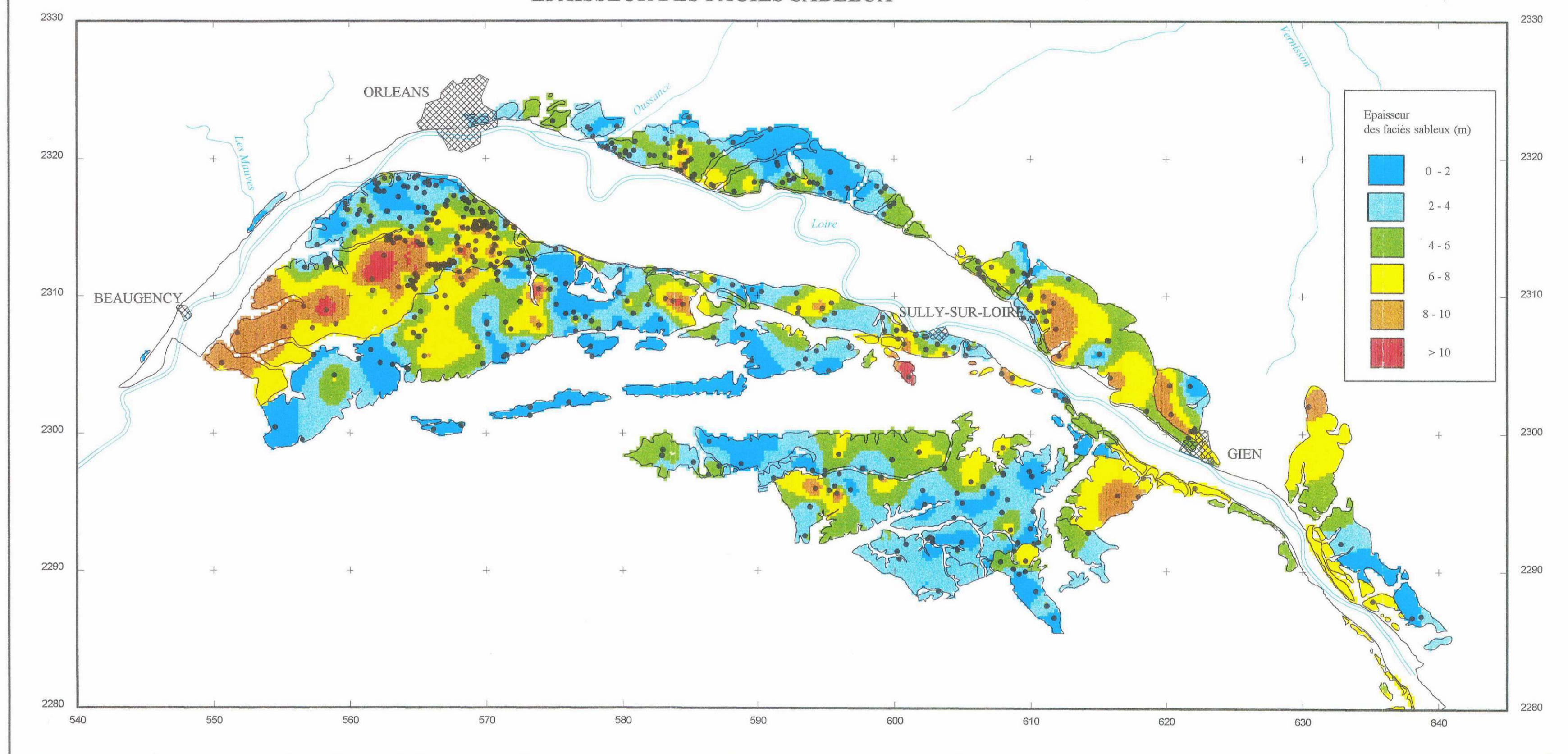
Echelle
0 10 km

Système de coordonnées: projection Lambert II étendu - Ellipsoïde de Clarke, 1880

SITUATION DES ANCIENNES TERRASSES ALLUVIALES ET DES SONDAGES DE LA BANQUE DU SOUS-SOL



EPAISSEUR DES FACIÈS SABLEUX



EPAISSEUR DU RECOUVREMENT DES FACIÈS SABLEUX

