

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DE LA RECHERCHE

COMITÉ DE GESTION DE LA TAXE PARAFISCALE SUR LES GRANULATS

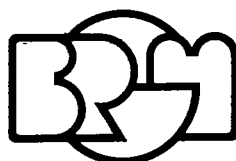
**BUREAU DE RECHERCHES
GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
AGENCE OUEST**

**SOCIÉTÉ D'ÉTUDES TECHNIQUES
ET ÉCONOMIQUES
SETEC - GÉOTECHNIQUE**

RESSOURCES EN SABLES DU SUD-EST DU MAINE-ET-LOIRE

par

J. DEPAGNE et J. VOIRIN



Service Géologique Régional PAYS-DE-LA-LOIRE

Rapport du B.R.G.M.

84 AGI 153 PAL

Mai 1984

RESUME

Une étude globale des formations détritiques du Sud-Est du Maine-et-Loire a été réalisée sur financement conjoint de la Taxe Parafiscale sur les Granulats et de l'Union Nationale des Producteurs de Granulats (U.N.P.G.).

Le but de l'étude était d'identifier globalement les ressources en matériaux susceptibles de se substituer aux sables et graviers traditionnellement exploités dans le lit de la Loire.

1 - La région étudiée renferme des réserves importantes de sables fins, d'âge Sénonien mais de nombreuses contraintes techniques, réglementaires et d'occupation des sols pèsent sur l'ensemble de la zone. Cependant, une importante exploitation de sable existe déjà près de Saumur et l'ouverture d'un nombre limité de nouvelles carrières peut être envisagé, en fonction d'éventuels besoins nouveaux, sans perturber sensiblement l'environnement actuel.

Il s'agit de sables fins qui ont été parfois exploités de façon artisanale comme sablons à enduits. Ils ne sont actuellement utilisés que pour constituer des remblais.

Ces sables peuvent être valorisés par un traitement approprié consistant en une correction granulométrique et un traitement aux liants hydrauliques (laitier granulé de haut fourneau ou cendres volantes).

Les sables traités pourraient être utilisés dans tout le domaine de la construction routière (chaussées et terre-pleins industriels).

2 - La région de Brissac-Quincé renferme des sables et graviers de la base du Cénomaniens ; ils ne sont utilisés que sous la forme de tout-venant, principalement pour améliorer la surface des chemins ruraux.

Il s'agit de graves 0/20 - 0/25 légèrement argileuses et fréquemment ferrugineuses avec des encroûtements localisés. Les réserves peuvent être estimées de l'ordre d'une dizaine de millions de tonnes.

Bien situés par rapport à Angers ces matériaux constituent une réserve d'intérêt certain.

Leurs caractéristiques peuvent être améliorées de plusieurs façons notamment par lavage, correction granulométrique et éventuellement traitement aux liants hydrauliques.

3 - Les faluns helvétiques affleurent principalement dans la région de Doué-la-Fontaine. Ils ont déjà fait l'objet d'une étude antérieure.

Ils présentent localement une couverture graveleuse qui peut être exploitée, traitée et utilisée spécifiquement.

Les faluns ne sont actuellement exploités que pour construire des remblais. Ils peuvent présenter un véritable intérêt dans l'optique de la correction granulométrique des sables fins du Sénonien et des sables graveleux du Cénomaniens ; en effet, les faluns constituent le seul matériau calcaire de la région étudiée qui permettrait d'élaborer, par broyage, un sable correcteur de la granulométrie d'un sable principal.

4 - Les environs de Doué-la-Fontaine contiennent des ressources limitées en sable glauconieux appartenant au sommet du Turonien. Ces matériaux ont des caractéristiques géotechniques qui les rapprochent des sables fins du Sénonien. Ils pourraient de ce fait trouver un emploi similaire ; cependant l'hétérogénéité des gisements et la proximité des sables sénoniens enlèvent pratiquement tout intérêt aux sables du Turonien.

5 - Les autres formations, Tertiaire et alluvions quaternaires montrent un ensemble de caractéristiques plus ou moins défavorables ; elles ne présentent qu'un intérêt strictement local et artisanal ; elles ne peuvent être prises en considération à l'échelle du département.

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
RESUME	I
<u>GENERALITES</u>	1
1 - BUT DE L'ETUDE	1
2 - DEFINITION ET EXTENSION DE LA REGION ETUDIEE	2
3 - METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE	3
3.1. - Première phase	3
3.2. - Seconde phase	4
<u>PREMIERE PARTIE - TRAVAUX DE PREMIERE PHASE</u>	5
INTRODUCTION	6
1 - GEOLOGIE DE LA REGION ETUDIEE	7
1.1. - Secondaire	7
1.2. - Tertiaire	9
1.3. - Quaternaire	10
2 - IDENTIFICATION DES ZONES FAVORABLES	11
2.1. - Nature et qualité des matériaux	11
2.2. - Occupation des sols	11
2.3. - Contraintes techniques	12
2.4. - Contraintes règlementaires	12
3 - NATURE ET QUALITE DES MATERIAUX	13
3.1. - Recherche documentaire	13
3.2. - Examen des photos aériennes	14
3.3. - Observations de terrain	16
4 - OCCUPATION DES SOLS	19
5 - CONTRAINTES TECHNIQUES	21
6 - SECTEURS SELECTIONNES	22
6.1. - Cénomaniens de base	
6.2. - Senonien moyen	23
6.3. - Formations alluviales	25
6.4. - Autres terrains	26

	<u>Page</u>
7 - PROPOSITION DE TRAVAUX	28
8 - CONCLUSION DES TRAVAUX DE PREMIERE PHASE	30
<u>SECONDE PARTIE - TRAVAUX DE DEUXIEME PHASE</u>	31
1 - SONDAGES	32
1.1. - Mode d'exécution	32
1.2. - Implantation	33
1.3. - Résultats	33
2 - ESSAIS DE LABORATOIRE	34
2.1. - Choix des échantillons	34
2.2. - Essais réalisés	34
2.3. - Résultats	35
3 - ENQUETE SUR LES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES	36 bis
<u>TROISIEME PARTIE - RESULTATS SYNTHETIQUES DE LA RECHERCHE</u>	37
1 - LES RESSOURCES EN MATERIAUX UTILISABLES	39
1.1. - Les sables fins du Sénonien	39
1.2. - Les faluns de Touraine	42
1.3. - Les gravières du Cénomaniens de base	43
1.4. - Les faluns graveleux de Sousigné	44
2 - LES TRAITEMENTS	45
2.1. - Traitement des sables fins et des graves	45
2.2. - Traitement des faluns de Touraine	47
3 - CARACTERISTIQUES GENERALE DES SABLES ET GRAVIERS TRAITES AUX LIANTS HYDRAULIQUES	49
3.1. Fabrication	49
3.2. - Mise en oeuvre	49
3.3. - Utilisation	50
4 - CONCLUSION	51

GENERALITES

BUT DE L'ETUDE - EXTENSION DE LA REGION D'ETUDE

METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

1 - BUT DE L'ETUDE

L'approvisionnement du Maine-et-Loire en granulats, sables et graviers, dépend des extractions de sables du lit de la Loire à 55 %. Ces matériaux présentent un intérêt indéniable tant du fait de leur qualité que de leur facilité d'extraction. On dispose là, à très bon compte, de granulats utilisables pratiquement à tous les emplois, y compris la fabrication des bétons. Les extractions, actuellement limitées à 1,4 Mt/an du fait de la conjoncture économique défavorable, ont atteint jusqu'à 2,2 Mt en 1978, année où ils représentaient 70 % de la production du département.

Il a été établi que ces prélèvements s'adressent au stock de sables constitué par l'alluvionnement de la Loire au Quaternaire ancien, stock dont le renouvellement actuel, d'ailleurs discuté, ne peut être que très faible. Le transit naturel des sables, dû à l'érosion de ses alluvions par la Loire, a été estimé à 0,5 Mm³/an (soit environ 750 000 t). Les extractions, qui ne sont pas limitées au seul département du Maine-et-Loire, sont d'un ordre de grandeur beaucoup plus élevé.

La tendance actuelle est de rechercher les moyens de réduire les prélèvements et même de se diriger à terme vers leur arrêt (Protocole d'accord Loire-Allier). La satisfaction des besoins en matériaux, tant pour la construction que pour les travaux routiers, implique donc que soient trouvés des matériaux de substitution aux sables de Loire.

Dans le même temps, si des restrictions drastiques sont imposées à la Profession, il sera nécessaire à celle-ci de trouver des possibilités de reconversion.

Ces problèmes ne sont restés ignorés ni des responsables départementaux, ni de la Profession elle-même. Depuis plusieurs années déjà ont été lancées des études tendant à réaliser un inventaire général des ressources du département, sur lequel il serait possible d'asseoir une politique rationnelle et cohérente de la fourniture de granulats. C'est ainsi qu'ont été reconnues les alluvions de la Loire et de ses principaux affluents, ainsi que des formations géologiques diverses, secondaires et tertiaires, tous terrains dans lesquels ont été identifiées des ressources non négligeables.

Il restait, pour compléter cet inventaire, à examiner la région située au Sud de la Loire, qui renferme des terrains variés, d'âge secondaire à quaternaire. C'est là le but de l'étude dont rend compte le présent rapport, étude financée conjointement par la Taxe Parafiscale sur les Granulats et la Profession.

2 - DEFINITION ET EXTENSION DE LA REGION ETUDIEE

La région étudiée se trouve au Sud de la Loire, où l'on rencontre des formations sédimentaires détritiques meubles, susceptibles de fournir des sables et graviers. Elle appartient à la marge occidentale du Bassin Parisien, reposant sur les terrains anciens du socle armoricain. Ceux-ci étaient exclus du cadre de l'étude (voir carte - Planche n° 1).

L'ensemble des formations appartenant au Bassin Parisien couvrent une superficie de l'ordre de 950 km². La région correspondante est limitée au Nord et au Nord-est par la vallée de la Loire, dont les alluvions, objet d'une étude précédente, étaient exclues de celle-ci. Sa limite Est et Sud-Est correspond à celle du département jusqu'à la hauteur de Saint-Macaire-des-Bois. Au Sud-Ouest et à l'Ouest, la limite est plus floue, mais correspond grossièrement à deux lignes sensiblement droites joignant St Macaire à Thouarcé et Thouarcé à Juigné-s/Loire.

Bien entendu toutes les formations en question ne sont pas de nature à fournir des sables et graviers. Les zones où les terrains sont calcaires et marneux en ont été écartées d'office, encore que certaines d'entre elles aient fait l'objet d'un examen rapide (calcaires tertiaires de Champigny).

Certains terrains détritiques (Cénomaniens moyen par exemple) ont également été rapidement écartés, après que les premières recherches aient montré leur manque d'intérêt. Au total la zone qui a fait réellement l'objet d'investigations a une superficie voisine de la moitié de celle définie plus haut, soit environ 500 km².

3 - METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

Il convenait, pour procéder à l'étude des terrains considérés, d'employer une méthode qui permette d'obtenir le maximum d'informations, compte tenu des moyens mis à notre disposition. L'objectif était de déterminer une série de zones où, sous réserve d'investigations complémentaires, on puisse envisager l'ouverture d'exploitations. Il était ainsi nécessaire de délimiter des secteurs paraissant favorables et sur lesquels une étude spécifique ultérieure devrait apporter des éléments d'appréciation définitifs.

La réalisation de l'étude était prévue en deux phases.

3.1 - Première phase

La délimitation des secteurs présumés favorables devait s'appuyer sur :

- une recherche documentaire permettant de définir les formations présentant un intérêt technique et de fournir les premiers éléments sur leur nature, leur extension et leur épaisseur. A cet effet ont été sollicités les documents cartographiques (cartes topographiques de l'IGN et cartes géologiques au 1/50 000 avec leurs notices), les publications de diverses sources et origines traitant de ces terrains et enfin les données figurant dans les archives du Service Géologique Régional (Banque des données sur le Sous-Sol).

- l'examen des photographies aériennes de la région. L'étude stéréoscopique de ces clichés permet, par l'analyse des formes de relief et des tonalités de coloration de distinguer, dans une mesure variable, les diverses formations les unes des autres.

- une reconnaissance sur le terrain, appuyée sur les données précédemment réunies, pour les préciser, les nuancer le cas échéant ou encore acquérir des données nouvelles permettant de mieux évaluer l'intérêt des terrains reconnus.

La combinaison de ces techniques a permis de procéder à une première élimination des zones strictement dépourvues d'intérêt. Une seconde élimination a été faite ensuite sur la base des critères qui seront exposés au chapitre suivant.

Enfin, parmi les zones subsistant après ce double processus d'élimination, nous avons sélectionné un certain nombre de secteurs pour lesquels l'ensemble des caractéristiques reconnues ou présumées paraissaient suffisantes pour justifier les investigations ultérieures.

3.2 - Seconde phase

En seconde phase des travaux de sondages mécaniques devaient être réalisés sur les secteurs supposés les plus intéressants. Les coupes géologiques et l'analyse géotechnique des échantillons prélevés devaient ainsi permettre de juger à la fois de la validité des conclusions de la première phase, et de déterminer si l'exploitation des matériaux contenus dans tel ou tel des secteurs définis pouvait être valablement envisagée.

Parallèlement devaient être examinées les diverses contraintes non techniques (réglementaires) susceptibles de s'opposer à l'ouverture de carrières.

PREMIERE PARTIE

TRAVAUX DE PREMIERE PHASE

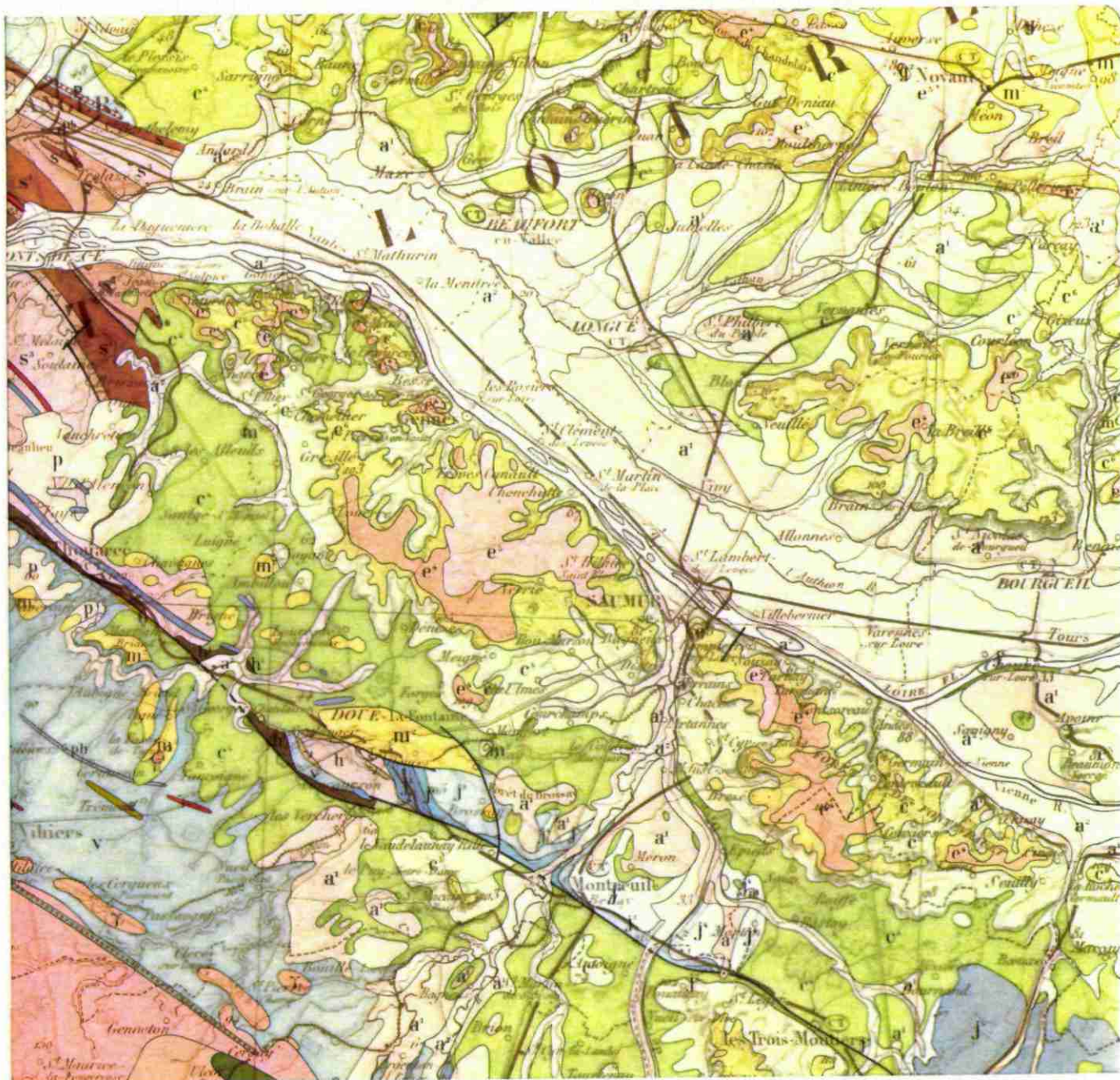
INTRODUCTION

Nous rappellerons que la première phase de l'étude avait pour objet de définir des zones que l'on pouvait juger a priori favorables.

Après avoir décrit, dans ses grandes lignes, la géologie de la région étudiée, nous définirons les critères que nous avons été amenés à prendre en considération pour définir des secteurs méritant un examen plus poussé, et nous décrirons la mise en oeuvre des techniques d'étude employées. Ceci nous permettra de décrire les secteurs retenus ainsi que la consistance des travaux que nous avons jugé utile d'y exécuter en seconde phase de l'étude.

Il nous a paru bon, enfin, de résumer les conclusions auxquelles ces travaux nous ont permis d'aboutir, indépendamment des nuances que les résultats des travaux de seconde pouvaient par la suite nous amener à y apporter.

ESQUISSE GEOLOGIQUE DE LA REGION ETUDIEE



Légende

a	Quaternaire	c6	Sénonien
p	Pliocène	c5	Turonien
m	Helvétien	c4	Cénomanién
e	Bartonien	j1 à j5	Jurassique
h, s, v, γ, ρ	Formations diverses du socle		

Echelle 1 / 320 000

1 - GEOLOGIE DE LA REGION ETUDIEE

La région étudiée appartient à la marge occidentale du Bassin Parisien. Sur le socle antecambrien et primaire, qui affleure à la limite Ouest ainsi que dans les environs de Doué-la-Fontaine où il forme une boutonnière remontée à la faveur de failles, se rencontrent des terrains variés d'âge secondaire, tertiaire et quaternaire.

L'échelle stratigraphique est la suivante :

1.1 - SECONDAIRE

- Jurassique

Le Jurassique, Lias, Bajocien, Bathonien, Callovien et Oxfordien, est constitué dans sa quasi-totalité par des formations calcaires, marneuses ou argileuses, avec quelques passées siliceuses, sans développement notable. Il affleure surtout dans la partie Sud-est de la région (Doué-la-Fontaine, Montreuil-Bellay) où il est remonté par l'ensemble de failles qui a également donné naissance à la boutonnière de socle de Doué-la-Fontaine.

- Crétacé

La transgression crétacée débute au Cénomaniens, avec lacune du Jurassique supérieur à l'Albien.

Le Cénomaniens affleure largement dans la région, au pied de l'escarpement turonien. Il dessine ainsi un grand arc qui va de la région de Martigneau et St Jean-des-Mauvrets jusqu'au Thouet, au Sud du Coudray-Macouard, en passant par Brissac-Quincé, Luigné, Doué-la-Fontaine et Cizay-la-Madeleine. Il donne un paysage de plaine, à ondulations molles, contrastant nettement avec le plateau qu'il borde à l'Ouest et au Sud.

Il se subdivise classiquement en trois sous-étages :

- le Cénomaniens de base est transgressif sur tous les terrains antérieurs, Socle et Jurassique. Il est constitué par des sables et graviers d'épaisseur variable ou des argiles schisteuses à passées sableuses. Le Cénomaniens de base graveleux affleure dans la région de Brissac-Quincé, où il est exploité en carrières.

- le Cénomaniens moyen est formé de sables glauconieux et argileux assez fins, avec, à leur partie inférieure, des niveaux d'argile plastique et de sables parfois consolidés en grès.

- le Cénomaniens supérieur est constitué des Marnes à huitres, blanches et grises, avec niveaux de craie glauconieuse et quelques passées sableuses.

Sur le Cénomaniens repose le Turonien. Il est constitué pour l'essentiel de craies blanches (tuffeau), glauconieuses et micacées, souvent sableuses et friables. Il contient des silex qui s'alignent en lits ou sont épars dans la masse. Cet ensemble peut atteindre jusqu'à une quarantaine de mètres de puissance. Comparativement aux terrains sous et sus-jacents, il présente une résistance à l'érosion qui lui permet de constituer l'escarpement dont nous avons parlé.

La partie supérieure du Turonien est constituée localement de sables glauconieux et micacés, d'épaisseur variable mais pouvant atteindre une dizaine de mètres ; ces sables sont surmontés par un calcaire sableux friable. Cette formation affleure, sur 2 à 3 m d'épaisseur dans la région de Forges, au Nord de Doué-la-Fontaine, ainsi qu'aux environs de Milly-le-Meugon.

Le sommet du Crétacé est représenté par la puissante assise des sables sénoniens. L'épaisseur totale de cette formation peut atteindre une soixantaine de mètres. Les terrains existant dans la région représentent le Sénonien inférieur et moyen, le Sénonien supérieur manque. On distingue :

- le Sénonien de base : sables grossiers et graveleux, surmontant une mince couche d'argile rougeâtre. Nous avons observé dans la région de Champigny des sables que nous pensons pouvoir rattacher à ce niveau.

- le Sénonien inférieur : sables jaunes ou roux, fins, avec lentilles de sables grossiers et graviers, et des plaques ou rognons gréseux. L'épaisseur de ce niveau est évaluée à une vingtaine de mètres.

- le Sénonien moyen : formation sablo-gréseuse, avec parfois des niveaux de grès à débit en dalles.

1.2 - LE TERTIAIRE

Le Tertiaire très varié affleure un peu partout dans la région. Il est représenté par :

- l'Eocène. Le Bartonien présente deux faciès. L'un sablo-graveleux couronne les plateaux sénoniens. On rencontre localement des blocs de grès durs de plusieurs mètres cubes, mais le plus souvent il s'agit de petits blocs d'un à deux ou trois décimètres, glissés sur les pentes ou emballés dans des sablons d'altération. Ce niveau est attribué au Bartonien inférieur et est interprété classiquement comme dérivant des sables sénoniens sous-jacents. L'autre faciès, qui surmonte le précédent, ou repose directement sur le Sénonien, est constitué de calcaires lacustres. Ce sont eux qui sont exploités par les carrières de Champigny.

- le Miocène. L'Helvétien est représenté par les faluns qui s'étendent en affleurements discontinus de Doué-la-Fontaine à la région de Thouarcé. Cette formation, tantôt compacte (carrières de pierre de taille, habitations troglodytes), tantôt friable (carrières de matériaux de viabilité),

est formée de calcaires construits par des algues et des bryozoaires et contient de nombreux fossiles. Elle est intensivement exploitée à Doué-la-Fontaine, Ambillou-Chateau et Noyant-la-Plaine et a fait l'objet d'une étude financée par la Taxe Parafiscale sur les Granulats.

Dans la partie occidentale de la région (feuille de Thouarcé) se distingue un faciès particulier, où les faluns sont surmontés d'un niveau de graves à galets quartzeux de 2 m environ d'épaisseur. Ce faciès s'observe en particulier à la carrière de la Touche, près de Souigné.

- Le Pliocène (Sables et Gravieres de l'Anjou) est constitué de sables et graviers quartzeux, parfois agglomérés par un ciment ferrugineux.

1.3 - QUATERNAIRE

- Les limons des plateaux forment un placage peu épais qui recouvre la plupart des zones situées à une altitude de 60 à 80 m dans la partie occidentale de la région, 90 m dans sa partie orientale. Fins, sablo-argileux, ils peuvent présenter à la base un cailloutis de quartz, silex, grès ...

- Les alluvions diverses, anciennes, récentes ou modernes, sont très variées. Elles sont sableuses, sablo-argileuses, limoneuses, parfois tourbeuses. Les alluvions de la vallée de la Loire étant exclues de l'étude, les deux principales zones d'affleurement de ces formations sont la vallée du Layon dans la partie Sud-Ouest de la région et celles du Thouet et de la Dive, à l'Est.

2 - IDENTIFICATION DES ZONES FAVORABLES

Nous avons évoqué précédemment les critères sur lesquels nous nous sommes fondé pour procéder à la sélection des secteurs jugés favorables. Ces critères ont guidé tout d'abord l'élimination des zones où, pour une raison ou une autre l'exploitation des ressources du sous-sol paraissait ne pas pouvoir s'envisager avec une probabilité suffisante. Par la suite ils ont présidé, dans les zones restantes, aux choix des secteurs qui seront décrits plus loin. Dans ce chapitre, nous exposerons la nature de ces critères et les raisons pour lesquelles nous les avons retenus ; aux chapitres suivants nous traiterons avec quelque détail de leur mise en oeuvre au cours de l'étude.

2.1 - NATURE ET QUALITE DES MATERIAUX

L'existence de matériaux pouvant présenter un intérêt technique véritable est bien entendu la première condition à retenir. La recherche documentaire a été de première importance. L'examen des photos aériennes a, au sein des formations retenues, permis de préciser les zones où il convenait plus particulièrement de faire porter l'examen. La reconnaissance de terrain a permis de préciser et de vérifier les informations ainsi obtenues.

2.2 - OCCUPATION DES SOLS

Le principal obstacle à l'ouverture des carrières, dans la région qui nous occupe, vient des modes d'occupation des sols. Si l'exploitation du sol par des prés ou des cultures ordinaires (céréales) ne constituent pas un empêchement à l'ouverture d'exploitations, il n'en va pas de même des cultures riches, et plus particulièrement des vignobles, surtout dans la zone d'appellation contrôlée Saumur-Champigny. Par ailleurs une bonne partie de la

région est couverte de bois, dont la qualité est certes irrégulière, mais dans l'ensemble assez bonne pour qu'ils soient protégés et que la possibilité d'y obtenir des autorisations de défrichement y soit très aléatoire. Là encore l'étude des documents (cartes topographiques de l'IGN en particulier), l'examen des photos aériennes et la reconnaissance de terrain ont été mis en oeuvre pour traiter de ces problèmes.

2.3 - CONTRAINTES TECHNIQUES

Les considérations liées à la plus ou moins grande facilité d'exploitation, à la localisation des gisements par rapport aux principaux centres de consommation, aux conditions, aux exploitations, ont également retenu notre attention. L'examen des documents et des photos aériennes a fourni des renseignements sur ces questions. L'étude de terrain les a précisés et a par ailleurs donné des informations sur l'existence éventuelle d'une couverture de morts-terrains.

2.4 - CONTRAINTES REGLEMENTAIRES

On se souviendra de ce que la prise en compte des contraintes réglementaires, et plus particulièrement de celles relatives aux dispositions des documents d'urbanisme, n'était pas au programme de la première phase des travaux. Aussi bien, d'ailleurs, savons-nous que ces dispositions sont particulièrement restrictives dans le Maine-et-Loire. Leur prise en considération nous aurait ainsi conduit à n'étudier que le territoire des communes non dotées de Plan d'Occupation des Sols, ce qui n'était évidemment pas dans l'esprit de l'étude.

3 - NATURE ET QUALITE DES MATERIAUX

3.1 - RECHERCHE DOCUMENTAIRE

La recherche documentaire nous a conduit à retenir comme formations intéressantes a priori :

- le Cénomaniens de base, homologue des graviers de Longué-Jumelles, et décrit comme eux comme sablo-graveleux. Par contre le Cénomaniens moyen est le plus souvent décrit dans la littérature comme fortement argileux, avec des passées sableuses de faible amplitude, ne permettant pas d'en envisager l'exploitation.

Le Cénomaniens de base est connu pour affleurer dans l'Ouest de la région étudiée, aux environs de Brissac-Quincé et Notre-Dame-d'Allençon. La carte géologique au 1/50 000, feuille de Saumur en signale encore un affleurement à l'étang de Launay (Louresse-Rocheminier). Il n'est connu ailleurs que par sondages (25 m de profondeur à St Just-s/Dive et au Coudray-Macouard, 92 m à Varrains).

- le Sénonien, tant en ce qui concerne sa base relativement grossière que sa partie médiane constituée de sables fins sur de grandes épaisseurs.

Nous avons pu disposer, au sujet de ces terrains, de données techniques recueillies à l'occasion de l'étude d'un site de décharge pour la ville de Saumur. Sur quatre forages exécutés sur le site dit des Marigrôlles, trois ont traversé les sables sénoniens sur 20 m environ. Les matériaux sont très irréguliers en qualité, avec des passées propres alternant avec des niveaux nettement plus argileux. Les teneurs en fines inférieures à 80 microns sont toujours assez fortes, de 7 à 27 % sur les échantillons analysés.

- les formations alluviales anciennes, en dépit du fait que peu de documents s'y rapportent et que la description qui en est faite laisse à penser que l'épaisseur en est généralement faible.

Moins intéressants, mais méritant cependant un examen :

- les formations tertiaires diverses, Bartonien sablo-gréseux, Halvétien (faluns graveleux) et Pliocène graveleux.

- le Turonien terminal sableux et glauconieux.

3.2 - EXAMEN DES PHOTOS AERIENNES

L'examen des photos aériennes a apporté des éléments d'appréciation très intéressants, mais a également laissé subsister un certain nombre de problèmes.

Le Cénomaniens de base, qui affleure essentiellement dans la région de Brissac-Quincé, présente des formes de relief assez vigoureuses, nettement plus en tous cas que dans les régions du Cénomaniens moyen. Il forme ainsi des buttes larges, au sommet aplati, limitées par des vallées de ruisseaux. Les pentes, à partir des vallées, sont fortes, alors que dans le Cénomaniens moyen, elles sont beaucoup plus molles (1 % contre 3 %). Le meilleur exemple qu'on puisse en donner se situe dans le voisinage de Notre-Dame-d'Alençon, en particulier le long de la D 748 (mission Vallet-Saumur, 1976, photo n° 58). Mais vers le Sud de la même localité, les choses sont bien moins nettes et les limites de la formation sont plus difficiles à cerner. L'impression qu'on en retire est que la formation s'ennoie sous le Cénomaniens moyen, à moins qu'il ne s'agisse d'un changement de faciès progressif.

En ce qui concerne le Sénonien, il est généralement assez facile d'en reconnaître la base. Il forme, surtout dans les limites de la feuille topographique de Saumur, un vaste plateau dominant nettement la plaine cénomaniens. L'escarpement qui le limite, ainsi que ceux dus aux entailles des vallées qui le traversent, est causé par la présence, à la base du Sénonien, du Turonien calcaire

(craie tuffeau) qui forme localement des falaises. Cette forme de relief est nettement visible en divers points : Grézillé (mission Vallet-Chinon, 1959, photo n° 429), Milly-le-Maugon (photo n° 267), Meigné et les Ulmes (photos n° 104 à 106),... ainsi que tout le long de la vallée de la Loire. En d'autres points les choses manquent de netteté et la continuité entre des points aussi évidents que les Ulmes (photo n° 104) et Rou (photo n° 218) n'apparaît pas clairement ; c'est ainsi encore qu'en partant de Distré, en direction de Bagneux (photo n° 220), le passage du Turonien au Sénonien ne se distingue pas avec certitude.

Le sommet du Sénonien, et sa transition avec sa couverture tertiaire, ne se marquent pas nettement. Si, par exemple, à Milly-le-Maugon la falaise turonienne est d'une extrême évidence, en allant vers l'Ouest, par contre, le passage au Bartonien ne se marque par aucune rupture de pente sensible avant qu'on atteigne la forêt domaniale. Ceci est sans doute imputable à ce que les caractéristiques mécaniques des deux terrains sont assez voisines (le Bartonien sablo-gréseux est classiquement considéré comme résultant du remaniement des dépôts sableux sénoniens). La possibilité de glissements superficiels de terrains relativement meubles est également un facteur d'oblitération des transitions.

Les diverses formations alluviales se marquent de façon très variable. Certaines terrasses sont très évidentes. A Artannes-s/Thouet, par exemple, la limite entre la basse terrasse, sur laquelle sont érigés Artannes et Rocheville et la très basse terrasse qui la borde le long du Thouet est très nette (mission Vallet-Chinon, photo n° 100). Mais vers l'Ouest la transition entre la basse terrasse et le Turonien de la région du Coudray-Macouard est indiscernable. A la Butte des Champs Poulard, au Sud de Bron (photo n° 60), les limites Nord et Sud de la Basse terrasse sont nettes, sa limite Ouest beaucoup moins.

De la même façon le passage des alluvions modernes aux alluvions récentes, entre Thouet et Dive, est tantôt marqué, comme à l'Ouest de Mollay (photo n° 61), tantôt flou (entre Mollay et St Just-s/Dive). D'une façon analogue encore les terrasses alluviales du Layon (région de St Georges-s/Layon, Faveraye-Machelles, Thouarcé) ont des limites nettes vers la rivière mais non à l'opposé (mission Vallet-Saumur, photos n° 116 à 121).

Les autres terrains dont nous avons estimé qu'ils méritaient l'examen, sont plus difficiles à situer et à distinguer sur photos aériennes. Le Turonien terminal sableux est indiscernable des sables sénoniens sus-jacents. La limite nette est le toit du tuffeau et nous ne saurions être positif au sujet de ce qui le surmonte. Les faluns helvétiques graveleux ne présentent que rarement un aspect qui permette de les différencier. On est porté à penser que des variations dans la teneur en graviers est responsable d'une plus ou moins grande résistance à l'érosion de ce type de terrains. Quant au Pliocène, son peu d'extension et sa localisation dans des zones où affleure le socle en rendent la reconnaissance photogéologique assez illusoire. Ce n'est qu'au Sud de Doué-la-Fontaine qu'il connaît une certaine extension et, là, la morphologie paraît plutôt commandée par la présence des terrains de socle qu'il recouvre (mission Vallet-Chinon, photos 51 à 54).

3.3 - OBSERVATIONS DE TERRAIN

Les observations de terrain ont le plus souvent confirmé, généralement précisé et parfois nuancé les résultats des études précédentes. Elles ont permis l'examen des affleurements des formations qui nous intéressent. Ces affleurements sont souvent constitués par les fronts des carrières anciennes ou actuelles, ainsi que par les talus de routes.

Le Cénomaniens de base est plus varié et plus irrégulier qu'il apparaît à la lecture des documents qui en traitent. Fréquemment graveleux, il peut être exclusivement sableux ou sablo-argileux. De ce fait les secteurs paraissant présenter de l'intérêt sont loin de représenter la totalité de la superficie rapportée à cette formation.

Les carrières qui l'exploitent dans la région des Alleuds et de Notre Dame d'Alençon (carrières de la Promenade et de l'Echasserie, carrière des Pichelots) montrent des fronts de 4 à 6 m de hauteur. Les matériaux sont des graves sableuses, généralement assez propres, avec des graviers pouvant atteindre jusqu'à 5 cm. La stratification oblique montre des passées fortement graveleuses alternant avec des couches presque exclusivement sableuses, et parfois de minces niveaux argileux. A la base on trouve localement (carrière des Pichelots) des blocs décimétriques de roches variées ainsi qu'une passée

d'argile à végétaux (renseignement oral de l'exploitant). Le bed-rock primaire, schisteux, est visible en divers points de la carrière des Pichelots et de celle de l'Echasserie. Son profil est irrégulier, mais, semble-t-il, sans occasionner de surépaisseurs importantes. Cette formation graveleuse, qui se retrouve encore au village des Sablons et en divers autres points de la zone (talus de routes, labours) paraît assez localisée. En effet le lotissement des Vigneaux, au Nord immédiat de Notre Dame d'Alençon ne montre que des sables plus ou moins argileux. Les graviers semblent disparaître au Sud-Est du village des Sablons.

Les graves sont fréquemment d'une couleur brune à rouille en raison de la présence d'oxydes de fer. Localement ceux-ci cimentent la formation en formant un grès ferrugineux (roussard) qui peut gêner l'exploitation. Il se présente en blocs de taille variée (10 à 50 cm en moyenne) que l'on est obligé d'éliminer. Ils sont très visibles à la carrière de l'Echasserie, mais sont également très nets à la Promenade et aux Pichelots.

Nous avons pu recueillir une analyse granulométrique des matériaux de la carrière des Pichelots. Vu l'hétérogénéité de ces graves, nous ne pouvons juger de la représentativité de cette analyse. Il s'agit de graves assez propres. La teneur en fines inférieures à 80 microns est de l'ordre de 5 %. Le grain maximal dépasse 3 cm et la médiane se situe légèrement en-dessous de 2 mm.

Le Sénonien se présente sous deux faciès. Le premier qui, selon les documents que nous avons consultés, représenterait le Sénonien de base a été observé à la carrière ouverte en bordure de la D 205, à l'Ouest de Champigny. Il s'agit de sables relativement grossiers, contenant dans leur partie supérieure quelques gravillons ferrugineux et de nombreux débris de coquillages. Le même faciès s'observe encore à la carrière exploitée par TPPL au bord de la D 145, entre Champigny et Fontevraud. Les sables sont extraits sur une hauteur d'une dizaine de mètres. Légèrement argileux dans leur partie supérieure, ils sont très propres à la base. L'épaisseur des sables au droit de la carrière serait de l'ordre de 30 m au maximum.

Le faciès le plus fréquent, et en particulier le seul observé à l'Ouest du Thouet, est celui de sables extrêmement fins ("farine"). Il forme un talus de près de 6 m de haut le long de la D 69 à environ 1 km au Sud de Milly-le-Meugon. Au Ragot, toujours le long de la D 69, mais à 1200 m au Nord de Milly, les mêmes sables forment un talus d'environ 5 m. On observe là des passées gréseuses, peu importantes, mais néanmoins susceptibles de provoquer une pollution du sable. Dans le bourg de Meigné un affleurement de sables très fins nous paraît encore appartenir au Sénonien. A Varrains, siège d'une ancienne exploitation, des fronts de taille de près de 10 m montrent les mêmes sables, avec localement quelques gravillons et des débris de coquillages qui les apparentent dans une certaine mesure aux sables de Champigny. Enfin en de nombreux autres points (Grezille, Sud de Gennes, Sud-Ouest de Chenehutte, alentours de Marson et de Verrie, talus de la D 214 aux environs de Launay,...) les mêmes sables peuvent être observés.

Le Pliocène ne montre que des développements de très faible importance, à l'exception du plateau situé au Sud de Doué la Fontaine, en rive gauche du ruisseau de Court-s'il-Pleut. Les vastes superficies de terrains rapportés au Pliocène par la carte géologique au 1/80 000, feuille de Saumur dans la région de Thouarcé et de Notre Dame d'Alençon sont en fait à rattacher au Cénomanién basal ou aux limons des plateaux.

4 - OCCUPATION DES SOLS

Rappelons que nous avons considéré que les deux types principaux d'occupation des sols qui paraissent les plus défavorables à l'ouverture de carrières sont les vignobles et les bois. Il va de soi que les zones construites (agglomérations ou habitat rural relativement dense) doivent également être exclues.

Il nous est apparu que la meilleure source d'information de ce point de vue résidait dans les cartes topographiques de l'IGN. Ces cartes indiquent en effet avec précision et les zones plantées de vignes et les boisements, ainsi que les habitations. L'examen des photographies aériennes, où les mêmes données se distinguent fort bien, n'ont rien apporté de substantiel par rapport aux cartes. Par contre les observations de terrain nous ont permis, dans une certaine mesure, de nuancer les premières conclusions.

Si en effet on appliquait mécaniquement les critères que nous avons définis, il ne subsisterait pratiquement aucun secteur à étudier. Rares sont les zones où il n'existe pas au moins une parcelle de vigne, ou une maison isolée. Dans la région sénonienne les défrichements intéressent essentiellement les zones où une couverture de limons permet les cultures. Sur les sables les sols sont trop pauvres et ce sont eux qui portent les bois.

Il nous a paru ainsi judicieux de distinguer les régions où les vignes sont denses (Saumurois pour l'essentiel) de celles où elles sont nettement plus clairsemées et pour ainsi dire marginales. C'est par exemple le cas dans le Sud de la région sénonienne aux environs de Forges et de Meigné. Dans le premier cas nous avons considéré que la maîtrise des sols ne pourrait s'obtenir et que les oppositions à l'ouverture de carrières serait irréductible. Dans le second nous avons estimé que les contraintes pourraient être moins rigoureuses.

Enfin si l'existence dans un secteur donné d'habitations plus ou moins groupées nous a paru constituer une contrainte irréductible, nous n'avons pas cru devoir considérer de la même façon une maison isolée. Nous illustrerons ce propos en comparant le secteur cénomannien proche de Vauchrétien où sur une cinquantaine d'hectares se rencontrent plus de six habitations, et que nous avons exclus de l'étude, et le secteur sénonien de la Brazonnerie, près de Cunault où la présence de deux habitations ne nous a pas paru absolument redhibitoire (encore que nous soyions conscient qu'elle constitue un inconvénient).

5 - CONTRAINTES TECHNIQUES

Les facteurs que nous avons pris en considération au titre des contraintes techniques sont de plusieurs ordres.

En premier lieu nous avons considéré la distance séparant les secteurs à retenir des principaux centres de consommation. Il est évident que ce facteur conditionne les frais de transport des matériaux et donc le coût de ceux-ci rendus aux lieux d'utilisation. A cet égard nous avons retenu trois centres principaux : l'agglomération d'Angers, celle de Saumur et des communes associées et enfin Doué-la-Fontaine.

Le second facteur à prendre en compte concerne les facilités d'accès aux sites et d'évacuation des matériaux extraits. L'état des routes, leur importance relative, leur tracé et leur profil ont fait l'objet d'un examen, d'abord à partir des documents cartographiques, puis sur le terrain. Il est en effet évident que l'accès et le transport seront plus faciles par une route principale telle que la D 748 ou la D 761 que par une route secondaire, étroite et sinueuse comme la D 214.

La morphologie des terrains est également à considérer. Ce facteur joue assez peu en ce qui concerne le Cénomaniens ou les formations alluviales, d'une épaisseur relativement faible. Par contre si l'on désire pouvoir exploiter des sables sénoniens sur une grande hauteur, un site en butte présente à l'évidence un caractère favorable.

La présence d'une couverture tertiaire de quelque épaisseur a été considérée comme un élément défavorable à une mise en exploitation du Sénonien. Nous avons en effet observé localement la présence de blocs de grès durs de plusieurs mètres cubes (lieudit Les Forges, en bordure de la D 69, au Sud de Gennes, par exemple) dont la découverte augmenterait le coût de préparation de l'exploitation.

Ces différents facteurs doivent être considérés et modulés en fonction de la puissance du gisement et de la valeur économique du matériau.

Numéro de secteur	Dénomination	Formation	Matériau		Exploitation	Superficie (ha)	Occupation des sols	Routes	Observations	Evaluation
			nature	épaisseur (m) (1)						
1	La Belle Etoile	Cénomarien de base	sable-gravier	1,50	néant	15	céréales quelques vignes	D 748 D 761	Secteur exigu. Bien situé, routes de 1° catégorie	intéressant
2	La Brulée	-id-	-id-	5 à 6	La Promenade	25	céréales	D 748	Bien situé, route de 1° catégorie	très intéressant
3	Les Pichelots	-id-	-id-	5 à 6	Les Pichelots	40	céréales quelques vignes	D 748	Bien situé, route de 1° catégorie	très intéressant
4	Les Grimauderies	-id-	-id-	?	néant	40	céréales	D 90	Route de 2° catégorie, traversée de localités pour l'évacuation	intéressant
5	Etang de Launay	-id-	-id-	3 à 4	Villevert	10	céréales un petit bois	D 83	Bien situé (Doué à 5 km), route de 2° catégorie. Secteur exigu	moyennement intéressant
6	Sarreau	Sénonien moyen	sable fin	?	néant	35	céréales quelques boisements	D 69 D 70	Bien situé (Genne à 3 km), route de 2° catégorie	intéressant
7	La Brazonnière	-id-	-id-	?	néant	25	céréales 2 habitations	D 213	Bien situé, route de 2° catégorie, mais présence d'habitations	très intéressant
8	Milly le Meugon	-id-	-id-	4 à 5	néant	50	céréales prés	D 69	Assez écarté. route de 2° catégorie. Traversée de Milly-le-Meugon	intéressant
9	Launay	-id-	-id-	10	néant	40	céréales prés	D 214	Bien situé (Chenehutte à 3 km). route de 2° catégorie. site en butte	intéressant
10	La Tour de Menives	-id-	-id-	10	carrière de sablons disparue	55	céréales prés	D 161	Bien situé (Saumur : St Hilaire à km). route de 1° catégorie. site en butte	très intéressant
11	Forges	-id-	?	10	néant	40	céréales quelques vignes	D 163	Bien situé (Doué à 4,5 km). qualité des matériaux non reconnue. site en butte	?
12	La Millette	Alluvions du Layon	?	?	néant	85	céréales prés	D 84	La seule terrasse du Layon non plantée de vignes. route de 2° catégorie	?
13	Brossay	Alluvions anciennes du Thouet	?	?	très ancienne carrière	80	céréales, prés quelques vergers	D 761	Bien situé (Doué à 5 km). qualité des matériaux non reconnue	?
14	Les Champs Poulard	-id-	?		néant	50	quelques vignes	N 138	Route de 1° catégorie. qualité des matériaux non reconnue	?
15	Vallée du Thouet	Alluvions récentes du Thouet	?	?	néant	300	quelques vignes	D 160 D 178	Secteur très étendu. ancienne exploitation en Deux-Sèvres. traversée du Coudray-Macouard pour rejoindre la N 138	?

(1) Il s'agit d'épaisseurs reconnues en carrières, sur affleurements ou estimées d'après la topographie.

6 - SECTEURS SELECTIONNES

Le tableau ci-contre récapitule quelques indications sur les zones de matériaux "POSSIBLE" qui font l'objet de la série des cartes n° 1 à 10. Il faut bien retenir que la localisation de ces zones est strictement indicative : la définition d'un "gisement exploitable" nécessitera toujours une reconnaissance spécifique par sondages et essais géotechniques qui ne pourra être engagée qu'en fonction des contraintes foncières et réglementaires.

6.1 - CENOMANIEN DE BASE (voir les cartes 1 et 2)

Les secteurs retenus se situent essentiellement dans la partie Nord de la zone de Brissac-Quincé à Notre-Dame-d'Allençon. Nous avons exclu le secteur de la carrière de l'Echasserie en raison de son environnement boisé et celui de l'ancienne sablière des Sablons du fait de la présence de l'agglomération et de son peu d'étendue reconnue. L'extension du Cénomanién que nous avons figurée a été modifiée vers le Sud par rapport à celle de la Carte Géologique pour tenir compte des variations de faciès observées. L'affleurement du talus de la D 748 au Sud de son carrefour avec la D 24 est de trop peu d'étendue pour que nous puissions en tenir compte. Les autres zones (environs de Brissac et de Vauchrézien, Forêt de Brissac) ont été éliminées en raison de l'occupation des sols.

Le secteur de la Belle Etoile présente l'avantage d'être le mieux situé par rapport à Brissac et Angers, et d'être desservi par deux routes de première catégorie. La présence de graviers dans les talus de route et dans les champs est une indication favorable, mais l'épaisseur de la formation est inconnue.

Le secteur de la Brulée, desservi par la D 748 qui le borde, montre, à la carrière de la Promenade, une épaisseur de sables et graviers de 5 à 6 m. Les matériaux sont assez propres. Actuellement ils trouvent leur emploi en remblais et en voirie rurale.

Le secteur des Pichelots est exploité par la carrière du même nom. Des exploitations limitées y ont été faites, il y a plus de 25 ans. L'épaisseur de la couche est de 5 à 6 m sur un substratum schisteux qui affleure au fond de la carrière. Il s'agit de graves semblables à celles de la Promenade et dont l'emploi est le même. Là encore le traitement qu'il serait nécessaire de leur faire subir pour les usages nobles impliquerait des investissements assez importants. Un inconvénient vient de la présence de roussards friables, peu développés, mais qui contamineraient le produit traité.

Le secteur des Grimauderies présente des graviers dans les talus de route et dans les champs, mais aucune excavation n'a pu nous renseigner sur leur épaisseur.

Dans une autre région, le secteur de l'Etang de Launay est exploité par la petite carrière de Villevert qui montre 3 à 4 m de matériaux similaires à ceux décrits précédemment. Ce secteur est bien situé par rapport à Doué-la-Fontaine, mais il est exigu.

6.2 - SENONIEN MOYEN (voir cartes 3 à 7)

Il est malaisé de définir, dans le Sénonien, des secteurs de quelque étendue qui ne présentent pas quelque inconvénient d'une nature ou d'une autre. Ceci tient surtout aux modalités d'occupation des sols. Les sables portent des sols pauvres favorables au boisement, tandis que les zones défrichées intéressent surtout les formations de couverture, Bartonien calcaire et limons des plateaux.

Nous avons exclus la région des exploitations proches de Champigny, soit en raison de l'occupation des sols (bois) et de la présence d'une couverture tertiaire, soit parce que l'exploitation en est déjà en cours (carrière TPPL). A Varrains, siège d'une ancienne carrière, et bien situé par rapport à Saumur, il paraît difficile de reprendre l'exploitation, en raison de l'environnement urbain.

Enfin, nous n'avons pas retenu certains secteurs qui pourraient présenter quelque intérêt soit en raison de la morphologie, soit du fait de leur

peu d'étendue. C'est par exemple le cas de la zone située au Sud de la D 161, entre Milly et Verrie, à la hauteur des lieudits Beaucheron et Clermont. Cette zone est plate, sinon même en légère dépression, et donc topographiquement assez peu favorable.

Le secteur de Bessé est bien situé, de part et d'autre de la D 751, à une distance raisonnable d'Angers. Il présente l'inconvénient d'une topographie très douce. Les matériaux n'ont pu être observés et nous en ignorons la qualité et l'épaisseur.

Le secteur de Sarreau est situé à proximité de Gennes et de la Loire. Il est desservi par deux routes d'assez bonnes caractéristiques, mais à rejoindre par une voie secondaire. Il présente une morphologie assez favorable. Il supporte quelques boisements.

Le secteur de la Brazonnerie est bien situé et desservi par une route de bonne qualité. Son principal inconvénient vient de la présence de deux habitations, la Brazonnerie et la Verronnerie.

Le secteur de Milly-le-Meugon montre un magnifique affleurement, de 4 à 5 m. Il est desservi par une bonne route, mais l'évacuation des matériaux implique la traversée de l'agglomération. Il est relativement éloigné des centres de consommation. Sa morphologie en butte est favorable à l'exploitation.

Le secteur de Launay est desservi par une route de qualité médiocre, étroite et sinueuse. Il montre de beaux affleurements et sa morphologie en butte accentuée (plus de 25 m de dénivelée) est très favorable.

Le secteur de la Tour de Menives est sans doute celui qui paraît le plus intéressant a priori. Très bien situé par rapport à l'agglomération saumuroise, il est desservi par une route de bonne qualité. Sa morphologie en butte avec une douzaine de mètres de dénivellée est favorable à l'exploitation. Il a l'inconvénient de porter un réservoir du Service des Eaux du district de Saumur.

Le secteur de Forges est bien situé par rapport à Doué-la-Fontaine, mais l'évacuation des matériaux devrait se faire par une voie secondaire. C'est encore un site en butte, mais la qualité des matériaux n'a pas été reconnue et reste douteuse.

6.3 - FORMATIONS ALLUVIALES (voir cartes 7 à 10)

La délimitation des zones favorables est rendue délicate par l'absence d'indications précises sur la qualité de ces matériaux. Plusieurs secteurs ont été éliminés d'office par la présence de vignes. La terrasse d'Artannes-sur-Thouet, qui présente de beaux graviers en surface, paraît d'une épaisseur très faible (tuffeau sub-affleurant à Rocheville).

Le secteur de la Millette (St Georges-s/Layon) est pratiquement le seul de quelque étendue qui ne soit pas planté de vignes dans la vallée du Layon. Il est vaste mais desservi par des voies secondaires. Le sol superficiel sablo-argileux, ne renseigne pas sur la qualité des matériaux.

Le secteur de Brossay est bien situé par rapport à Doué-la-Fontaine et desservi par une route excellente. Il présente une très ancienne carrière dont les flancs, éboulés, ne montrent pas le matériau extrait. Là encore les terres sablo-argileuses ne fournissent aucun renseignement précis.

Le secteur de la Butte des Champs Poulard est bien situé par rapport à la N 138. Il présente unedénivellée d'une dizaine ou d'une douzaine de mètres, mais nous ignorons si elle correspond à l'épaisseur des alluvions ou si elle est causée par une remontée du substratum cénomaniens. La présence de vignes en diminue l'intérêt.

Le secteur situé entre Thouet et Dive est de très vaste étendue. Les mêmes formations ont autrefois été exploitées à St Martin-de-Sanzay (Deux-Sèvres) par une carrière actuellement réaménagée en espace de détente (La Ballastière). Nous avons considéré ce fait comme un élément positif. Comme inconvénients, il faut citer la présence de quelques vignes et le fait que, pour rejoindre la N 138, il est nécessaire de traverser le Coudray-Macouard.

6.4 - AUTRES TERRAINS

Parmi les autres terrains (Turonien, Tertiaire) seuls les faluns Helvétien peuvent présenter un certain intérêt ; il s'agit d'un calcaire tendre qui peut éventuellement être utilisé après un traitement approprié.

La zone la plus intéressante est celle de Sousigné où la granulométrie du recouvrement sablo-graveleux pourrait être améliorée par le calcaire tendre directement sous-jacent.

Cette possibilité peut être facilement vérifiée par une étude spécifique légère.

L'examen des formations alluviales est en général peu révélateur. Les basses terrasses du Thouet (Artannes, Bron) montrent des terres sableuses et graveleuses. Les graviers sont très irréguliers et très hétérogènes. Localement ils peuvent avoir jusqu'à une dizaine de centimètres. Mais le point le plus important que nous ayons observé est l'extrême minceur de cette formation. Cette terrasse ne paraît donc pas présenter d'intérêt. Incidemment, nous pensons que les difficultés que nous avons rencontrées à son sujet lors de l'examen photo-géologique proviennent de ce qu'elle ne constitue qu'un placage sans épaisseur notable.

Les alluvions récentes d'entre Thouet et Dive ne révèlent rien à l'observation sur place. Ces formations ont toutefois fait l'objet d'une exploitation plus au Sud, à St Martin-de-Sanzay (Deux-Sèvres) où une ancienne carrière a été réaménagée en terrain de loisirs avec plan d'eau, au lieu-dit La Ballastière.

Les terrasses de la vallée du Layon n'offrent pas davantage d'éléments d'information à l'étude sur le terrain. La terre de surface est sablo-argileuse mais aucune excavation n'a été reconnue dans le secteur que nous avons observé.

Le Turonien terminal sableux s'observe bien dans la partie Sud de la région étudiée (environs de Meigné et de Forges). Les talus de routes montrent quelques mètres (2 à 3) de sables moyens verts, fortement glauconieux,

surmontant le tuffeau. Il n'est pas évident que cette formation soit totalement dénuée d'intérêt, mais nous n'avons pas cru devoir la retenir pour une investigation spécifique ultérieure.

Le Bartonien se présente sous la forme de blocs de grès durs à très durs, décimétriques à plurimétriques, emballés ou surmontant des sablons d'altération (ou même les sables sénoniens) ou encore glissés sur les pentes. Non seulement cette formation nous paraît sans intérêt en elle-même, mais encore sa présence nous paraît risquer de gêner considérablement l'exploitation du Sénonien sous-jacent. Nous y reviendrons en traitant des contraintes techniques.

L'Helvétien graveleux est en fait un faciès particulier des faluns que l'on rencontre de Doué-la-Fontaine jusque dans la région de Thouarcé. Localement (carrière de la Touche, près de Sousigné) les graviers sont très abondants dans les 2 à 3 premiers mètres des faluns ; ils forment un véritable conglomérat à ciment calcaire et coquillier. Cette formation est assez cohérente pour que les fronts de taille restent verticaux et en même temps assez friable pour s'exploiter comme un sable grossier et graveleux. En profondeur, elle devient plus compacte et passe à un falun dur sans graviers. Le matériau, à l'instar des faluns exploités dans la région de Doué-la-Fontaine, est utilisé en tout-venant pour la voirie rurale locale. Il pourrait certainement être valorisé et employé à des usages plus nobles. Dans cette optique, cet Helvétien graveleux constitue un matériau intéressant.

7 - PROPOSITION DE TRAVAUX

Les investigations complémentaires par sondages devaient permettre de juger de la valeur des secteurs que nous avons définis précédemment. Un certain nombre d'inconnues subsistaient en effet à ce stade. Elles concernent soit la continuité des formations, en particulier en ce qui concerne le Cénomaniens sablo-graveleux, soit leur épaisseur, soit encore leur nature même, comme dans le cas des alluvions.

Les moyens mis à notre disposition ne permettaient pas d'effectuer ces investigations sur la totalité des secteurs retenus. Le mode de sélection de ceux sur lesquels il convenait de faire porter l'analyse n'était d'ailleurs pas sans poser de problème.

Nous avons retenu le programme suivant :

- Cénomaniens : complément d'information sur le secteur de la Brulée (très intéressant), celui des Pichelots étant assez bien connu du fait des observations et des renseignements oraux recueillis près de l'exploitant ; reconnaissance rapide du secteur de la Belle Etoile et du secteur de l'Etang de Launay pour lesquels les informations sont nettement insuffisantes.
- Sénonien : reconnaissance de deux secteurs jugés très intéressants (la Brazonnerie et la Tour des Menives), d'un secteur intéressant (celui de Milly-le-Meugon), ainsi que de celui de Forges sur lequel il ne nous est pas possible actuellement de nous prononcer.
- Alluvions : reconnaissance rapide de l'ensemble des secteurs retenus afin de pouvoir porter un jugement sur elles en toute connaissance de cause et de résoudre définitivement ce problème.

- Enfin, compte tenu de ce que nous avons dit des faluns graveleux, nous avons choisi de leur consacrer un sondage. Celui-ci serait implanté au Sud-Ouest de Thouarcé, dans une zone différente de celle de la carrière de la Touche.

Les implantations sont figurées sur les cartes jointes.

Les sondages au Sénonien devraient avoir une profondeur de l'ordre de 20 à 25 m, pour tenir compte de l'épaisseur qui est attribuée à cette formation (une trentaine de mètres d'après la carte géologique au 1/50 000, feuille de Saumur). Dans toutes les autres formations, la profondeur de principe serait de 5 m, avec la possibilité d'un dépassement en cas de sur-épaisseur.

8 - CONCLUSIONS DES TRAVAUX DE PREMIERE PHASE

Un inventaire des matériaux susceptibles de se substituer aux sables et graviers exploités dans le lit mineur de la Loire a été réalisé dans la région Sud du Maine-et-Loire.

Cet inventaire, bien que superficiel, permet de retenir trois formations intéressantes. Ce sont :

- le Cénomaniens de base sablo-graveleux. Son hétérogénéité et sa teneur en argile empêchent qu'il soit utilisé à des usages plus nobles que l'emploi qui en est fait actuellement (recharge des chemins ruraux). Un traitement par lavage et classement granulométrique, permettrait d'élaborer des matériaux à bétons. Il y a là une possibilité de substitution partielle aux sables de Loire.

- le Sénonien inférieur et moyen. Les sables fins du Sénonien sont actuellement exploités dans une seule carrière et utilisés pour construire des remblais, ils pourraient trouver des emplois beaucoup plus diversifiés et ainsi être valorisés par un traitement aux liants hydrauliques.

- les faluns helvétiens, graveleux ou non. Ils sont certainement utilisables après correction granulométrique et traitement aux liants hydrauliques.

Les travaux proposés devraient permettre de mieux cerner l'intérêt des secteurs définis au chapitre précédent, et fournir des éléments d'appréciation quant à l'emploi qui peut être fait des divers matériaux.

SECONDE PARTIE

TRAVAUX DE DEUXIEME PHASE

1 - SONDAGES

1.1 - Mode d'exécution

Le programme de reconnaissance prévoyait la réalisation de 13 sondages aux fins de reconnaître la nature et la qualité des formations à étudier. Ils devaient fournir des renseignements sur l'épaisseur des matériaux utilisables, celle du recouvrement éventuel et permettre le prélèvement d'échantillons aux fins d'analyse et d'essais géotechniques.

Neuf sondages, d'une profondeur théorique de 5 m chacun, étaient destinés à reconnaître les formations alluviales, les dépôts tertiaires et ceux de la base du Cénomaniens. Les quatre autres avaient pour objet la reconnaissance des sables sénoniens, et leur profondeur de principe était de 25 m.

Les sondages ont été effectués à la sondeuse hydraulique TEXOMA 500, équipée de mèches hélicoïdales de 200 mm de diamètre, munies en leur embout d'une tête de forage à dents multiples en carbure de tungstène. En outre, les éboulements des sables sénoniens au sondage n° 2 ont nécessité l'amenée d'une sondeuse VPRH. Cette machine travaille selon le procédé CONCOR, avec train de tiges doubles et remontée des matériaux à l'intérieur des tiges sous l'effet de l'air sous pression injecté dans l'annulaire.

Tous les niveaux ont été systématiquement échantillonnés par passées de 0,50 m maximum ; parallèlement étaient notées les coupes à vue, la vitesse d'avancement, les niveaux d'eau en cours et en fin de forage.

Ultérieurement, au laboratoire, l'examen des échantillons et des documents de chantier ont permis de contrôler et de préciser les coupes à vue établies sur le terrain et de choisir les échantillons destinés aux essais d'identification géotechniques.

1.2 - Implantation

Les implantations ont été choisies au mieux compte tenu d'une part de la valeur supposée des zones à reconnaître et des inconnues à lever et d'autre part des possibilités d'accès et de mise en station de la machine. La carte ci-jointe montre la localisation des divers ouvrages.

1.3 - Résultats

On trouvera en annexe les coupes de sondages. Le tableau ci-dessous résume les renseignements de la campagne de reconnaissance.

<u>N°</u>	<u>Profondeur</u>	<u>Etage ou formation</u>	<u>Nature des terrains</u>	<u>Intérêt</u>
1	8,00	Cénomanién	Sables et graves argileux	bon
2	23,90	Sénonien	Sables fins	bon
3	24,40	Sénonien	Sables fins	assez bon
4	5,00	Terrasse	Sable argileux	
5	20,80	Sénonien	Sable fin argileux	médiocre
6	25,00	Sénonien	Sable fin argileux	
7	5,00	Cénomanién	Sable argileux	
8	5,00	Basse terrasse	Sable argileux	
9	5,00	Basse terrasse	Grave sableuse argileuse	
10	5,00	Basse terrasse	Grave argileuse	
11	5,00	Cénomanién	Argile	
12	1,40	Pliocène	Grave limoneuse	
13	5,40	Helvétien	Faluns sablo-argileux	

De l'examen des coupes de sondages et de celui des matériaux rencontrés il ressort que :

- les formations alluviales et le Pliocène sont d'une qualité médiocre et d'une épaisseur faible.

- le Cénomanién de base, formé de sables et graviers hétérogènes, a une épaisseur très variable, de 4 à 6 m en moyenne, mais qui peut dépasser 8 m (sondage 1)

- les sables fins sénoniens montrent leur maximum d'épaisseur à proximité de la Loire. Ils tendent à s'amincir vers le Sud et l'Ouest en même temps que leur qualité se dégrade (présence d'argile).

2 - ESSAIS DE LABORATOIRE

2.1 - Choix des échantillons

Les échantillons retenus pour analyse l'ont été sur un double critère de qualité et de représentativité. C'est à dire que l'on a cherché à caractériser les meilleurs matériaux rencontrés, mais qu'on n'a pas systématiquement écarté des terrains qui, à l'examen visuel, paraissaient médiocres, dans la mesure où ils permettaient de mieux connaître la formation dont ils provenaient. C'est ainsi, par exemple, que le Cénomaniens moyen, fin et argileux, et a priori dénué d'intérêt, a néanmoins été analysé à partir d'un échantillon pris au sondage 7, et que le Sénonien du Sud (sondage 6), reconnu de qualité médiocre, a fait l'objet de deux analyses de contrôle.

Dix-neuf échantillons ont ainsi fait l'objet d'essais. Quatre représentent le Pliocène et les alluvions du Thouet, quatre le Cénomaniens (dont un le Cénomaniens moyen), neuf les sables sénoniens. En outre les sables turoniens rencontrés au sondage 5 et les calcaires bathoniens altérés trouvés au sondage 10 ont été examinés en vue de définir leurs possibilités éventuelles d'emploi.

Dans un second temps d'autres échantillons, recueillis en carrières, ont encore fait l'objet d'essais, en vue de caractériser des terrains qui n'avaient pas été reconnus directement par sondages. Il s'agit des sables sénoniens exploités par la carrière des TPPL près de Champigny, des faluns de Doué-la-Fontaine, des faluns graveleux proches de Sousigné, ainsi que de deux prélèvements du Cénomaniens basal de la carrière des Pichelots.

2.2 - Essais réalisés

Sur les échantillons proprement sableux de la première série ont été effectuées des analyses granulométriques, des mesures des limites d'Atterberg et de l'équivalent de sable.

Pour la seconde série, outre les granulométries des terrains sablo-graveleux, ont été réalisés, pour les faluns, granulométrie et teneur en carbonates. Un essai de fragmentation dynamique a en outre été effectué sur un échantillon de falun induré.

2.3 - Résultats

On trouvera en annexe les courbes granulométriques et les résultats détaillés des diverses mesures effectuées. Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus.

	<u>étage</u>	<u>matériau</u>	<u>classement</u>	<u>% < 80</u>	<u>% > 2</u>	<u>médiane</u>	<u>LL</u>	<u>IP</u>	<u>ES</u>	<u>%CO₃Ca</u>
S2	Sénonien	sable fin	bon	6	2	0,35			52	
S2	"	"	"	11	0	0,33			44	
S2	"	"	"	4	0	0,21				
S2	"	"	"	4	0	0,22			28	
S3	"	"	"	10	0	0,35			24	
S3	"	"	"	15	0	0,17				
S5	"	"	"	26	0	0,22	36	21		
S6	"	"	"	28	0	0,27	18	6		
S6	"	"	"	12	0	0,18	20	6		
S5	Turonien	"	"	11	0	0,28			25	
S1	Cénomanién	graves	mauvais	14	27	0,90	31	15		
S1	"	"	"	12	16	0,70	41	21		
S1	"	"	"	14	38	1,25	25	11		
S7	"	sable fin		32	0	0,10	36	17		
S12	Pliocène	graves	mauvais	12	51	2,1			24	
S4	"	"	"	32	30	0,3	29	14		
S8	Alluvions	graves	mauvais	24	33	0,7	41	22		
S9	"	"	"	20	33	0,8	25	10		
S10	Bathonien	calcaire altéré		34	31	0,4	34	18		
TPPL	Sénonien	sable fin	bon	0,5	0	0,46				
TPPL	"	"	"	26	0	0,23			24	
TPPL	"	"	"	12	0	0,27			11	
Doué	Helvétien	falun	bon	8	21	1				63
So1	"	"	mauvais	12	62	5,5				75/94
So2	"	"	"	16	63	5,2				68/90
Pil	Cénomanién	graves	mauvais	8	33	0,8	45	24		
Pi2	"	"	"	8	49	2,0	25	4		

N.B. : Les indications <80 et >2 désignent respectivement les pourcentages du matériau inférieur à 80 microns et supérieur à 2 mm.

Le premier échantillon de la carrière TPPL est un sable recueilli au bas du front de taille, matériau exceptionnellement propre. Les deux autres sont des échantillons composites réalisés par prélèvements sur toute la hauteur du front. L'échantillon de faluns de Doué a été prélevé sur le tas de matériau abattu ; ceux de Sousigné (So1 et So2), ainsi que ceux des Pichelots (Pi1 et Pi2) par rainurage sur toute la hauteur des fronts.

Les teneurs en carbonates sont la teneur totale pour l'échantillon de Doué et respectivement la teneur des fractions supérieures et inférieures à 80 μ pour ceux de Sousigné.

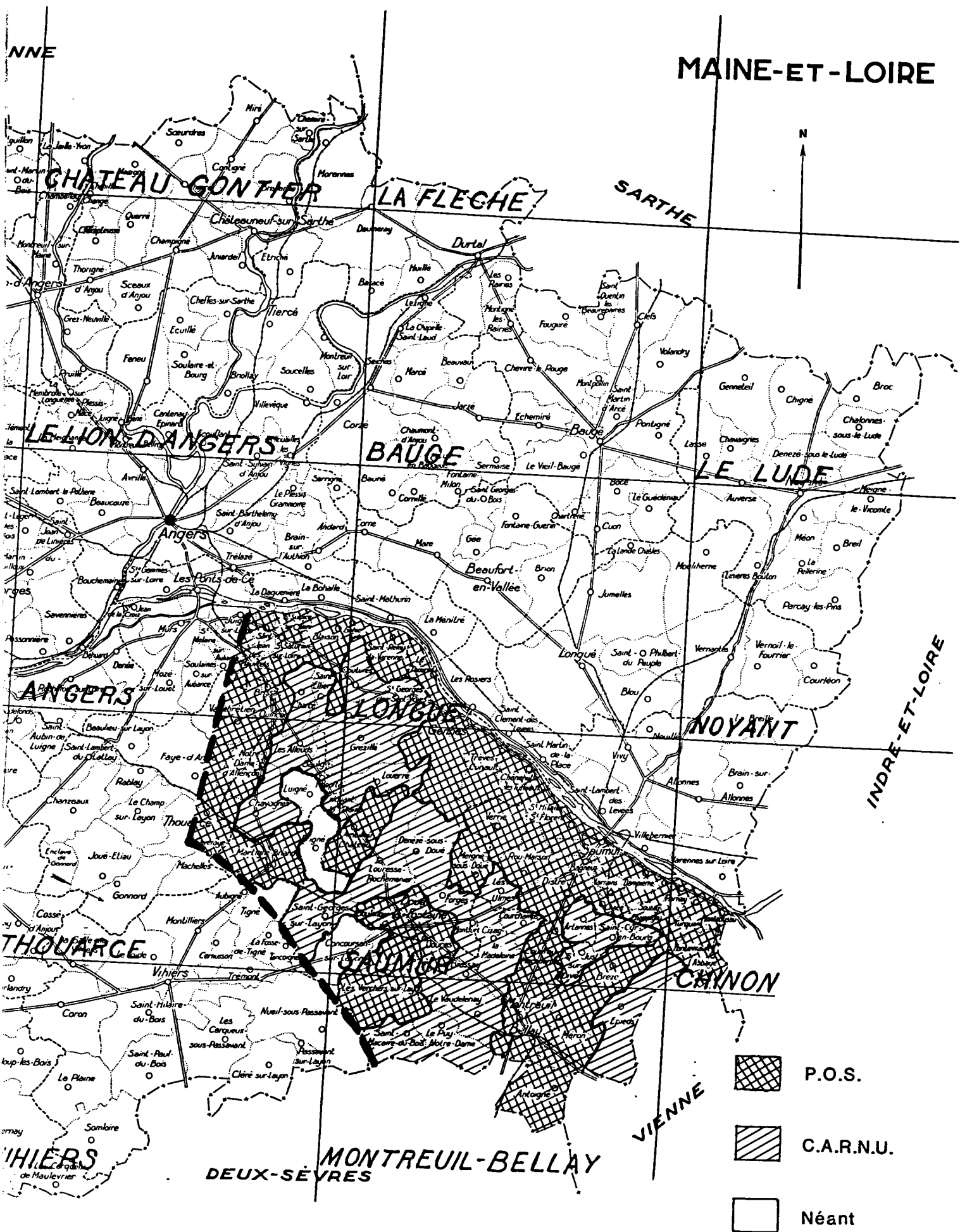
Il apparaît ainsi que :

- les sables sénoniens sont toujours très fins. Le pourcentage d'éléments supérieurs à 2 mm est généralement nul. Dans un seul cas il ne l'est pas, et encore n'est-il que de 2 %. La teneur en fines inférieures à 80 μ y est le plus souvent assez élevée. Sur 12 échantillons, la moyenne en est de 12 à 13 %. Faible à très faible dans les zones assez proches de la Loire (S2, niveaux inférieurs de la carrière TPPL), cette teneur augmente vers le Sud et l'Ouest. Elle devient prohibitive aux sondages S5 et S6. A noter que les niveaux supérieurs de cette formation peuvent être pollués (carrière TPL).

- les sables du Turonien terminal ne se distinguent pratiquement pas, du point de vue géotechnique, de ceux du Sénonien. De fait, à vue, il ne s'en différencie que par la présence d'une teneur importante en glauconie.

- les graves de toutes origines (Cénomaniens de base, Tertiaire, alluvions) ont des teneurs en fines élevées à très élevées. Sur 9 échantillons, la moyenne en est de 16 %. Ceci explique que, en l'absence de traitement, ces matériaux ne puissent être employés qu'en tout-venant à la voirie rurale. Les teneurs en éléments supérieurs à 2 mm en sont également très fortes (moyenne sur les 9 échantillons : 32 %).

COUVERTURE DE LA REGION
PAR LES DOCUMENTS D'URBANISME



 P.O.S.

 C.A.R.N.U.

 Néant

3 - ENQUETE SUR LES CONTRAINTES REGLEMENTAIRES

La majeure partie de la région d'étude est couverte par des documents d'urbanisme. Seules les communes de Louerre et Brigné, ainsi que Tigné et Concourson-s/-Layon, plus marginales, en sont actuellement dépourvues. Par ailleurs, pour les Verchers-s/-Layon, la procédure d'établissement du P.O.S. est interrompue, à la date de rédaction de ce rapport.

Pour le reste de la région, elle se partage a peu près pour moitié en communes dotées d'un P.O.S. et en communes couvertes par un C.A.R.N.U., moins contraignant que le précédent. La carte montre l'état de la couverture par les documents d'urbanisme.

La politique générale suivie lors de l'établissement des P.O.S. a été de "geler" la situation préexistante, en définissant des secteurs Ncb, où l'ouverture et l'exploitation des carrières sont autorisées, là où il existait déjà des exploitations. Au mieux leur a-t-on prévu une légère possibilité d'extension. Partout ailleurs, le régime général est celui d'une interdiction des activités sans rapport avec l'agriculture, ce qui élimine naturellement la possibilité d'ouverture de carrières.

Il y a là, à n'en pas douter, un sérieux obstacle à la mise en valeur des matériaux du sous-sol. Tout projet d'ouverture éventuelle d'une carrière dans la région étudiée devra considérer avant toutes choses ce préalable, et rechercher si une modification des dispositions du règlement du P.O.S. est concevable.

Les communes où il existe un secteur Ncb sont les suivantes :

- Ambillou-Château : zone des faluns
- Doué-la-Fontaine : zone des faluns
- Notre-Dame d'Allençon : petite partie du secteur de la Brulée correspondant à l'emprise de la carrière de la Promenade (par contre les Alleuds, où se trouve la carrière des Pichelots, n'a pas de P.O.S.)
- Parnay : Bois du Poteau de Laray. En outre en Zone ND est tolérée l'extraction de tuffeau en souterrain et un secteur NDs tolère celle de sables de Loire
- Souzay-Champigny : zones des carrières de calcaires éocène. Pas de secteur analogue pour la carrière de sables sénoniens à l'Ouest de la localité. Ceci montre que des accommodements peuvent être envisagés.

- Turquant : zone d'extraction de tuffeau. En outre un sous-secteur NDsh permet l'extraction de sables de Loire
- Varrains : autour de l'ancienne carrière de la Rénèzé
- Vauchrézien : petit secteur NCB à la Briderie
- A St-Rémy-la-Varenne, sont soumises à conditions spéciales l'exploitation et l'extension des carrières existantes, sous réserve d'une étude spécifique de l'environnement, ceci en zone NC ; et en ND les installations d'extraction de granulats (sables de Loire).

Deux communes, toutefois, se distinguent. Ce sont Rou-Marson et Saumur :

- Rou-Marson : en zone NC "L'ouverture et l'exploitation de carrières sont "autorisées dans le respect de la réglementation en vigueur, notamment du "Code Minier et des procédures s'y rattachant (étude d'impact) et avec "obligation après exploitation d'une remise en état des terrains à des fins "agricoles."
- Saumur : dans toutes les zones naturelles, NA, NE, NC, ND, sont autorisées "l'ouverture et l'exploitation de carrières, sous réserve d'une étude d'environnement approuvée par le Conseil Municipal, le Directeur Départemental "de l'Équipement et l'Architecte des Sites, et du respect de la réglementation "en vigueur". Il s'y ajoute, pour ce qui est de la zone ND "sous réserve de "leur intégration au site et à l'environnement".

Il ne faudrait pas pour autant penser que ces dispositions sont exceptionnellement généreuses, de nombreuses autres contraintes pesant sur le territoire de ces deux communes.

Dans l'ensemble, donc, l'idée d'ouverture de carrières est plutôt mal reçue dans la région. Il semble en fait que les autorités locales, soucieuses à juste titre de préserver et les activités traditionnelles (viticulture notamment) et l'agrément des paysages, craignent que l'exploitation du sous-sol soit un facteur de leur dégradation. De fait, il faut bien le reconnaître les exploitations existantes ont un aspect rarement séduisant. Un effort est fait dans les carrières les plus récentes, mais les sablières anciennes, non réaménagées, où d'exploitation intermittente ne sont pas faites pour calmer les appréhensions.

Au cas où on envisagerait une ouverture de carrière, il serait nécessaire de négocier une modification des dispositions du Plan d'Occupation des Sols, et ceci ne pourrait se faire que sur la base d'un projet bien étudié, combinant une exploitation respectueuse de l'environnement et une remise en état ultérieure conforme à la vocation traditionnelle du site, et assorti de garanties sérieuses quant à sa mise en application.

Outre les restrictions apportées par les règlements de P.O.S., il faut considérer le fait que la région, surtout en ce qui concerne le terroir sénonien, est fortement boisée. La plupart des zones boisées sont protégées. C'est bien sûr le cas de la forêt domaniale de Milly, mais ce l'est également des bois des communes de Rou-Marson, Brissac-Quincé et Notre-Dame d'Allençon (forêt de Brissac), St-Rémy-la-Varenne, Distre, Meigne-sous-Doué, Genes, ...

Ces bois sont d'une valeur moyenne, ni excellente ni franchement médiocre. Les autorisations de défrichement seront sans doute difficiles à obtenir, mais sont certainement négociables à condition de n'intéresser que des bois de qualité inférieure et de s'assortir de dispositions de remise en état du site lui restituant son caractère forestier, de préférence avec une amélioration du boisement par rapport à l'état antérieur.

Notons enfin un certain nombre de sites classés, protégés réglementairement par un périmètre circulaire de 500 m de diamètre. Ces sites sont figurés sur les divers documents d'urbanisme. Rappelons par ailleurs que ce mode de protection doit céder la place à une définition plus rationnelle du périmètre de protection tenant compte des points de vue.

TROISIEME PARTIE

RESULTATS SYNTHETIQUES DE LA RECHERCHE

L'inventaire général des ressources en matériaux susceptibles de se substituer aux sables et graviers de la Loire met en évidence deux caractères principaux :

- en dehors des sables et graviers exploités principalement dans le lit mineur de la Loire, il n'existe pas, dans la région étudiée, de matériaux sablo graveleux susceptibles d'être employés naturellement pour fabriquer les bétons hydrauliques.
- par contre, il existe des gisements importants de matériaux pratiquement inemployés, ou mal employés, qui peuvent être utilisés après un traitement spécifique, en technique routière.

Ces traitements ne doivent pas nécessairement entraîner de surcoût à condition d'adapter le dimensionnement des nouvelles structures aux caractéristiques mécaniques de ces matériaux qui ne seraient nouveaux que pour la région.

1 - LES RESSOURCES EN MATERIAUX UTILISABLES

Quatre formations géologiques donnent des matériaux susceptibles d'être substitués aux matériaux traditionnels. Ce sont :

- les sables fins du SENONIEN
- les faluns de Touraine de l'HELVETIEN
- les graviers de la base du CENOMANIEN
- les graviers qui surmontent les faluns de Touraine dans la région de Sousigné.

1.1 - Les sables fins du SENONIEN

Du point de vue géologique les sables fins du SENONIEN s'étendent en gros de la région de Saumur à l'Est, à la région de Gennes à l'Ouest et à la région de Doué-La-Fontaine au Sud-Est (voir carte géologique).

Les cartes n° 3, 4, 5, 6 et 7 indiquent l'étendue des zones de gisements possibles partiellement reconnues par sondages.

Dans cette région Sud-Est du Maine-et-Loire, les sables fins sont exploités dans une seule carrière située à PARNAY, au Sud-Est de SAUMUR (Entreprise de Travaux Publics des Pays-de-la-Loire - T.P.P.L.)

1.1.1 - Carrière T.P.P.L.

Dans cette carrière le sable SENONIEN est exploité sur environ 15 mètres de hauteur.

Théoriquement il reste 10 à 15 mètres de sables à exploiter, dans une seconde phase, au pied de l'exploitation actuelle.

Sur le front d'exploitation on distingue :

- une couche superficielle assez fortement polluée en argile,
- une couche inférieure de sables propres.

Le sable est exploité uniquement pour constituer des remblais. Le sable pollué est mélangé au sable propre, au moment de l'exploitation, de manière à rendre le matériau plus facilement compactable.

Les analyses granulométriques réalisées sur des échantillons prélevés sur le front d'exploitation indiquent des teneurs en argile qui varient de 8 à 20 % selon les points de prélèvement.

En fait l'étude actuelle est trop générale pour indiquer avec précision les caractéristiques granulométriques spécifiques des différents horizons ou des différentes zones du gisement. Ces études de détail sont d'ailleurs à entreprendre par l'exploitant s'il désire valoriser ses productions.

Les analyses réalisées traduisent seulement ce que l'on observe sur la carrière : la découverte du sable argileux n'est pas faite, volontairement, pour faciliter l'utilisation du sable propre en remblai.

L'exploitation différentielle des deux niveaux ne poserait pas de problèmes et n'apporterait pas de surcoût d'extraction. Le sable pollué du niveau supérieur continuerait d'être utilisé en remblai ; le sable propre du niveau inférieur serait valorisé par un traitement qui permettrait son utilisation dans la construction des chaussées (couche de base et de fondation), des radiers de fondation, etc.

1.1.2 - Gisements possibles

Les sondages exécutés dans le cadre de cette étude ont permis de mettre en évidence des variations de grande amplitude des caractéristiques du sable SENONIEN.

Nous avons vu que, globalement, la formation sableuse tend à se charger en argile en allant du Nord-Est vers le Sud-Ouest.

Dans ces conditions les principales ressources se trouvent limitées à une bande située sur le rebord du plateau, parallèle à la Loire et s'étendant en gros, de SAUMUR au Nord de GENNES.

Deux zones indiquées par les sondages n° 2 et 3 paraissent particulièrement favorables. Ce sont :

La "Zone de la BRAZONNERIE", située au Sud-est de GENNES (voir carte n° 4. Le sondage n°2 qui identifie cette zone indique la présence de deux couches de sables.

- la couche supérieure, d'environ 15 mètres d'épaisseur, est constituée de sable propre (éléments inférieurs à 0,08 mm = 6 % ; E.S supérieur à 44) mal gradué avec :

. C (coefficient d'uniformité) = 4

Cette valeur est insuffisante pour satisfaire le caractère "bien gradué" du matériau.

. Cc (coefficient de courbure) = 1

Ce sable a donc de bonnes caractéristiques et peut être largement valorisé par un traitement.

- la couche inférieure a des caractéristiques sensiblement moins bonnes, de plus, elle est séparée de la couche supérieure par un intercalaire argileux de 5 m d'épaisseur ; son exploitabilité apparaît donc improbable. Il reste toutefois à vérifier que la nature argileuse de l'intercalaire et de cette couche inférieure n'a pas seulement un caractère local.

La zone de "la Tour de MENIVES" (voir carte n° 6). Elle est indiquée par le sondage n° 3 qui montre la présence d'environ 10 mètre de sable bien gradué mais qui contient une proportion notable d'éléments inférieurs à 0,08 mm (15 à 20 %).

Cette zone apparaît moins intéressante que celle de Gennes.

Ces sondages confirment donc ce que l'on peut observer sur le terrain : ils indiquent la présence pratiquement certaine de zones exploitables dont la localisation précise ne peut être faite que par une prospection spécifique sur une zone d'étendue limitée.

Par ailleurs, il faut bien remarquer que, compte tenu des besoins et des contraintes réglementaires qui pèsent sur la région pour l'ouverture de nouvelles carrières, il suffirait de mettre en exploitation un nombre très réduit de nouveaux gisements (éventuellement un seul gisement) pour produire spécifiquement les sables fins de la qualité désirée. Cette disposition devrait être complétée par l'amélioration de la production de la carrière T.P.P.L. ainsi que nous l'avons évoqué précédemment.

1.2 - Les faluns de Touraine

Les faluns de Touraine correspondent à un calcaire tendre dont l'utilisation peut être envisagée, également en construction routière, après traitement.

Les calcaires tendres, de caractéristiques inférieures aux normes usuelles, sont de plus en plus fréquemment utilisés. C'est le cas par exemple des calcaires tendres des Charentes.

La chaussée de l'Autoroute A 31, entre DIJON et NANCY, a été exécutée sur un tronçon de 180 km de longueur, en utilisant un calcaire hors normes.

Ces matériaux tendres sont utilisés après traitement pour leur permettre de respecter les normes.

Le traitement des matériaux hors normes nécessite une étude précise pour chacun d'eux.

D'une manière générale, on peut retenir que la limite des possibilités d'utilisation de calcaires tendres est donnée pour une valeur du coefficient LOS ANGELES supérieur à 50. Au-delà de cette valeur il y a des problèmes d'écoulement du matériau dans les trémies.

La zone de Sousigné présente un intérêt particulier car les faluns sont surmontés d'une formation graveleuse de 3 à 4 mètres d'épaisseur qui peut être soit exploitée et traitée spécifiquement, soit utilisée comme matériau de base pour l'amélioration du squelette granuleux des faluns.

Compte tenu des études antérieures déjà réalisées sur les faluns de TOURAINE, un seul essai de fragmentation dynamique a été effectué sur le matériau ou gisement de Sousigné.

L'essai de fractionnement dynamique est bien corréllé avec l'essai LOS ANGELES.

La valeur de 38 obtenue montre que les faluns, de Sousigné notamment, sont bien utilisables en technique routière, comme matériaux de substitution, à condition d'être traités pour respecter les normes usuelles d'emploi.

1.3 - Les graviers du CENOMANIEN de base

Les sables et graviers de la base du CENOMANIEN sont surtout localisés au Sud de BRISSAC ; ils sont exploités de façon intermittente près de N.D. d'ALLENÇON dans plusieurs petites carrières.

Ces graviers ne sont utilisé que sous forme de tout-venant pour l'amélioration des chemins ruraux.

La formation est assez hétérogène à grande et à petite échelle. Les principales variations concernent :

- l'épaisseur de la formation,
- la présence, la répartition et l'épaisseur d'intercalations argileuses,
- la présence d'encroutements ferrugineux.

Les principaux gisements se trouvent dans le secteur de "La Brulée" où les graves ont une épaisseur d'au moins 8 m ; il reste à vérifier la continuité du gisement ; l'extension de la carrière de La Promenade et l'ouverture de nouvelles exploitations sont techniquement possibles.

Les analyses granulométriques effectuées sur les graviers cénomaniens, prélevés dans le sondage n° 1, correspondent à des graves 0/20 mm, mal graduées avec un mortier d'argile peu plastique qui représente 12 à 15 % du matériau.

A la carrière des Pichelots, le matériau est également une grave 0/20 mais elle est ici bien graduée avec seulement 8 % d'éléments inférieurs à 0,08 mm.

La mauvaise granularité et la plasticité du mortier sont les deux caractéristiques qui limitent l'emploi de ce matériau dans les structures de chaussée.

La valorisation de ces matériaux hors normes est liée à la correction de ces défauts par un traitement adapté.

Il est évident que l'application d'un traitement, quel qu'il soit, nécessite deux conditions essentielles :

- disposer d'un gisement dont les réserves sont suffisantes ;
- connaître les caractéristiques géotechniques des matériaux qu'elles renferment.

Ces conditions doivent être d'autant mieux respectées que les caractéristiques géotechniques sont plus variables ; elles sont particulièrement applicables aux graviers du CENOMANIEN.

1.4 - Les faluns graveleux de Sousigné

Le niveau graveleux qui surmonte les faluns de Touraine s'identifie comme une grave 0/20 bien graduée. Le matériau est constitué de graviers siliceux avec une matrice essentiellement formée de CO_3Ca ; pour les deux échantillons étudiés S01 et S02 les teneurs en CO_3Ca sont de 94 et 90 %.

Ces matériaux sont actuellement peu et mal employés ; l'utilisation principale est le rechargement des chemins ruraux ; ils ne sont exploités que de façon intermittente. Ils peuvent être fortement valorisés de manière à permettre leur utilisation en technique routière pour constituer les couches de structure ; cependant, ce gisement relativement exceptionnel, est aussi mal connu dans sa composition que dans sa géométrie. Pour définir précisément les moyens de traitement à mettre en oeuvre il sera nécessaire de préciser ses réserves.

Le gisement de Sousigné présente d'autant plus d'intérêt que les matériaux graveleux surmontent les faluns compacts, également utilisables, ainsi que nous l'avons vu précédemment.

2 - LES TRAITEMENTS

Le traitement des matériaux de substitution identifiés comprendra deux actions totalement complémentaires :

- une correction granulométrique,
- le traitement proprement dit à l'aide de liants hydrauliques.

Nous distinguerons deux types de matériaux :

- . les sables du SENONIEN, les graves du CENOMANIEN et les faluns graveleux d'une part,
- . les faluns de Touraine d'autre part.

2.1 - Traitement des sables fins et des graves

2.1.1 - La correction granulométrique des matériaux mal gradués est nécessaire pour obtenir une granulométrie continue, c'est-à-dire un édifice granulaire dans lequel les vides compris entre les plus gros éléments sont toujours comblés par des éléments plus fins.

- la correction granulométrique s'applique à tous les matériaux, des graves aux sables les plus fins ; le problème étant d'utiliser le sable correcteur convenable dans des proportions qui se calculent avec précision.

Le but recherché est d'obtenir un matériau qui :

- . d'une part, contient le minimum de vides,
- . d'autre part, contient les vides unitaires les plus fins possible.

- la correction granulométrique se détermine en tenant compte de la granulométrie du matériau naturel et de l'ajout de liant utilisé pour le traitement.

- la correction granulométrique permet d'obtenir des matériaux stables mécaniquement, très pleins donc de perméabilité faible et facile à compacter. Ces matériaux sont définis comme étant à "haute stabilité immédiate".

- les sables correcteurs de granulométrie peuvent exister naturellement ; dans ce cas, le simple mélange de deux sables dans des proportions convenables permet d'obtenir un matériau stable.

Cette disposition est cependant rare ; le plus souvent le correcteur de granulométrie est fabriqué par broyage d'une roche tendre ne contenant pas d'argile.

D'une manière générale, le correcteur de sables fins comme ceux du SENONIEN identifiés dans cette recherche est un sable 0/4 de granulométrie bien définie obtenu par concassage d'un calcaire tendre. La proportion d'éléments inférieurs à 0,08 mm notamment doit être fixée avec précision.

Pour élaborer un sable correcteur la préférence sera toujours donnée à un calcaire par rapport à une roche siliceuse.

En Maine-et-Loire, le sable correcteur de la granulométrie des Sables sénéoniens, des graves du CENOMANIEN et des faluns graveleux peut très certainement être élaboré à partir des faluns de Touraine. En première approximation le gisement de Sousigné paraît renfermer le matériau le plus convenable.

2.1.2 - Les liants

Pour le traitement des sables fins, les liants les plus convenables sont le laitier granulé de haut fourneau et les cendres volantes.

Le ciment peut éventuellement être utilisé pour traiter les graves mais il pose des problèmes de dosage avec les matériaux riches en fines et de fissuration après prise. Par ailleurs, les contraintes de fabrication et d'utilisation sont beaucoup plus rigoureuses qu'avec par exemple le laitier granulé.

En Maine-et-Loire, les cendres volantes de la centrale thermique de CORDEMAIS peuvent théoriquement être utilisées pour traiter tous les matériaux sableux et graveleux. On retiendra seulement que la correction granulométrique des sables est un peu plus difficile à réaliser avec les cendres volantes qu'avec le laitier granulé.

Par ailleurs, l'utilisation des cendres volantes entraîne une forte augmentation de la quantité d'éléments fins. Des problèmes difficiles de mise en oeuvre peuvent alors se poser par temps pluvieux si le matériau de base

contient naturellement une notable proportion de fines, ce qui semble bien être le cas avec les matériaux identifiés (éléments inférieurs à 0,08 mm 10 %). Le laitier granulé reste donc, en première approximation, le meilleur liant possible pour traiter ces matériaux.

2.1.3 - Les catalyseurs

La prise du laitier granulé ou des cendres volantes ne peut se développer qu'en milieu basique.

Le traitement comporte donc l'ajout d'un catalyseur qui peut être

Pour le traitement au laitier granulé : la chaux ou de préférence le gypse sodé, catalyseur spécifique de la prise du laitier granulé ; c'est un produit breveté, fabriqué dans l'industrie par mélange de gypse et de soude dans des proportions bien définies et commercialisé sous l'appellation GYPSONAT.

L'activation au gypse sodé permet de multiplier par trois les résistances en compression, en traction et en fatigue obtenues par le traitement à la chaux.

Pour le traitement au laitier granulé des sables ou des graves, le catalyseur chaux ou gypse sodé, s'utilise à un dosage de 1 %.

Pour le traitement aux cendres volantes la chaux s'utilise à des dosages variables, selon la composition chimique des cendres ; ils sont en général de l'ordre de 3 à 4 %.

Il existe également un gypse sodé spécifique pour le traitement aux cendres volantes.

2.2 - Traitement des faluns de Touraine

Les faluns ont une consistance de roche tendre. L'extraction, qui peut être réalisée par rippage, produit un matériau constitué de blocs de taille variable et de produits fins.

Le principe de la technique du traitement des faluns est :

- de produire un granulat de petite dimension, 0/10 mm par exemple, de manière à réduire les efforts sur les grains,
- d'introduire une armature constituée par un sable siliceux pour limiter l'évolution granulométrique du matériau.

Avec les faluns de Touraine, la proportion de sable nécessaire serait de l'ordre de 10 à 15 %.

Le sable de Loire conviendrait naturellement pour cette amélioration.

Il est également possible d'envisager le broyage des plus gros éléments siliceux des graviers qui surmontent les faluns de Sousigné.

Le matériau est ensuite traité au laitier granulé ou aux cendres volantes comme précédemment.

3 - CARACTERISTIQUES GENERALES DES SABLES ET DES GRAVIERS TRAITES AUX LIANTS HYDRAULIQUES

3.1 - Fabrication

Les sables ou les graves traités aux liants hydrauliques peuvent être fabriqués à l'aide de centrales de malaxage continu pour les grands chantiers ou à l'aide de malaxeurs discontinus pour les chantiers plus petits.

Le mélange comprendra quatre constituants :

- . le sable principal, qui pourrait donc être le sable sénonien, ou la grave qui représenterait approximativement 70 % du mélange.

- . le sable correcteur de granularité ; il n'est nécessaire que si le matériau de base est mal gradué ; il doit être le plus souvent ajouté dans une proportion de 15 à 20 %.

- . le liant qui est, soit le laitier granulé en dosage de 10 à 12 % environ soit les cendres volantes dont le dosage maximum serait de 10 %.

- . le catalyseur, chaux ou gypse sodé, à raison de 1 % avec le laitier granulé, et la chaux à raison de 3 % environ, si les cendres volantes sont utilisées comme liant.

3.2 - Mise en oeuvre

Le répandage et le compactage des matériaux traités sont effectués avec les matériels classiques.

Le compactage peut être réalisé en couche de 0,40 à 0,50 m d'épaisseur au maximum en utilisant en premier lieu des compacteurs vibrants et en terminant avec des compacteurs à pneus de 35 T sur 7 roues.

3.3 - Utilisation des sables et graves traités aux liants hydrauliques

Les matériaux à haute stabilité traités au laitier et catalysés au gypse sodé sont utilisés pour réaliser :

- les couches de fondation et de base des chaussées neuves quelque soit leur niveau de trafic, même lourd. Dans beaucoup de cas, la couche de roulement peut se limiter à un enduit bicouche.

les revêtements de terre-plein portuaires, d'aires de stockage ou de sols industriels. Selon le type de la couche de protection on peut alors réaliser des dallages sans joints.

- les fondations de bâtiments ou d'ouvrages. Tous les types de fondation sont possibles : poutres, radiers d'épaisseur constante ou variable, massifs de substitution ou puits. Les sables et les graves laitiers sont particulièrement efficaces et économiques sur les sols médiocres ou mauvais et lorsque les charges sont lourdes.

Les travaux de fondation et le dallage des bâtiments sont exécutés en même temps avec les cadences élevées habituelles en technique routière. Par ailleurs le chantier est beaucoup plus simple qu'un chantier de pieux avec ses longrines et entretoises ; il en résulte un gain souvent très important sur le délai d'exécution.

4 - CONCLUSION

La recherche de matériaux de substitution aux sables et graves exploités dans le lit mineur de la Loire a été effectuée dans l'hypothèse d'une interdiction ou tout au moins d'une réduction réglementaire de la capacité d'extraction.

Le périmètre étudié est la partie Sud-Est du département du Maine-et-Loire.

L'étude fait apparaître deux conclusions essentielles :

- il n'y a pas, dans la région étudiée, de matériaux de substitution aux sables et graviers de la Loire pour la fabrication des bétons.

- par contre, il existe des réserves importantes de matériaux hors normes dont le traitement permettrait de respecter les normes d'utilisation.

Parmi ces matériaux, les sables fins du SENONIEN et les calcaires tendres constitués par les faluns de Touraine présentent les plus grandes possibilités d'emploi et leurs réserves sont importantes.

Ces matériaux peuvent être traités aux liants hydrauliques, notamment au laitier granulé de haut fourneau, et, d'une façon plus limitée, aux cendres volantes ; celles de la centrale thermique de CORDEMAIS peuvent très certainement être employées.

Les matériaux traités au laitier de haut fourneau sont utilisables en technique routière pour construire des chaussées, quel que soit leur trafic, des terre-pleins portuaires, des radiers de fondation de bâtiments, et d'installations industrielles, des dallages, etc.

Ils peuvent donc remplacer dans de nombreux cas les bétons hydrauliques fabriqués à partir des granulats de la Loire. Ces techniques, bien que relativement nouvelles, sont utilisées depuis plus de dix ans en France et dans plusieurs pays étrangers pauvres en matériaux, en donnant toute satisfaction.

Appliquées dans le Maine-et-Loire elles pourraient entraîner une économie sensible de sable alluvionnaire et dans la plupart des cas une économie globale sur le coût des ouvrages.

Il reste que cette étude devrait être poursuivie par la définition précise de quelques gisements et par la formulation des traitements.

Il reste surtout à modifier les habitudes des constructeurs locaux et à convaincre les maîtres d'oeuvre de l'intérêt de ces techniques et de la qualité des ouvrages qu'elles permettent de réaliser.

Les contraintes qui règlementent l'ouverture de nouvelles carrières ne sont pas négligeables mais elles ne diffèrent pas en cela de celles que l'on rencontre en d'autres points du département.

Le cas échéant il y aura lieu de procéder aux négociations nécessaires pour que soient conciliés dans toute la mesure du possible les impératifs de sauvegarde de l'environnement d'une part, et d'approvisionnement en matériaux indispensables à l'économie locale d'autre part. Nous ne doutons pas que, pour délicates qu'elles puissent être, ces négociations puissent aboutir à une mise en valeur harmonieuse des ressources du Maine-et-Loire.

CARTE No 2

Cenomanien de la region
de DOUE LA FONTAINE

a carriere de Villevert

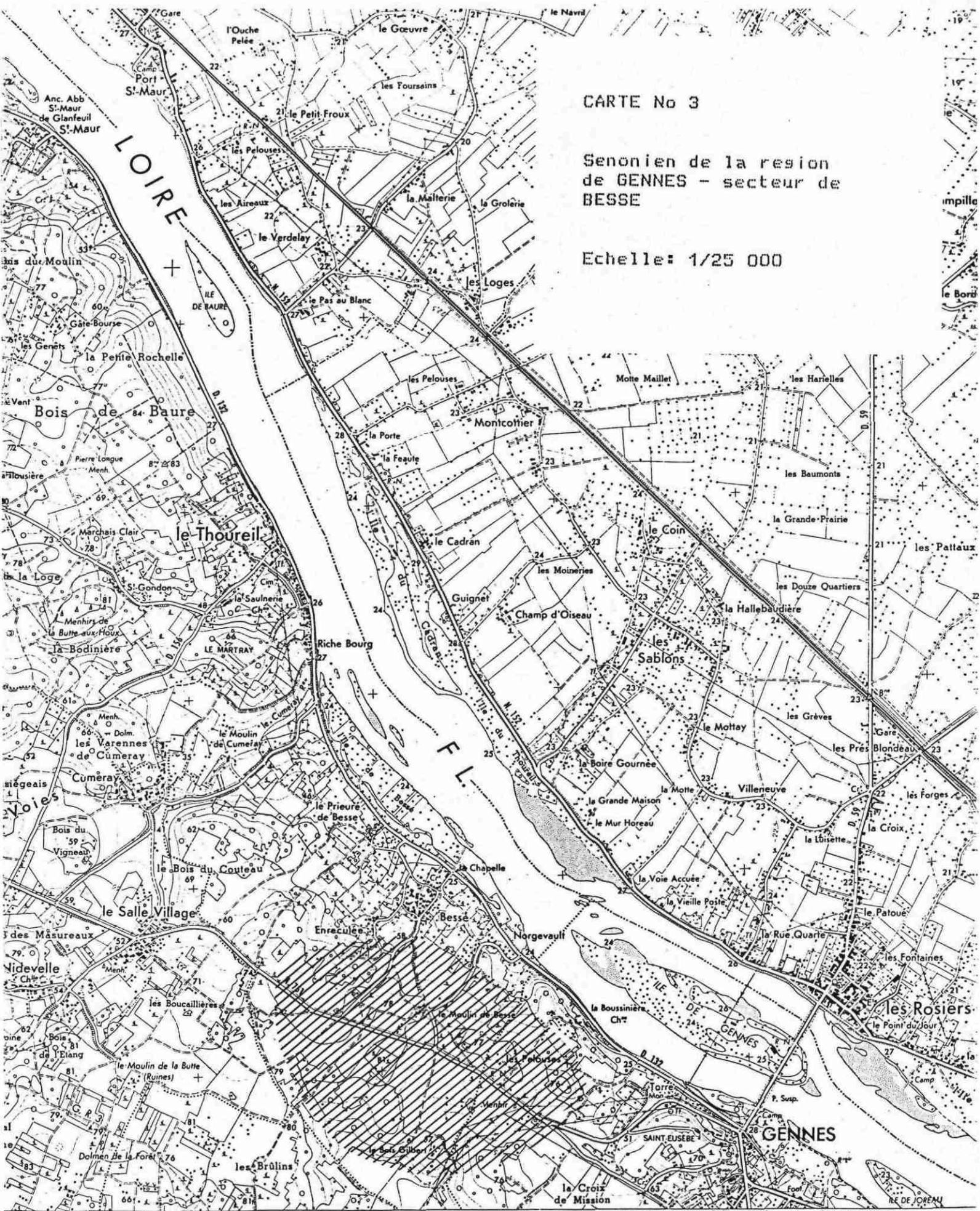
Echelle 1/25 000



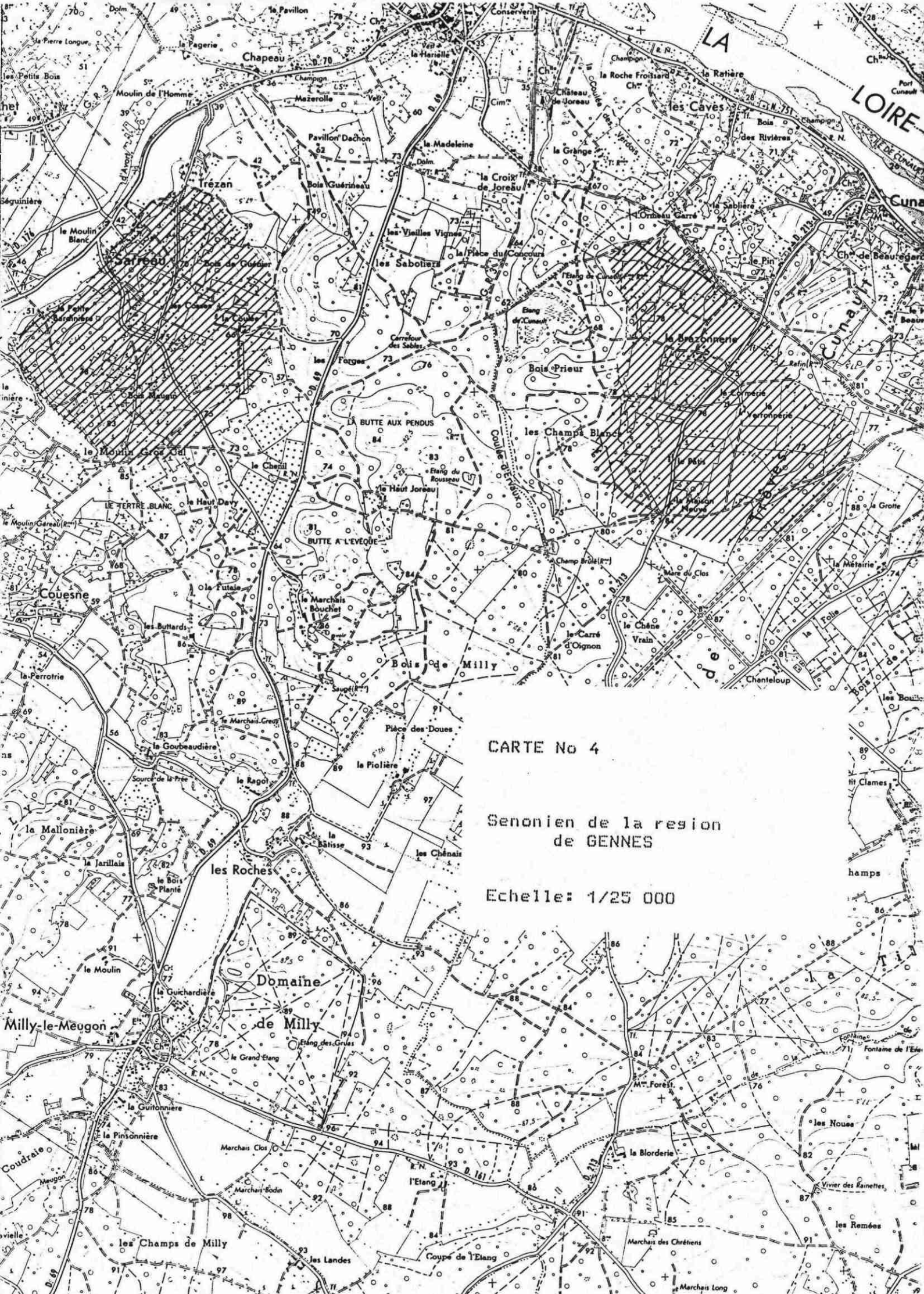
CARTE No 3

Senonien de la region
de GENNES - secteur de
BESSE

Echelle: 1/25 000



R: Nat° N° 751
de Cosne à la Pointe de S: Gildes
par la rive gauche de la Loire



CARTE No 4

Senonien de la region
de GENNES

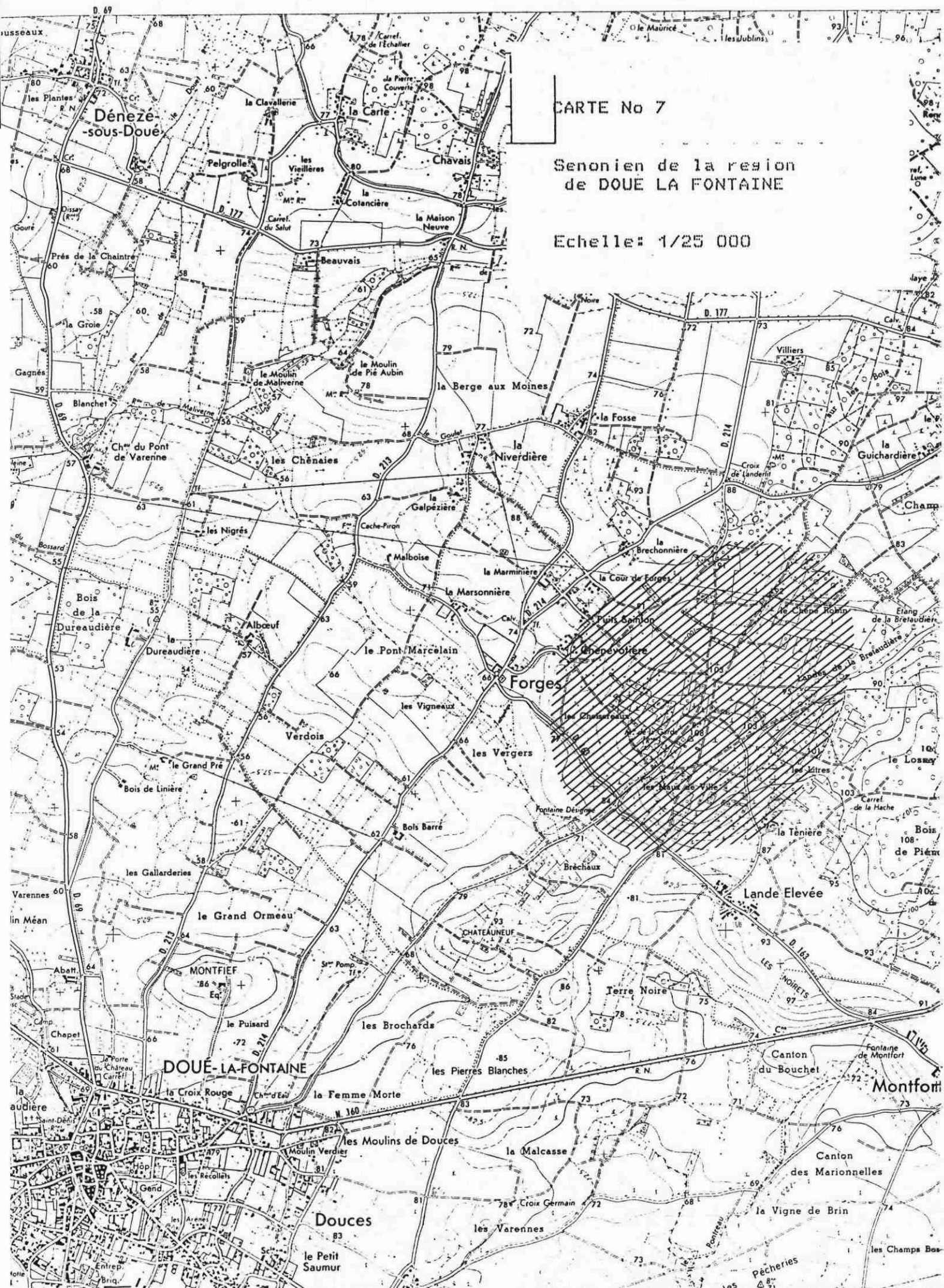
Echelle: 1/25 000



CARTE No 6

Senonian de la region
de SAUMUR

Echelle: 1/25 000



CARTE No 7

Senonien de la région de DOUÉ LA FONTAINE

Echelle: 1/25 000

Russeaux

Denezé-sous-Doué

Chavais

Beauvais

la Berge aux Moines

la Niverdière

Forges

Lande Elevée

DOUÉ-LA-FONTAINE

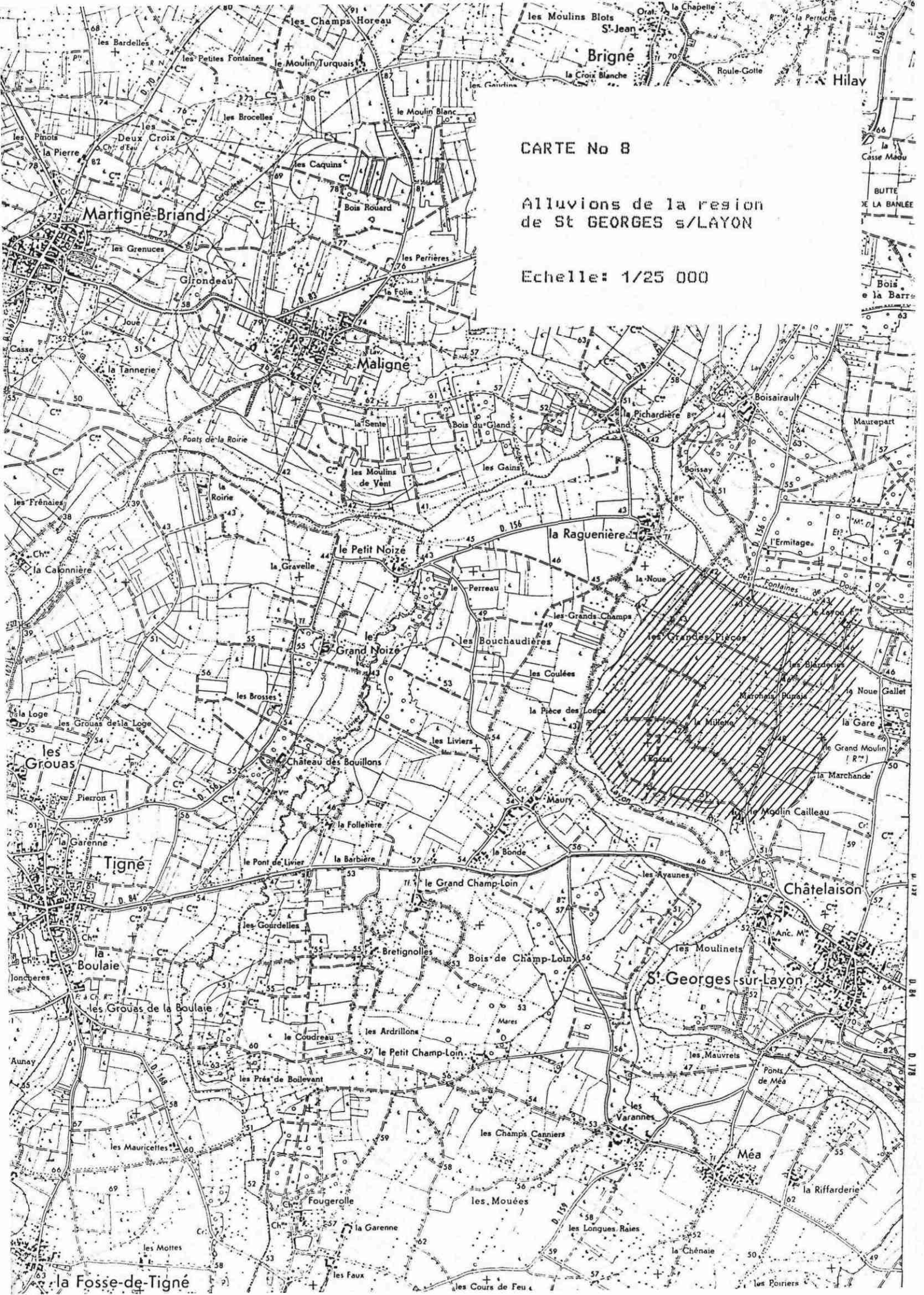
Douces

Montfort

Canton des Marionnelles

le Petit Saumur

Pêcheries



CARTE No 8

Alluvions de la region
de St GEORGES s/LAYON

Echelle: 1/25 000



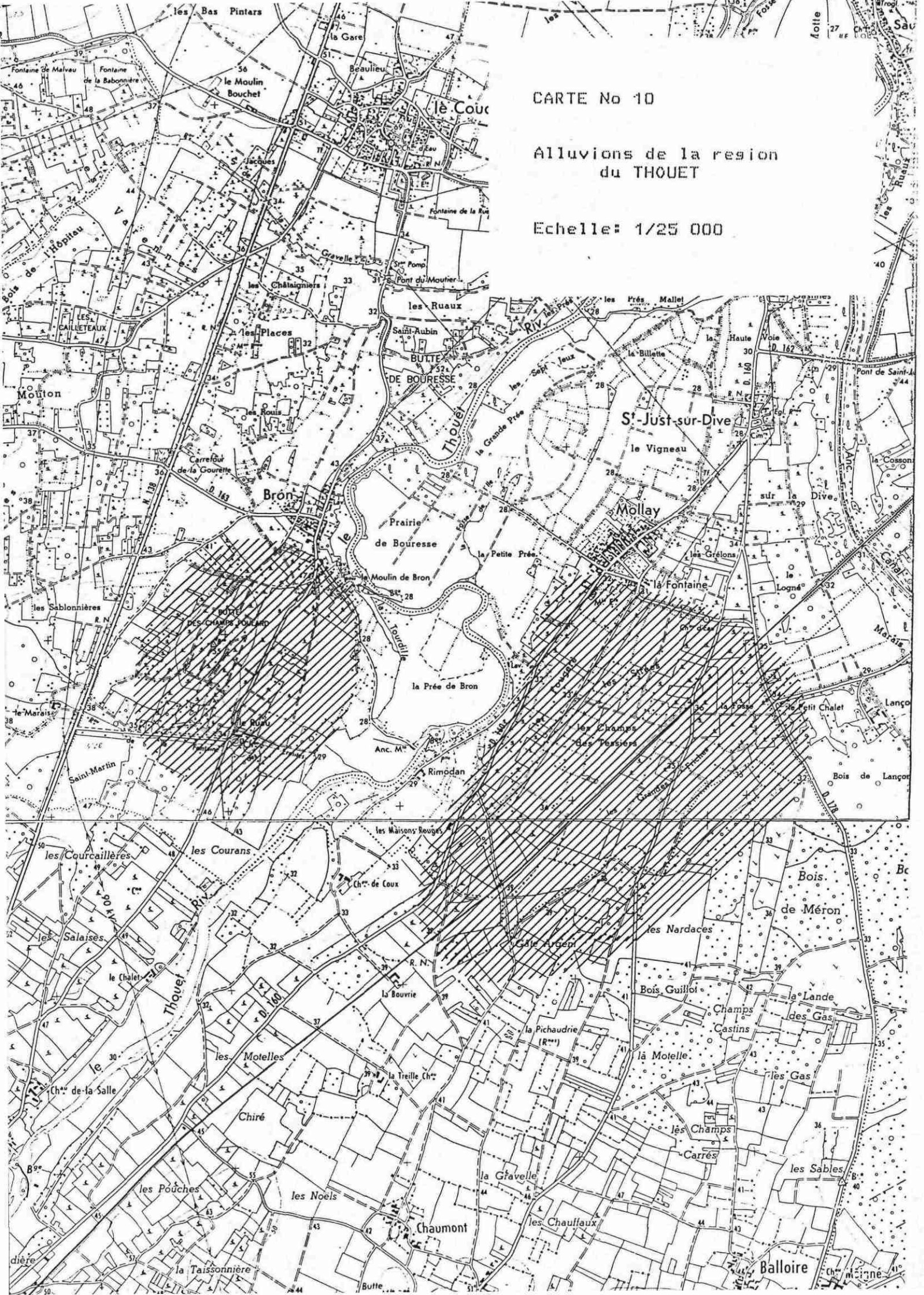
CARTE No 9

Alluvions de la region
de DOUE LA FONTAINE

Echelle: 1/25 000

Malboise
la Marsonnière
la Brechonnière
la Cour de Forges
Puits Sainion
Chenevotière
Forges
les Vigneaux
les Vergers
Bois Barre
Bréchaux
CHATEAUNEUF
Terre Noire
les Pierres Blanches
la Malcasse
les Varennes
la Saulaie
le Suzet
la Claie
la Fourche
Charotin
les Vannes
le Grippeau
le Pierrelette
la Croix du Pas de Saint-Martin
le Chiron Maronon
la Marche
les Fontanelles
les Charbonnières
les Echaux

la Bretaudière
les Vertinières
le Chêne Robin
Landes de la Bretaud
les Litres
la Tanière
Lande Elevée
Bois de Piémont
Bois de la Gatenna
Bois d'Igné
la Casse C
les Petits Cabarets
les Couloées
le Breuil Bellay
la Vove
Canton du Bouchet
Fontaine de Montfort
Montfort
Canton des Marionnelles
la Vigne de Brin
les Pêcheries
les Champs Bosses
les Gâtaux
MONTLOUET
la Mouche
Bois des Ajoncs
Carret des Noels
l'Abbaye d'Anière
la Belle Taille
Brossay
les Varennes
la Belle Taille
Carret des Quatre Bornes
Carref. des Quatre Chênes 159

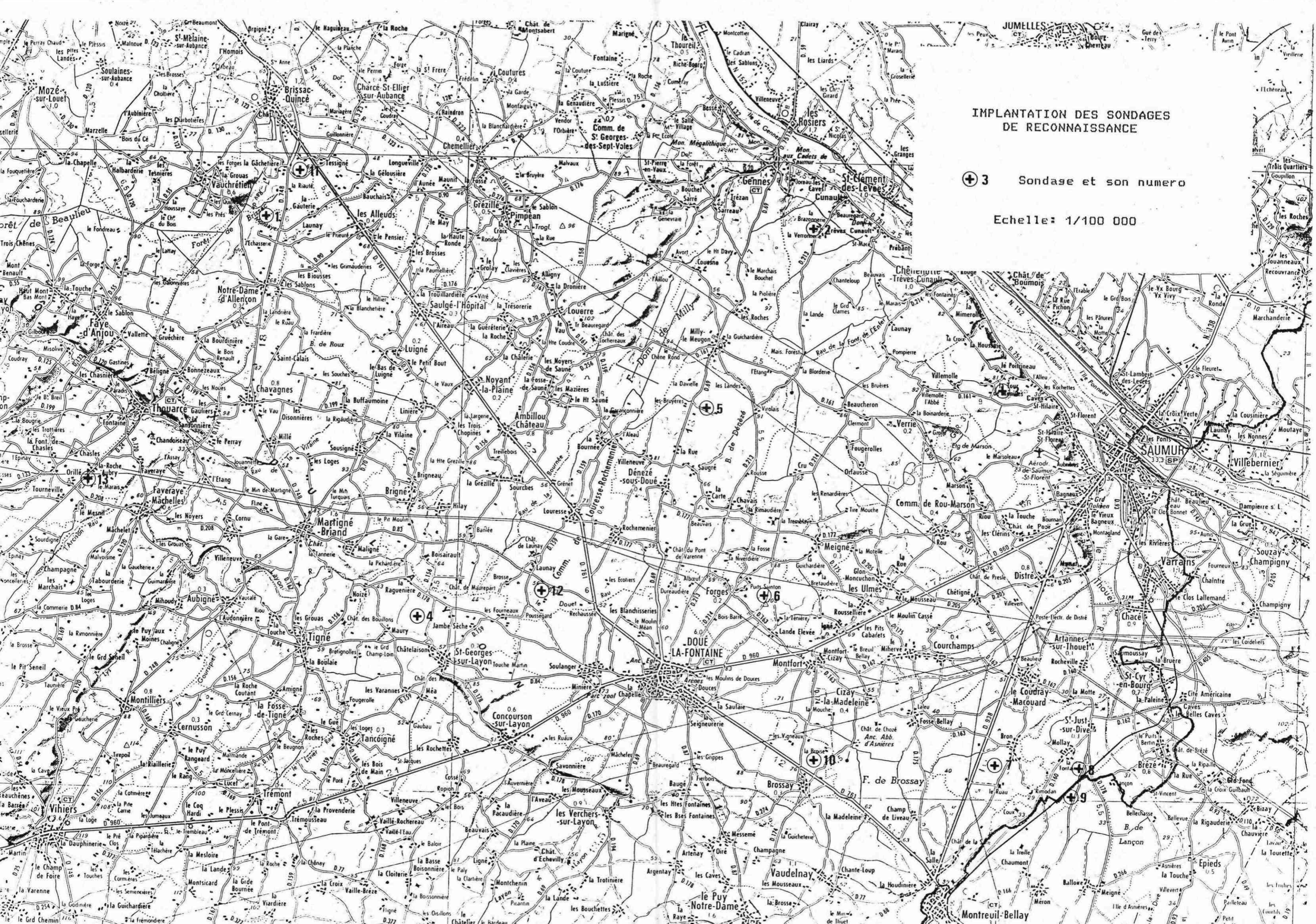


CARTE No 10

Alluvions de la region
du THOUET

Echelle: 1/25 000





IMPLANTATION DES SONDAGES DE RECONNAISSANCE

⊕ 3 Sondage et son numero

Echelle: 1/100 000

⊕ 4

⊕ 5

⊕ 6

⊕ 12

⊕ 10

⊕ 9

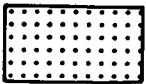
⊕ 8

Coupes de sondages

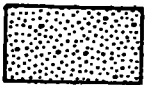
Légende générale



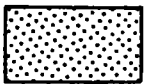
Argile



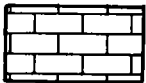
Sable propre



Sable et graviers



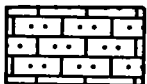
Sable plus ou moins argileux



Calcaire



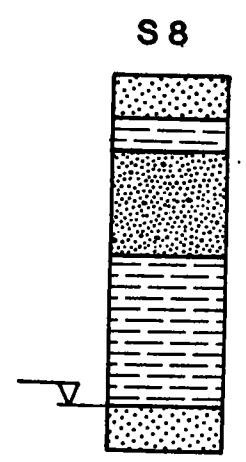
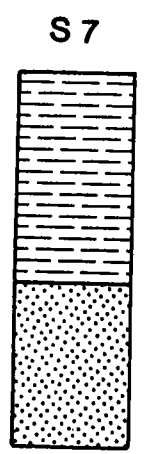
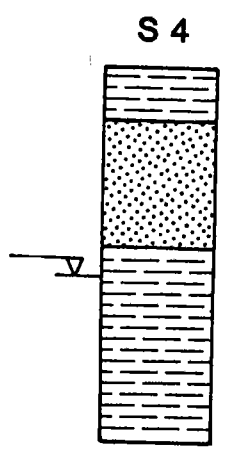
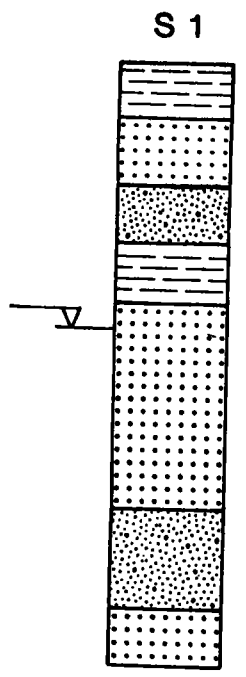
Alternances calcaires-marnes



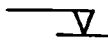
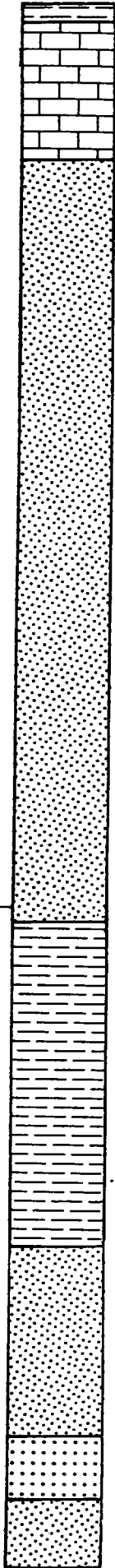
Faluns



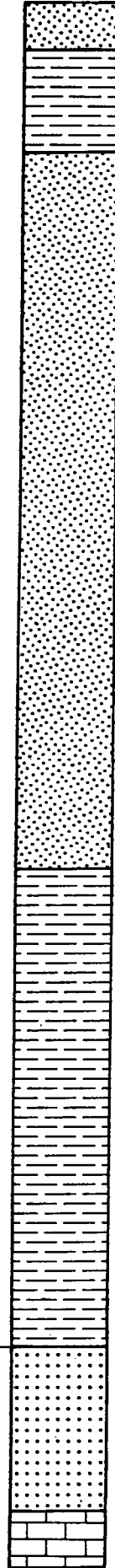
Socle (schistes)



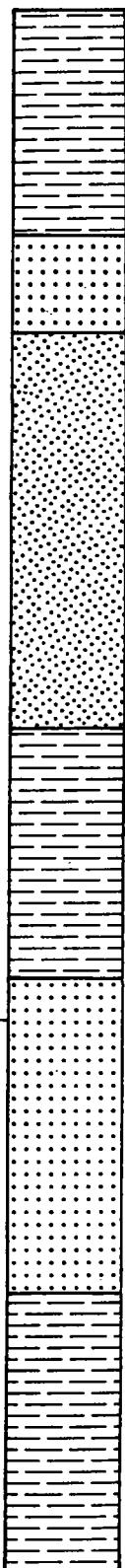
S 2



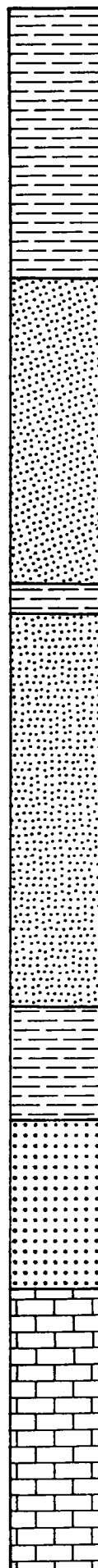
S 3



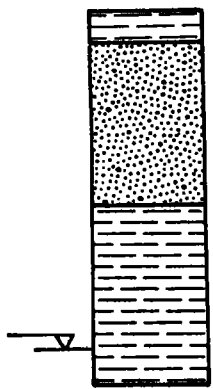
S 5



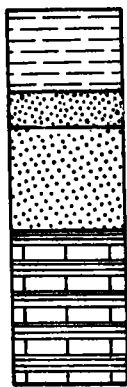
S 6



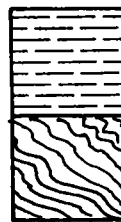
S 9



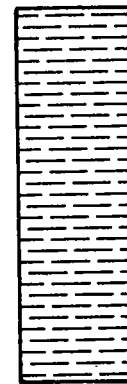
S 10



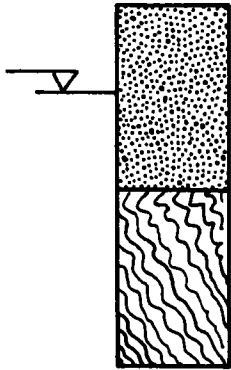
S 11



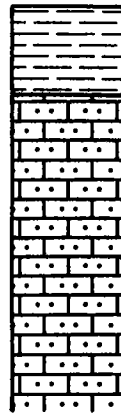
S 11 bis



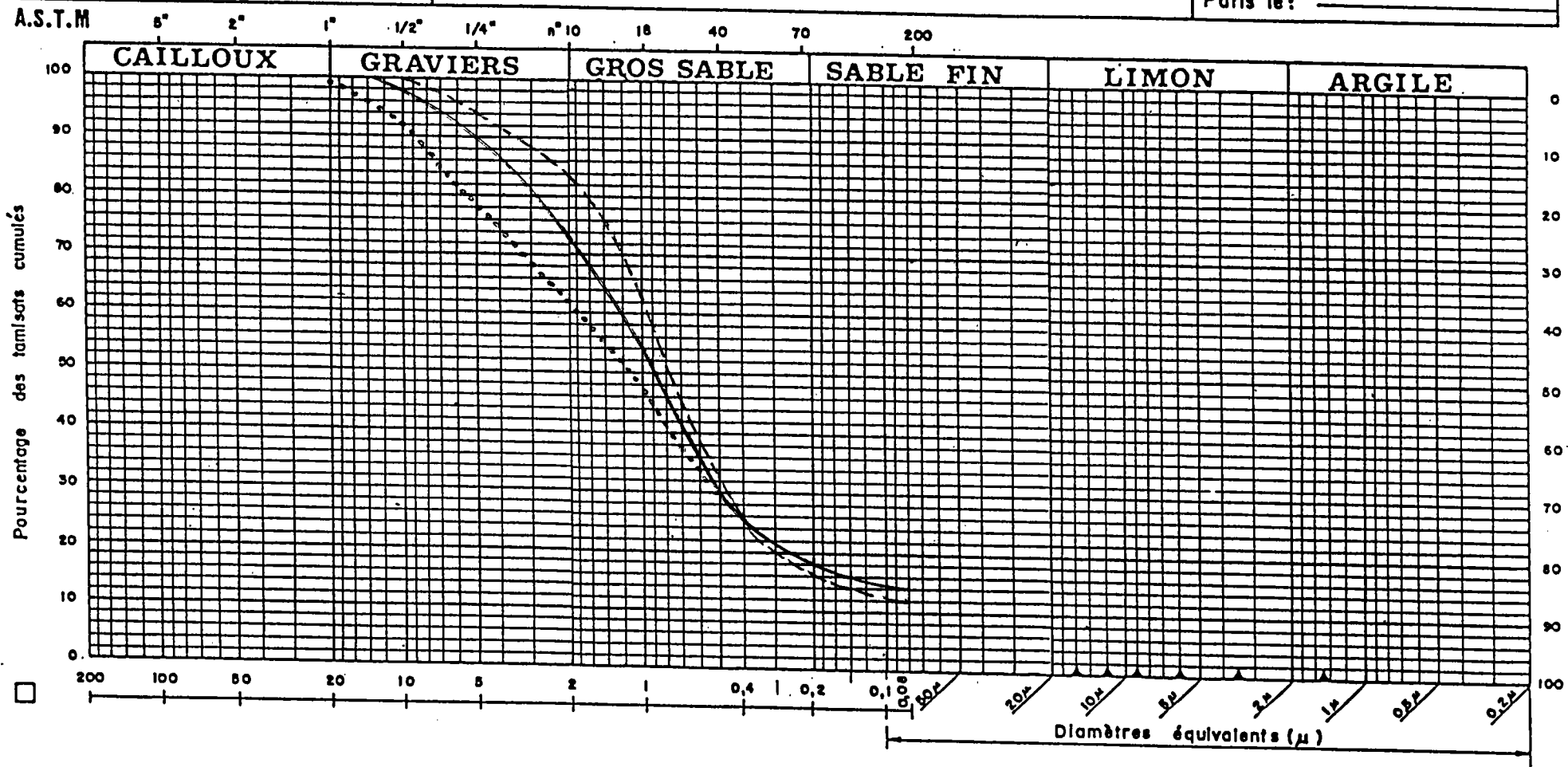
S 12 bis



S 13

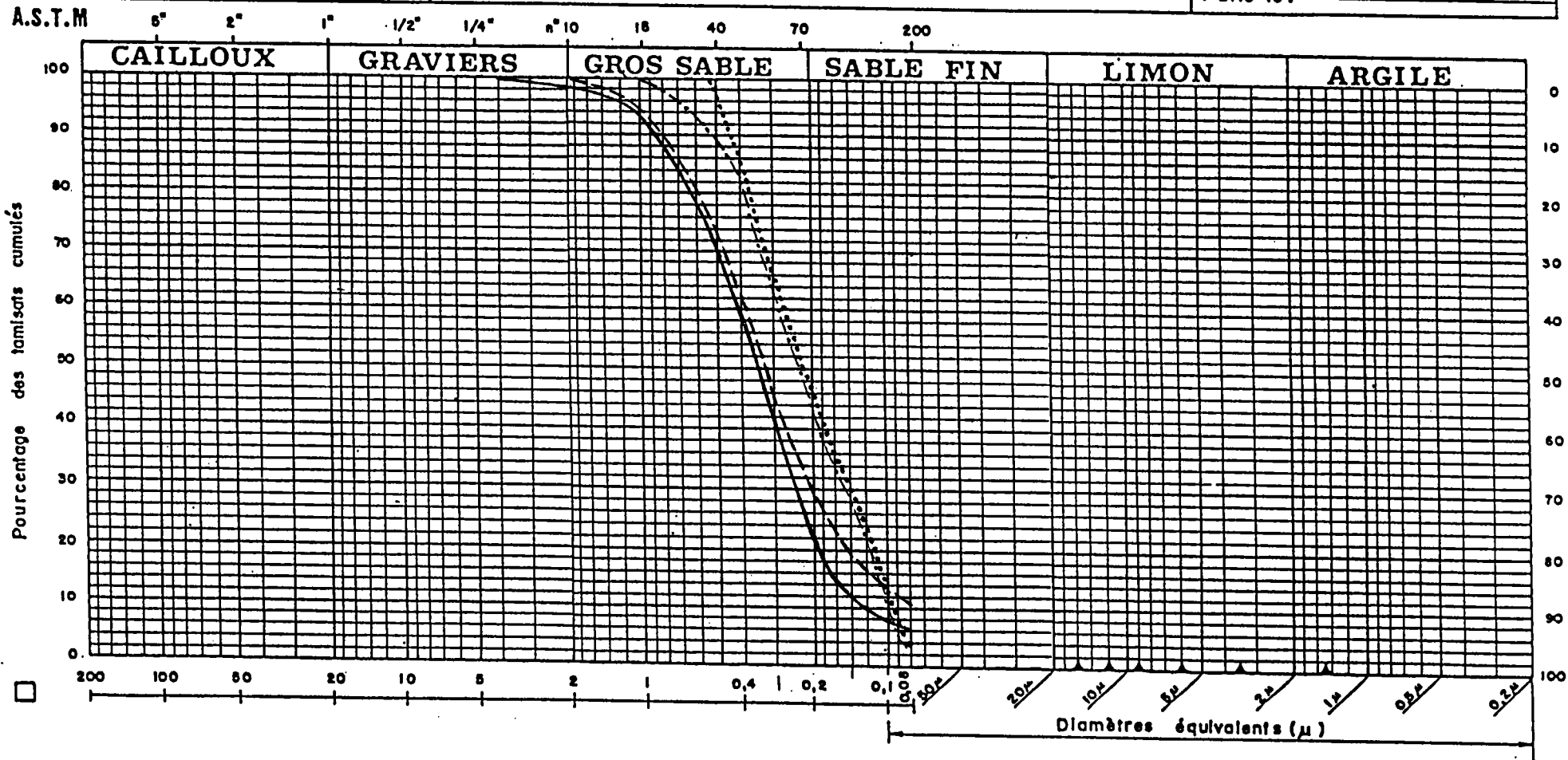


	ANALYSE GRANULOMETRIQUE	DOSSIER: _____
	CENOMANIEN	_____
		Paris le: _____



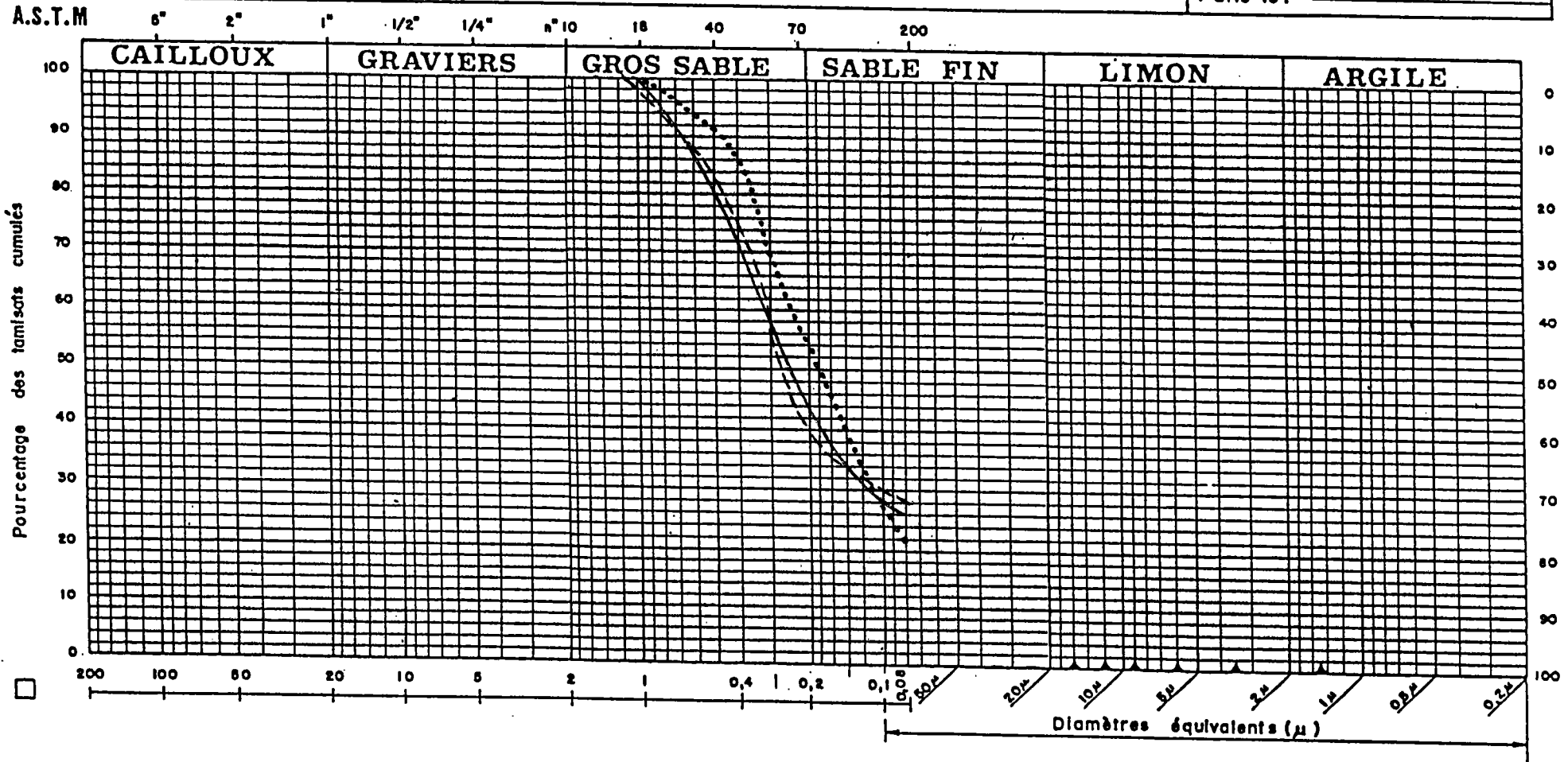
LIMITES D'ATTERBERG		E. S	
L.L.	I. P.	Piston visuel	
31	15	———S1	0,70 à 2,40 m
41	21	- - -S1	3,60 à 6,00 m
25	11S1	6,00 à 7,30 m

	ANALYSE GRANULOMETRIQUE	DOSSIER: _____
	SENONIEN	_____
		Paris le: _____



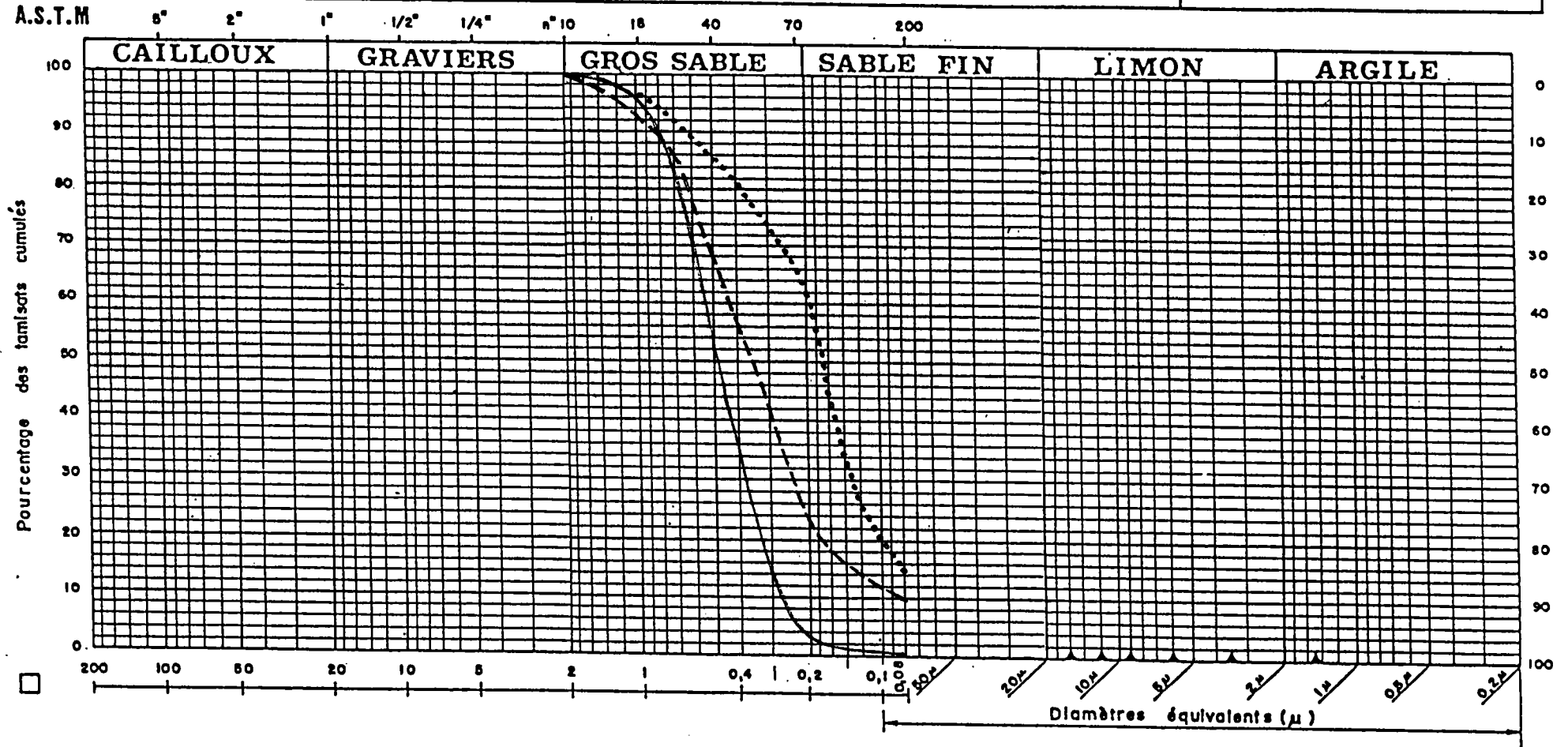
LIMITES D'ATTERBERG		E. S	
L.L.	I. P.	Piston visuel	
		52	— S2 2,50 à 10,50 m
		44	- - - S2 10,50 à 14,70 m
		 S2 19,90 à 22,90 m
		28	- · - · S2 23,90 à 25 m

	ANALYSE GRANULOMETRIQUE	DOSSIER: _____
	SENONIEN	_____
		Paris le: _____



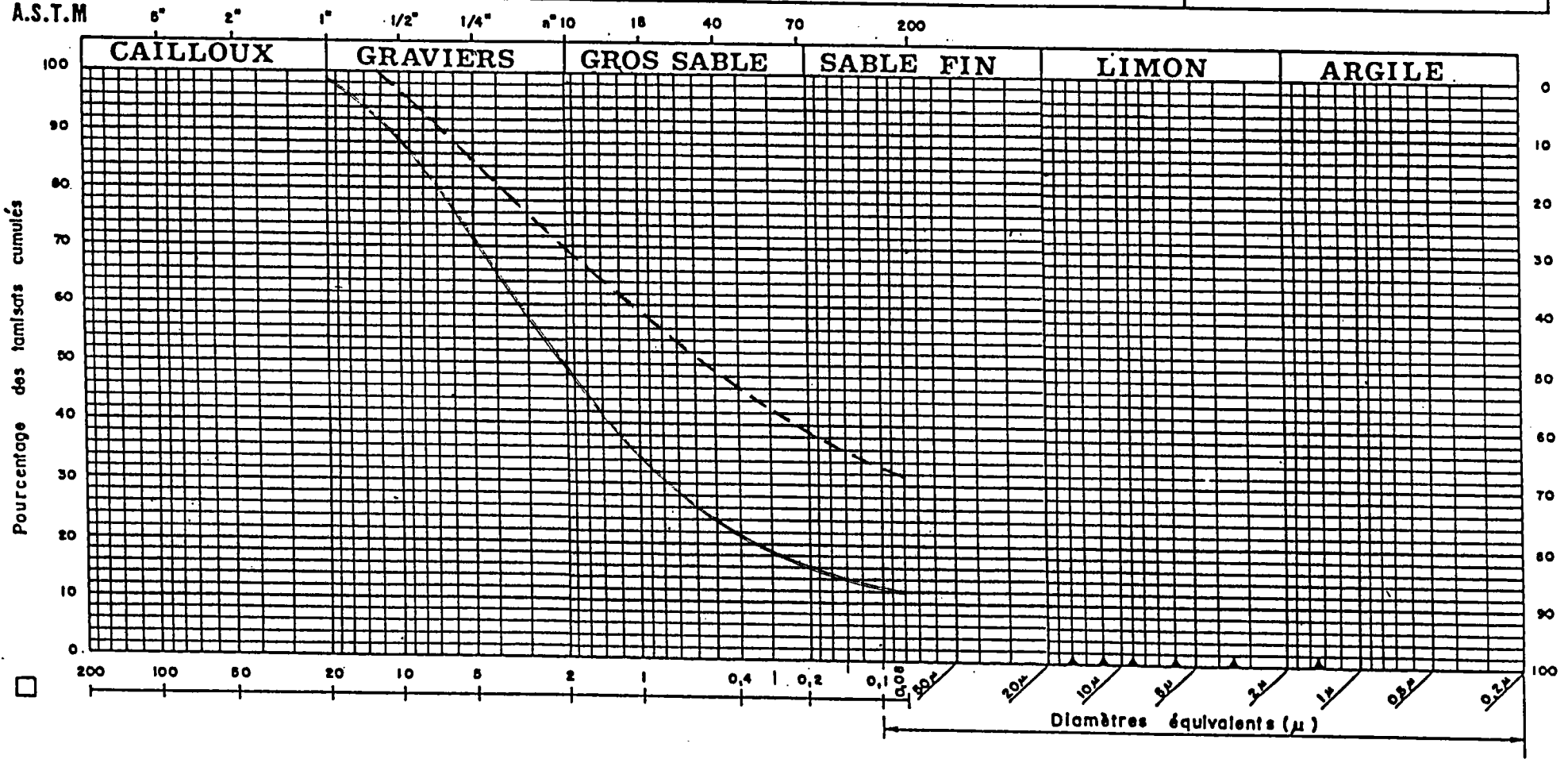
LIMITES D'ATTERBERG		E. S	
L.L.	I. P.	Piston visuel	
36	21		———— S5 4,30 à 6,50 m et 8 à 9,60
18	6		- - - - S6 6 à 9,20 m
20	6	 S6 9,70 à 13,20 m

	ANALYSE GRANULOMETRIQUE	
	SENONIEN	DOSSIER: _____
		Paris le: _____



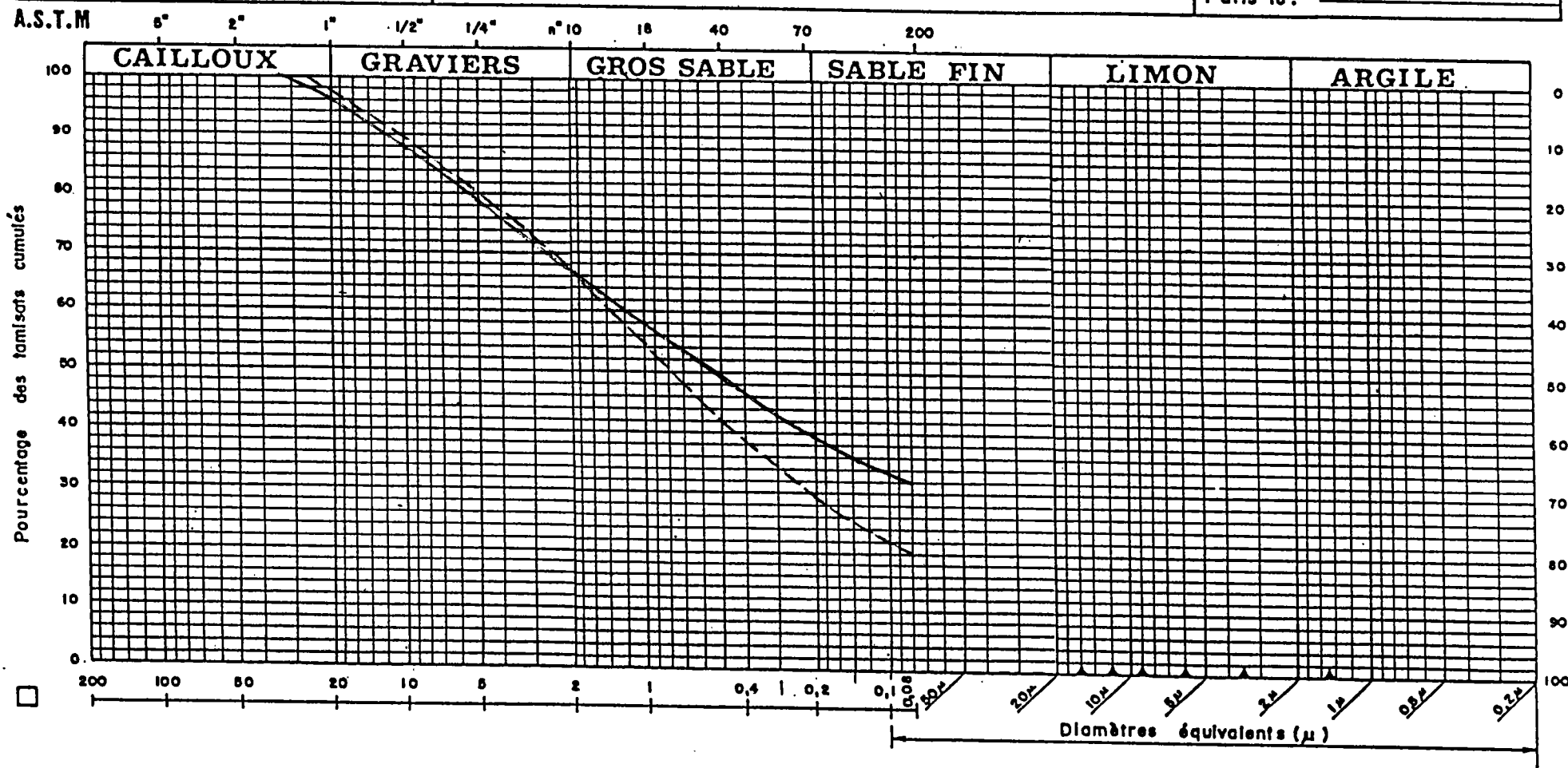
LIMITES D'ATTERBERG		E.S	
L.L.	I.P.	Piston visuel	
		24	<p>———— Carrière TPPL, niveau inférieur</p> <p>----- S3 3 à 6 m</p> <p>..... S3 6 à 10,60 m</p>

	ANALYSE GRANULOMETRIQUE	DOSSIER: _____
	TERTIAIRE	_____
		Paris le: _____



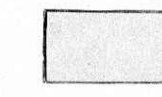
LIMITES D'ATTERBERG		E. S	
L.L.	I. P.	Piston visuel	
29	14	24	— S 12 0 à 2,50 m
			- - - S 4 0,70 à 2,40 m

	ANALYSE GRANULOMETRIQUE	DOSSIER: _____
	ALLUVIONS	_____
		Paris le: _____

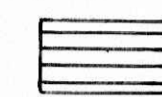


LIMITES D'ATTERBERG		E. S	
L.L.	I. P.	Piston visuel	
41	22		———— S8 1 à 2,40 m
25	10		- - - - S8 0,40 à 2,60 m

EXTENSION DU SENONIEN



Senonien affleurant



Senonien sous couverture
tertiaire et quaternaire

Echelle 1/50000

