

ÉTABLISSEMENT PUBLIC RÉGIONAL DE BRETAGNE

RECHERCHE D'ARGILES EN BRETAGNE

par

J.-P. CLÉMENT et P. DADET



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

Service géologique régional BRETAGNE - PAYS-DE-LA-LOIRE
Rue Henri-Picherit, 44300 Nantes - Tél.: (40) 74.49.00 - 74.56.75 - 74.94.49

76 SGN 342 BPL

R E S U M E

L'Etablissement public régional de Bretagne a demandé au Service Géologique national une étude des ressources en argiles de la Région Bretagne.

Après avoir rappelé quelques généralités sur les argiles, nous exposons les connaissances acquises sur ces roches en Bretagne et l'usage qu'on en fait.

Leur programme théorique d'étude en trois phases est détaillé, dont nous décrivons le déroulement pratique et les résultats avant de conclure.

La recherche a été axée, d'une part sur les argiles susceptibles d'utilisation en céramique, d'autre part sur les argiles bentonitiques.

Il s'avère que les argiles étudiées, qui représentent un peu tous les faciès et toutes les régions, soit ne possèdent pas les propriétés convenables pour l'usage céramique, soit ne se présentent pas en gisements exploitables.

Certaines de ces argiles peuvent par contre trouver une autre utilisation éventuelle (argiles expansées, sables de fonderie, argiles hyperalumineuses, grès à masse colorée), à étudier dans une phase ultérieure.

Des argiles montmorillonitiques (bentonites) présentant un certain intérêt sont signalées, leur situation dans un petit bassin tertiaire nécessiterait une campagne de sondages pour les étudier au mieux.

S O M M A I R E

	<u>Page</u>
RESUME	I
SOMMAIRE	II
1 - INTRODUCTION - BUT DE L'ETUDE	1
2 - LES ARGILES, GENERALITES	2
3 - LES ARGILES EN BRETAGNE	4
31 - Généralités	4
32 - Les argiles d'altération	4
33 - Les argiles sédimentaires des Bassins tertiaires	5
331 - Kaolinite	5
332 - Illites	5
333 - Attapulgite	5
334 - Montmorillonite	6
34 - Exploitation	6
4 - PLAN DE L'ETUDE	7
41 - Documentation	7
411 - Documentation générale	7
412 - Documentation détaillée	7
42 - Orientation	7
421 - Reconnaissance sur le terrain, échantillonnage	7
422 - Tests d'orientation	8
43 - Reconnaissance sommaire de gisement	8
431 - Géométrie des gisements, échantillonnage	8
432 - Essais et analyses	8
5 - PHASES PRATIQUES DE L'ETUDE	9
51 - Phase de documentation	9
511 - Définition des objectifs	9
512 - Recherche d'indices	11
52 - Phase d'orientation	13
521 - Reconnaissance sur le terrain, échantillonnage	13
522 - Tests d'orientation	14
53 - Résultats	15
531 - Argiles pour céramique	15
532 - Montmorillonite	16
6 - CONCLUSIONS, PERSPECTIVES	18
BIBLIOGRAPHIE	20

A N N E X E S

- 1 - (1 à 4) - Les utilisations des argiles
- 2 - Liste des indices prospectés
- 3 - Tableau des essais SFC
- 4 - (1,2,3) - Cartes générales des indices d'argiles prospectées (1/250.000)
- 5 - (1 à 7) - Cartes de localisation des indices retenus après essais (1/25.000
ou 1/20.000)
- 6 - Légende des cartes.

1 - INTRODUCTION - BUT DE L'ETUDE

A côté du kaolin, déjà bien étudié et largement exploité en Bretagne, cette région possède de nombreux indices d'autres argiles. Les diverses argiles trouvent dans l'industrie une gamme d'utilisations de plus en plus étendue (annexe 1). Il fallait en prospector les gisements possibles, dans le cadre d'une recherche systématique des ressources minérales de la Région et dans le but de promouvoir de nouvelles activités industrielles.

Le but de cette étude, que l'Etablissement public régional a confié au B.R.G.M. *, est donc l'inventaire préliminaire des argiles de Bretagne (autres que le kaolin) pouvant avoir un usage industriel.

* Convention du 30/09/75 avec l'Etablissement public régional.

2 - LES ARGILES, GENERALITES

Les argiles sont des roches constituées essentiellement par des phyllosilicates d'alumine hydratés, les "minéraux argileux" dont les plus courants sont :

- kaolinite (et halloysite)
- illites
- montmorillonite

- sépiolite et palygorskite(attapulgite), moins fréquents, diffèrent des précédents par leur structure moléculaire et leur richesse en magnésium. Les argiles contiennent aussi des minéraux accessoires et des impuretés : grains de quartz, calcite, dolomite, gypse, oxydes et sulfures de fer, feldspaths, micas, sels solubles (chlorures et sulfates), titane (rutile ou ilménite), manganèse, minéraux lourds, matières organiques.

Tous ces éléments constitutifs sont hérités plus ou moins directement de minéraux et roches érodés, altérés ou transformés. Le mode de formation permet de distinguer deux grandes catégories d'argiles :

- résiduelles ou d'altération : résidus de l'altération (météorique ou hydrothermale) in situ de certains minéraux de roches mères.
- sédimentaires : résultant des précédentes par un processus érosion, transport (à l'état libre), remaniement, sédimentation (argiles détritiques) ou bien érosion, transport en solution, précipitation chimique, sédimentation (argiles de néoformation).

Dans tous les cas des transformations de minéraux argileux peuvent intervenir.

La nature des roches mères, les conditions de milieu qui ont présidé à l'altération et à la sédimentation et les transformations postérieures interviennent dans la composition d'une argile, d'où la grande diversité de ces roches.

En plus des deux grandes catégories dépendant du gisement, les principales classifications des argiles se font d'après :

- la nature du ou des minéraux argileux
- la nature des impuretés, lorsqu'elles atteignent de fortes proportions
- les grands domaines d'application (argiles plastiques, réfractaires, smectiques, expansibles, colorantes...) ou plus précisément les utilisations dans un domaine restreint, par exemple en céramique (réfractaires, produits blancs, grès, terres cuites et faïences communes...)

L'identification minéralogique est réalisée par analyses chimiques, diffraction de rayons X, analyse thermique différentielle, microscopie électronique.

Les caractéristiques des argiles au point de vue industriel sont déterminées par une grande variété d'essais techniques spécifiques de chaque domaine d'utilisation.

3 - LES ARGILES EN BRETAGNE

31 - Généralités

Les deux grandes catégories d'argiles sont largement représentées en Bretagne : argiles d'altération surtout kaoliniques recouvrant de vastes surfaces dans l'intérieur et argiles sédimentaires variées dans les petits bassins tertiaires.

32 - Les argiles d'altération

On observe en Bretagne les vestiges de très puissantes altérations, d'âge paléogène (ante-Yprésien et Lutétien), dans lesquelles le facteur climatique prédomine. Ces altérations de type latéritique ont formé un épais manteau kaolinique, quelle que soit la roche affectée.

Toutefois, des "zones transitoires de départ de profils latéritiques fossilisées" montrent la kaolinite associée à d'autres minéraux argileux.

Des argiles mixtes se trouvent aussi à l'affleurement sur diverses roches, elles correspondent à une altération ménagée à rattacher à un climat arénisant, plus modéré que le précédent et qui a régné au Pliocène. Dans ce type d'altération le facteur climatique n'est plus prépondérant et les divers facteurs dépendant de la roche mère influent directement sur l'importance de l'altération et la nature des argiles formées. Ces divers facteurs peuvent être ramenés à deux principaux : composition chimique (richesse en bases) et drainage. Pauvreté en Ca et Mg (cas des grès, granites...) et bon drainage seront favorables à l'altération rapide en kaolinite. Pour des roches plus riches en bases, selon le drainage, un schiste à chlorite-micas sera plus ou moins vite altéré en une argile kaolinique micacée (illites) en passant par un mélange vermiculite-mica (bon drainage) ou chlorite gonflante-mica puis montmorillonite-mica (mauvais drainage). Dans le cas d'une roche basique (gabbro par exemple) il se forme surtout de la montmorillonite, avec une évolution partielle vers la kaolinite.

Indépendamment de ces argiles d'altération météorique, des processus hydrothermaux conduisent aussi à la formation d'argile kaolinique par altération en place des roches, leur gisement est généralement conforme à une zone fracturée, avec ou sans filon de quartz. Les gisements de kaolin de Ploemeur, Berrien, Plémet, Irvillac sont considérés comme d'origine hydrothermale.

33 - Les argiles sédimentaires des Bassins Tertiaires

331 - Kaolinite :

Les argiles kaoliniques proviennent d'une sédimentation détritique. Des vestiges de dépôts yprésiens à kaolinite et sables sont connus au large de Roscoff, à Port-Louis, et au Sud de la Trinité-Porhoët, la sédimentation a dû se faire dans des bassins peu profonds, mal conservés ou masqués par des dépôts ultérieurs. La grande époque de sédimentation kaolinique, sans détritiques grossiers, se situe à la fin de l'Eocène. La kaolinite provient du démantèlement de la couverture latéritique du Lutétien, et s'est déposée dans des dépressions étroites et profondes en bordure et au coeur du Massif Armoricaïn : Toulven, Rennes, St-Séglin, les Brûlais, St-Jacut du Mené (kaolinite + illites). Ces sédiments reposent fréquemment sur des roches latéritisées et sont recouverts par des formations postérieures (Stampien, Pliocène).

Les sables rouges du Pliocène présentent une fraction argileuse généralement diffuse, mais parfois en amas lenticulaires importants, constitués de kaolinite et illites. Ces dépôts, qui ont recouvert la bordure sud et la moitié du Massif Armoricaïn à l'Est d'une ligne Lorient - St-Brieuc, proviennent des zones d'altération ménagée dues au climat arénisant du Pliocène. Ils ont encore une grande extension, en particulier dans l'intérieur, mais contiennent donc peu d'argile libre.

332 - Illites

Une sédimentation chimique particulière à illites ferrifères est datée du Stampien. Ces illites vertes sont associées à l'attapulгите et à des carbonates dans des marnes ou argiles marneuses. Il n'y a pas de ségrégation de l'un ou l'autre minéral argileux selon certains niveaux en amas, dans les bassins de Langon, St-Séglin, Loutehel. Aux Brûlais l'illite verte apparaît seule, dans le bassin de Rennes le mélange illite et kaolinite subordonnée est la règle, tant dans les marnes et argiles sous le calcaire grossier à Archiacines que dans les argiles au-dessus.

333 - Attapulгите

Ce minéral argileux magnésien résulte ici d'une sédimentation chimique authigène en milieu marin particulier, à partir de lessivage d'épaisses zones d'altération latéritique. On le trouve au Lutétien supérieur (Campbon-44) et au Stampien où il est toujours en association paragénétique avec une illite ferrifère (et des carbonates) comme nous l'avons dit plus haut, seules les proportions des deux minéraux varient suivant la concentration en fer du milieu.

334 - Montmorillonite

Les trois époques de sédimentation montmorillonitique sont le Stampien, l'Helvétien, le Pliocène. Au Stampien, dans les bassins de Quessoy et de Landéan, à une sédimentation à kaolinite détritique, succède dans le temps et en s'éloignant de l'ancien rivage, un dépôt d'argiles (et de marnes et calcaires biochimiques à Quessoy) à montmorillonite dominante, probablement néoformée. La montmorillonite, dont le processus de formation est complexe, constitue l'essentiel de la fraction argileuse (diffuse, en petits niveaux ou à l'état de marnes) des faluns helvétiques dans les bassins du Quiou, Feins, Landujan, Médréac, Rennes. C'est aussi le minéral argileux principal du faciès redonien du Pliocène dont les témoins sont surtout localisés dans le Sud-Est de la Bretagne (Redon, Mernel) mais récemment reconnus au Nord de Rennes (Chasné-s/-Illet). Elle se trouve soit à l'état diffus dans les faluns redoniens, soit en lentilles parfois puissantes dans des sables, et paraît héritée de sols calcimorphes et de la dissolution des faluns miocènes.

34 - Exploitation

La Bretagne produit environ les 2/3 du kaolin extrait en France, dans les gisements du Morbihan (Ploemeur) et des Côtes-du-Nord (Quessoy). La production de Berrien (Finistère) a cessé en 1975, mais une nouvelle exploitation est projetée près de Langonnet (Morbihan). Un grand nombre d'indices ou d'anciennes petites exploitations de kaolin sont connus, mais les exigences du marché en kaolin de haute qualité, de charge et de couchage (papeterie, caoutchouc) limitent les possibilités de production, d'autant plus que les utilisations traditionnelles céramiques du matériau ne semblent plus intéresser la profession dans la région.

Une vieille tradition de poterie et fabrication de pipes en terre a longtemps existé en de nombreux points en Bretagne, les artisans faisant "oeuvre de pot" utilisaient diverses argiles et même des limons dans le Nord. D'importantes faïenceries ont fonctionné pendant des siècles à Rennes, Dinan, et surtout Quimper où cette industrie est encore prospère. IL ne reste que très peu de briqueteries en activité. L'exploitation des argiles bretonnes pour poterie, céramique, tuiles et briques n'est pratiquement qu'un souvenir.

Par contre il faut rappeler que des argiles expansibles sont exploitées à St-Jacut-du-Mené pour alimenter l'usine d'agrégats légers de St-Méen-le-Grand.

4 - PLAN DE L'ETUDE

L'inventaire des argiles comportera trois phases, les résultats positifs de la troisième pouvant provoquer une quatrième phase à faire dans une étude ultérieure.

41 - Documentation : on distinguera dans cette première phase deux étapes :

411 - Documentation générale

Une étude bibliographique (minéralogie, géologie, techniques d'analyses, d'essais, utilisations, économie) des argiles en général et des argiles en Bretagne, a inspiré l'exposé rapide qui précède. Ces données et la consultation de spécialistes B.R.G.M. et extérieurs devront permettre de mieux comprendre les problèmes posés, de fixer les objectifs et le processus de l'étude.

412 - Documentation détaillée

Elle consistera à :

- dépouiller la documentation "code minier" pour y relever des indices d'argiles signalés dans les puits, sondages ou carrières.
- relire en détail la littérature géologique régionale qui traite des argiles et en tirer d'autres indices.
- consulter les cartes géologiques existantes (1/80.000) pour y situer les indices retenus et étudier de possibles extensions.

Il en résultera une liste renseignée d'indices considérés comme conformes aux objectifs visés.

42 - Orientation

Cette phase, destinée à un dégrossissage de la liste d'indices, comportera deux étapes :

421 - Reconnaissance sur le terrain, échantillonnage

Tous les indices seront visités et étudiés sommairement, une

première élimination sera faite, basée sur la mauvaise qualité ou la non conformité aux objectifs évidentes de l'argile, ou des caractéristiques défavorables du gisement (localisation, étendue, puissance). Au cours des tournées de nouveaux indices pourront être rencontrés et étudiés de même. Les indices apparemment intéressants seront échantillonnés à la pelle ou à la tarière à main pour obtenir au moins une dizaine de kilos du produit à quarter et soumettre aux tests d'orientation.

422 - Tests d'orientation

IL s'agira d'une ou plusieurs séries de tests adaptés aux divers objectifs, effectués par des laboratoires spécialisés. Ils seront destinés à sortir du lot d'échantillons des argiles dont les propriétés principales sont conformes à certaines gammes d'utilisations.

43 - Reconnaissance sommaire de gisement

Cette phase comprendra aussi une étude de terrain et des essais de laboratoire.

431 - Géométrie des gisements, échantillonnage

Les indices retenus feront l'objet d'une étude photogéologique préalable, afin de préciser la forme et l'étendue du gisement. Puis ces données seront contrôlées sur le terrain par quelques sondages à la tarière mécanique légère, qui fourniront aussi l'épaisseur de la couche et de la découverte, et des échantillons en divers points et aussi différents niveaux du gisement. Un premier contour du gisement sera reporté sur la carte au 1/25.000. Les échantillons obtenus seront de l'ordre de 10 Kg chaque et seront préparés pour être soumis aux laboratoires.

432 - Essais et analyses

Les échantillons d'argiles des indices sélectionnés seront soumis à de nouveaux essais plus spécifiques et à des analyses plus complètes que dans la phase d'orientation. Cette connaissance plus précise des argiles permettra de mieux les cadrer dans les gammes d'utilisation, d'en mieux définir les possibilités d'emploi.

Si cette phase s'avère positive (gisement et qualité intéressante des argiles), une suite à cette étude devra être envisagée, pour définir exactement les gisements par sondages carottés, prospection électrique (résistivité) et les produits : analyses et essais complémentaires conduisant à l'établissement d'une fiche complète pour l'argile. La prospection de certains bassins tertiaires nécessitant des sondages profonds (à plus de 10^m) relève de cette étude ultérieure. Par ailleurs, d'intéressants guides découleront des résultats de cette phase, qui seront susceptibles de relancer la prospection.

5 - PHASES PRATIQUES DE L'ETUDE

51 - Phase de documentation

511 - Définition des objectifs

L'inventaire des argiles en Bretagne est un sujet brut d'une ampleur considérable, tant par l'étendue à prospecter que par la diversité des gisements et des argiles qu'on y trouve. Il convient donc de sérier les problèmes et d'adapter les objectifs aux moyens à notre disposition, qui ne permettent pas une étude exhaustive.

On se préoccupera de jouer seulement sur la diversité des argiles et non sur leur localisation géographique, et on s'intéressera tout spécialement aux argiles "nobles", à prix élevé, donc pouvant être exploitées à cubages moindres.

Les kaolins et argiles kaoliniques font l'objet de recherches menées par les grandes sociétés productrices, qui s'intéressent surtout, nous l'avons vu, à des qualités supérieures, mais il est vraisemblable qu'elles ne négligent pas pour autant de répertorier les gisements de qualité moindre qu'elles peuvent rencontrer. La prospection évitera donc les indices de kaolin hydrothermal et les contextes géologiques connus pour donner certainement des argiles purement kaoliniques : c'est le cas des zones granitiques, migmatitiques, etc... où l'altération, latéritique ou ménagée, conduit à la formation de kaolinite seule.

La demande d'argiles pour terres cuites (tuiles et briques en particulier) est devenue très faible en Bretagne, ce qui conduit à éliminer à priori les argiles colorées (bleu, vert, jaune, rouge). De telles argiles ferrugineuses, lorsqu'elles sont à dominante illitique peuvent être expansibles (St-Jacut du-Mené) et utilisées pour fabriquer des granules pour agrégats légers, mais leur prospection ne paraît pas un objectif prioritaire étant donné l'importance de la production actuelle de St-Méen.

la fraction argileuse (liant) des sables de fonderie est constituée de kaolinite ou (et) de bentonites, dont nous reparlerons. La profession préfère doser ses mélanges sable-argile à partir de matériaux purs plutôt qu'utiliser des argiles sableuses (sables de moulage naturels, à illite, halloysite, kaolinite), dont l'homogénéité granulométrique est rarement constante dans un gisement, d'où le peu d'intérêt d'axer la recherche sur de telles argiles, à signaler toutefois si rencontrées.

L'industrie cimentière n'est pas actuellement implantée en Bretagne, mais les constituants argileux nécessaires à une éventuelle cimenterie peuvent, comme cela se pratique ailleurs, être tirés directement de schistes, dont les réserves sont considérables. Certains ciments nécessitent des argiles kaoliniques ou montmorillonitiques, ce qui nous ramène à ces argiles particulières.

Dans la perspective de l'extraction de l'alumine à partir d'argiles hyperalumineuses, il pourrait y avoir un risque d'exploitation à cette fin de kaolins de haute pureté qu'il convient sans doute de réserver à plus noble usage, donc d'en connaître les gisements, ce dont s'occupent les kaoliniers. Cependant le procédé Péchiney H^+ (annexe 1-4) devrait permettre de traiter aussi bien directement des schistes, ce qui résoudrait le problème précédent et aussi celui des grosses réserves de minerai nécessaires. Aluminium Péchiney aurait déjà prospecté ces minerais potentiels en Bretagne.

L'industrie céramique élabore un grand nombre de produits à partir d'argiles de types variés. Les argiles destinées aux terres cuites et les argiles purement kaoliniques, matière première des réfractaires silico-alumineux ont déjà été écartées de ce programme. Par contre la découverte de gisements d'argiles, aptes à la confection des autres produits céramiques (faïence communes, grès, produits blancs) et qui auraient pu échapper aux recherches de la profession, est un objectif de premier intérêt pour inciter ou faciliter l'implantation en Bretagne d'unités de production industrielle, et pour promouvoir la création de nouveaux ateliers de céramique, alimentés en argiles de la région. Les propriétés requises des argiles pour la fabrication de chacun de ces produits sont très spécifiques, à tel point qu'il est très rare de trouver un gisement d'argile dont les propriétés soient telles qu'elle puisse être utilisée seule pour la fabrication d'un produit déterminé - On a recours à des mélanges avec d'autres argiles ou matières diverses - Il faut donc s'efforcer de présenter des argiles homogènes, dont les caractéristiques et propriétés ont été parfaitement déterminées par les essais et analyses techniques et technologiques d'usage (phase 3 de notre étude). Ces essais ne sont pratiqués que sur une matière reconnue utilisable en céramique, c'est-à-dire qui, en première approximation (phase 2 de notre étude), présente bonne plasticité, cohésion, homogénéité, pas d'impuretés grossières, et cuit blanc (ou au moins clair). Les argiles correspondant à cette description sont de couleur claire, composées de kaolinites et illites en proportion variable, $K \# i$ pour les faïences communes, $i > K$ pour les grès, $K > i$ pour les produits blancs. La prospection sera donc orientée vers : les argiles d'altération ménagée surtout de schistes, les argiles associées aux sables rouges pliocènes, les argiles sédimentaires de la fin de l'Eocène (phase 1 de notre étude).

Les montmorillonites (bentonites, argiles smectiques, terres à foulon, etc...) ont des propriétés particulières : grand pouvoir plastifiant, pouvoir gonflant, pouvoir absorbant et grande capacité d'échange de cations. Grâce à ces propriétés, elles sont utilisées comme liant pour sable de fonderie, terre dégraissante, pour décolorer les huiles, clarifier et épurer divers liquides (eaux, vins, alcools...), comme catalyseurs en pétrochimie, boues de forage et coulis d'injection, dans l'industrie du caoutchouc, etc... La production française de ces argiles nobles est très faible, les besoins sont assurés par l'importation et les prix sont élevés, il serait donc intéressant d'en trouver de nouveaux gisements. La prospection s'orientera en Bretagne vers : l'altération des roches basiques, les bassins sédimentaires redoniens, helvétiens, stampiens. En phase 2 un tri sera fait grâce au test simple de capacité d'adsorption du bleu de méthylène. Les essais et analyses plus complexes seront faits éventuellement en phase 3, pour définir la montmorillonite au point de vue chimique, et ses emplois possibles.

L'attapulгите a une grande gamme d'utilisations voisine de celles des montmorillonites, auxquelles on la préfère pour les boues de forage en mer. C'est aussi une argile noble, rare en France. Dans les bassins sédimentaires du Stampien breton, elle se trouve toujours intimement liée à une illite ferrifère, et ne peut être isolée.

En résumé la prospection sera orientée vers la recherche de deux grands types d'argiles :

- argiles pour céramique (illite-kaolinite) dans les zones d'altération ménagée surtout des schistes, le Pliocène sableux, les bassins de la fin de l'Eocène.

- argiles montmorillonitiques dans les altérations de roches basiques, les bassins redoniens, helvétiques, stampiens.

512 - Recherche d'indices

Si les bassins tertiaires sont à peu près connus, fournissant donc des indices faciles à localiser, il n'en est pas de même pour les formations d'altération sur l'immense surface occupée par les roches schisteuses qui nous intéressent. On aura donc recours pour ces dernières à un "coup de filet" couvrant le plus possible d'indices, répartis un peu partout et dans les diverses formations schisteuses de tous les âges.

- Code minier : les fiches "Code minier" de toute la Bretagne ont été consultées (75 feuilles au 1/50.000). Les renseignements sont de qualité très diverse, selon le type d'ouvrage, le mode opératoire, l'origine et la précision des observations notées. Ils fourniront toutefois la grande masse des indices d'argiles d'altération et quelques précisions intéressantes concernant ceux liés aux sables pliocènes.

- littérature géologique : les principaux travaux publiés proviennent de l'Université de Rennes et traitent essentiellement des bassins tertiaires. Ces études sont surtout minéralogiques, sédimentologiques, paléontologiques et il convient de ramener leurs données sur le plan pratique que nous recherchons. Ce sera la source de la plupart des indices sédimentaires, surtout dans l'Est de la région. De rares publications concernent le Pliocène de la Bretagne centrale et occidentale - Pour la connaissance générale des problèmes d'altération, la thèse de J. ESTEOULE-CHOUX a servi de principal guide. Plus de la moitié des indices retenus dans les Côtes-du-Nord sont tirés de l'inventaire d'Y. HERROUIN (B.R.G.M.)

- cartes géologiques : les cartes existantes, au 1/80.000, manquent souvent de la précision qui serait souhaitable pour situer géologiquement les indices, et ne donnent pas de renseignements directs sur l'altération. Elles sont cependant une source importante d'occurrences attribuées à tort ou à raison au Pliocène sablo-argileux, que nous recherchons.

Cette phase documentaire a permis une première sélection de 163 indices* (Code minier 39, littérature 67, carte 57). Il se répartissent géographiquement en : Morbihan 67, Ille-et-Vilaine 56, Côtes-du-Nord 50, Finistère 10. Géologiquement on y trouve : argiles d'altération 84 (Briovérien 60, Cambrien 1, Ordovicien 7, Silurien 2, Dévonien 9, Carbonifère 3, Gabbro 2), argiles sédimentaires 79 (Pliocène 74, Oligocène 3, Eocène 2).

* Ces indices dont la liste est donnée en annexe 2, sont localisés sur les cartes au 1/200.000 (Annexe 4)

52 - Phase d'orientation

521 - Reconnaissance sur le terrain, échantillonnage :

La visite de tous les indices sélectionnés a conduit à en éliminer environ les 4/5. Cette discrimination était basée sur l'observation du site et l'appréciation grossière des propriétés des argiles rencontrées. D'une part l'absence, l'exiguité ou (et) la faible épaisseur du gisement, ou sa mauvaise situation (zone urbanisée, zone de protection de captages d'eau potable, etc...) ont été les critères de sélection liés au site. D'autre part ceux liés à l'argile étaient : couleur trop vive, présence de trop d'impuretés, matière trop micacée ou trop sableuse. Cette prospection, faite à la pelle et à la tarière à main, n'atteint que la tranche de la surface à 2-3^m de profondeur, mais son domaine d'investigation est souvent amélioré par la présence de carrières d'excavations diverses, tranchées... Elle est suffisante, à ce stade de l'étude, pour les argiles d'altération et les argiles sédimentaires proches de la surface. Les argiles sédimentaires plus profondes devront être recherchées par sondage et faire l'objet d'une étude particulière. Notons que dans beaucoup de cas, les petits bassins tertiaires à niveaux sableux ou calcaireux constituent une réserve aquifère avec captages, où une exploitation d'argiles créerait des nuisances inacceptables.

Pour chaque indice retenu, quelques dizaines de kg d'argile ont été prélevés puis réduits par quartage à un échantillon de 2 kg pour les essais céramiques ou de 500 gr. pour les montmorillonites. Pour certains indices complexes ou étendus, deux échantillons ont été préparés.

Cette tournée de prospection nous a inspiré quelques remarques concernant le repérage sur le terrain de dépôts d'argile et de zones de forte altération argileuse. Les zones schisteuses en colline ou plateau, sans cultures, couvertes de landes, lorsqu'elles ne sont pas rocheuses sont argileuses et l'épaisseur de l'altération peut atteindre plusieurs mètres d'argile et dizaines de mètres de schistes pourris encore structurés. Pour le repérage sur carte, cela introduit un guide toponymique intéressant : le mot "lande" ou "lann". Les dépressions en cuvette, parfois perchée ou leurs lambeaux résiduels, les tronçons de vallée rectilignes à fond large et plat recouvert par des prêtres humides à marécageux, correspondent souvent à des dépôts d'argile, dans de petits bassins ou fossés. Ils peuvent se trouver au contact de schistes et de roches plus dures, ou le long d'accidents tectoniques, comme le sont les petits bassins tertiaires déjà connus. La carte gravimétrique du Massif Armoricaïn indique certains linéaments intéressants à cet égard, ainsi l'alignement N.NW - S.SE des bassins tertiaires entre la baie d'Yffiniac (22) et Nort-sur-Erdre (44). Les formations argileuses qui remplissent ces dépressions peuvent être des sédiments de divers âges tertiaires ou bien des dépôts détritiques subautochtones pliocènes ou plus récents. Dans l'Est de la Bretagne, le terme "La Noë" indiquant des lieux humides, peut être un guide sur la carte.

A l'issue de cette reconnaissance 44 indices (dont 8 sur les 20 nouveaux découverts au cours des tournées) ont été retenus : 24 en Ille-et-Vilaine, 12 dans les Côtes-Du-Nord, 5 dans le Morbihan, 3 dans le Finistère. Ils se répartissent géologiquement en : argiles d'altération 24 (Briovérien 13, Ordovicien 3, Silurien 2, Dévonien 3, Carbonifère 2, Gabbro 1), argiles sédimentaires 20 (Pliocène 16, Oligocène 3, Eocène 1). Du point de vue utilisation on distingue : céramique 39 (altération 26, sédimentaire 13), montmorillonite 5 (altération 1, sédimentaire 4).

Ces chiffres, comparés à ceux de la première sélection, mettent en évidence les bons résultats prévisibles dans les schistes paléozoïques et les bassins paléogènes, l'intérêt relatif du Briovérien, et les problèmes posés par le Pliocène sablo-argileux décidément mal connu.

522 - Tests d'orientation

- Céramique : cuisson à 1000°C et appréciation des propriétés en cru et en cuit, faits au laboratoire de la Société Française de Céramique (SFC) à Paris. Après la cuisson 32 échantillons, sur les 50 proposés (provenant de 44 indices), ont été éliminés car cuisant rouge. L'appréciation de la plasticité, cohésion, homogénéité sur cru et sur cuit a conduit finalement à en retenir 7 sur 18, l'élimination des 11 autres ayant en général pour cause un excès de mica ou de sable mêlés à la matière argileuse (voir tableau annexe 3). Parmi les 7 sélectionnés on trouve : 4 en Ille-et-Vilaine (1 argile d'altération de schistes à Calymene ordoviciens, 1 argile d'altération de schistes briovériens et 2 argiles sédimentaires pliocènes) - 1 dans les Côtes-du-Nord (altération de gneiss avec amphibolites) - 1 dans le Morbihan (Pliocène) - 1 dans le Finistère (Eocène).

Ces tests montrent bien qu'il est très rare de trouver des argiles d'altération de roches schisteuses cuisant blanc, c'est-à-dire blanches, crèmes, grises ou noires (lorsque le pigment noir est de nature organique), et dont par ailleurs la teneur en micas n'est pas excessive. Pour les argiles sédimentaires étudiées, l'excès de sable est l'inconvénient le plus répandu.

- Montmorillonite : mesure de la capacité d'adsorption du bleu de méthylène, faite au Département Minéralurgie du B.R.G.M. à Orléans. Cette mesure, en relation avec la surface spécifique et la capacité d'échange de cations des argiles, permet donc de sélectionner des matières susceptibles d'avoir des propriétés bentonitiques convenables. Sur les 6 échantillons proposés (provenant de 5 indices), un seul mérite une étude plus approfondie, il provient d'Ille-et-Vilaine (argile oligocène). On notera que deux échantillons montrant des propriétés intéressantes sont éliminés pour trop grande abondance de carbonates, qu'un traitement physique ne permettrait pas de séparer (14-1 et 28-1).

53 - Résultats

531 - Argiles pour céramique

Les lieux de prélèvement des argiles sélectionnées ont été revus et des sondages à la mototarière (profondeur 5-6 m) effectués sur la zone d'extension possible du gisement, estimée d'après les observations de terrain et les photos aériennes. Ces indices sont localisés sur les cartes au 1/25.000 ou 1/20.000 (annexes 5).

Les 7 échantillons retenus, classés par ordre d'intérêt décroissant (la plasticité étant le critère dominant), sont :

- n° 13.7 - La Fouaye (Pacé - 35) : l'échantillon provient du talus de la N 12 (déviation de St-Gilles). La prospection serrée du secteur et les sondages mototarière ont montré qu'il s'agissait d'un accident argileux de très faible importance, passant progressivement à un contexte essentiellement sablo-argileux à sableux pliocène.

- n° 4.2 - carrière de St-René (Hillion - 22) : l'échantillon provient des déblais à l'Est de l'ancienne argilière ennoyée. Cette carrière, comme celles de la Ville Gouranton en Pommeret, alimentait la briqueterie de St-Ilan. La prospection détaillée montre que l'argile, provenant de l'altération de "schistes amphiboliques feldspathisés" présente une assez forte hétérogénéité, due à celle de la roche mère. Les faciès plus vivement colorés dominant, ainsi l'échantillon 4.3 qui cuit rouge. Cette hétérogénéité et le gisement en petites poches sont défavorables.

- n° 16.1 - Toulven (Ergué-Armel - 29) : l'échantillon sélectionné (16.1.1) a été prélevé dans la carrière du Ménez-Bily, ainsi qu'un autre d'argile sombre (16.1.2) qui a cuit rouge. Le front de taille montre aussi de grandes passées sableuses lenticulaires dans les argiles claires à niveaux sombres contournés et discontinus. L'argile, anciennement utilisée par une briqueterie, sert à faire des carreaux de revêtement. Le bassin argileux éocène s'étend vers le SW, axé sur l'Anse de Toulven. Une campagne de sondages dans la zone située entre La Briqueterie et l'Anse a montré qu'il pouvait atteindre plus de 20^m d'épaisseur, comprenant des argiles variées et beaucoup de sables, ce qui semble avoir suspendu les recherches. Il y a là de grosses réserves d'argiles de qualités variables sans répartition homogène, avec de fréquentes lentilles sableuses, donc un gisement difficile à exploiter pour l'obtention d'une matière de bonne qualité constante

- n° 21.1A - Le Chêne (Mohon - 56) : l'échantillon a été pris dans un fossé de drainage. Un sondage à la mototarière dans ce fossé, ainsi qu'un autre près de la route à l'ouest ont montré que l'argile devenait progressivement de plus en plus sableuse en profondeur et perdait rapidement les qualités de l'échantillon essayé. Ni les autres sondages mototarières dans la vaste zone de sables rouges pliocènes qui s'étend vers le Nord jusqu'à la Trinité-Porhoët, ni les carrières de sable ne montrent de niveaux d'argile franche. L'échantillon pris dans le flat marécageux près du Camboudin (11.7F) est aussi très finement sableux.

Le premier sondage à l'Est de 2I.IA marque la bordure SE du dépôt sablo-argileux, le suivant plus à l'est est sur les schistes briovériens altérés. Il s'agit de lentilles argileuses, d'épaisseur métrique, passant progressivement à des argiles sableuses puis à des sables plus ou moins argileux, le gisement semble donc défavorable, à moins que les résultats, encore non publiés, d'une récente campagne de sondages pour sable dans ce secteur (SIMURA), n'apportent quelques données positives.

- n° 23.11 - Teillay 35 : l'échantillon provient d'une carrière où l'argile est exploitée comme fraction grasse par une briqueterie. C'est une poche d'altération dans les schistes à Calymène, de faible extension mais sans doute répétitive. Les faibles qualités montrées par cette argile aux essais confirment que son utilisation actuelle paraît la meilleure.

- n° 23.13 - La Lande de Tellé (St-Erblon - 35) : l'échantillon a été pris dans une pièce d'eau en cours de creusement, dans une vaste zone plate argileuse d'environ 120 ha, où des excavations montrent une ancienne exploitation d'argiles. Les sondages mototarière répartis dans la zone ne montrent jamais plus de 2 à 3^m d'argile, généralement assez colorée, et beaucoup de pierraille de quartz. L'échantillon lui-même étant déjà de qualités marginales et relativement coloré, le sujet n'est pas à retenir.

- 23.15 - Chartres-de-Bretagne - 35 : l'échantillon a été pris dans des fondations, pour son aspect engageant, quoique l'on soit en pleine zone d'urbanisation. Ce dernier facteur prédomine pour éliminer cet indice, les essais donnant des résultats à peine passables.

532 - Montmorillonite

Près de Landéan (35), d'anciennes carrières peu profondes exploitaient jadis une argile verte comme "terre à foulons". Une série de sondages faits en 1946, dans le secteur l'Artoire - la Rouxalais - la Motte, montrent que le bassin sédimentaire tertiaire qui contient ces argiles est axé sur un fossé à peu près NS, à bords abrupts, profond de 71^m entre la Rouxalais et le Nançon. Les limites du bassin, zone plate dans la vallée du Nançon, ont été esquissées sur la carte au 1/20.000, d'après J. Estéoule-Choux, qui a pu analyser quelques échantillons provenant des sondages.

Dans le sondage qui a atteint 71^m, sous 5^m de sables, graviers et argiles pliocènes, on trouve 6^m d'argile verte à montmorillonite et attapulgite (+ kaolinite), datée du Sannoisien (oligocène inférieur), surmontant d'autres formations surtout argileuses, essentiellement kaoliniques (selon les quelques échantillons conservés). Deux autres sondages, près de la Motte, montrent aussi des argiles, sur 7^m et 21^m, contenant de la montmorillonite, sans précision de position ni de pourcentage de ce minéral.

En 1962, le B.R.G.M. a effectué un échantillonnage à la tarière à main (0 - 3^m), les six échantillons recueillis contiennent de 10 à 85 % de montmorillonite et les essais technologiques pratiqués donnent des résultats très variables et peu concluants dans l'ensemble.

Dans le cadre de la présente étude, nous avons recherché l'extension possible des argiles montmorillonitiques, près de la surface, en dehors de la zone déjà prospectée. L'échantillon n° 15-1, retenu aux essais, présente toutefois une capacité d'adsorption assez faible pour une argile bentonitique : quantité de colorant adsorbé 104,6 mg/g. alors que les bentonites commerciales adsorbent dans les mêmes conditions d'essais 398 mg/g. La proportion de montmorillonite y est donc peu élevée, mais cela montre une certaine extension vers le Nord des argiles qui en contiennent. Les sondages mototarière en d'autres points ont pu atteindre au mieux 4^m50 dans des argiles finement sableuses, micacées ou des sables, restant probablement dans la couverture pliocène, dont l'épaisseur résiduelle est variable.

En définitive, la prospection des argiles montmorillonitiques intéressantes de ce bassin nécessiterait une campagne de sondages plus profonds (10^m), les résultats de la tranche superficielle étant par trop irréguliers.

6 - CONCLUSIONS, PERSPECTIVES

La découverte en Bretagne d'argiles pour usage céramique se heurte donc à diverses difficultés en rapport avec les qualités recherchées ou avec le gisement.

Les argiles d'altération sont le plus souvent trop riches en fer pour cuire blanc, ou bien l'excès de mica leur donne un manque de cohésion nuisible. Par ailleurs leur recherche est rendu aléatoire par leur mode de gisement en poches. Enfin, les zones altérées importantes résultent le plus souvent d'un processus conduisant à la formation de kaolinite seule (argiles intéressantes comme hyperalumineuses), et non à celle du mélange kaolinite-illite recherché.

Les argiles sédimentaires à illite-kaolinite rencontrées ont des qualités technologiques intéressantes lorsqu'elles ne sont pas mêlées à du sable. Mais le faciès argilo-sableux est le plus fréquent, admettant quelques passées lenticulaires argileuses à bords diffus dans le Pliocène sablo-argileux ; celles que nous avons prospectées sont très petites, des sondages profonds pourraient en révéler d'autres plus importantes. Dans les bassins éocènes la sédimentation est tourmentée, des passées sableuses désordonnées envahissant des niveaux argileux eux-mêmes hétérogènes.

Pour en terminer avec les argiles à usage céramique, il faut rappeler que, si les "grès" français sont traditionnellement blancs, des grès à masse colorée sont fabriqués en Italie et en Espagne, puis émaillés ou décorés, et rencontrent un certain succès sur le marché français. La sujétion de la couleur étant écartée, des perspectives nouvelles pourraient s'ouvrir pour des ateliers utilisant de petits gisements d'argiles d'altération, même colorées. Le fer devrait toutefois s'y trouver sous une forme convenable, pour éviter les inconvénients que présentent à la cuisson les grosses particules, en particulier de pyrite. Ces petits gisements pourraient être recherchés par exemple sur les schistes à Calymène de l'Ordovicien, à Châteaubriant (44) les argiles qui en résultent sont grésantes.

Par ailleurs, les défauts énumérés à propos des argiles à usage céramique peuvent constituer des qualités pour d'autres utilisations :

- l'excès de fer, dans une argile mixte où la kaolinite est subordonnée, généralement à l'illite, peut donner une matière expansible. Si l'on recherchait d'autres gisements que celui de St-Jacut-du-Méné, on pourrait s'intéresser à d'autres petits bassins tertiaires du grand alignement Yffiniac-Saffré : Langon, St-Séglin, les Brûlais, Loutehel. Une prospection par sondages à 10-15^m serait nécessaire.

- l'excès de sable, dans le Pliocène sablo-argileux, peut conduire à des sables fins peu argileux utilisables dans les sables de fonderie (Montauban de Bretagne - 35 ou Mohon -56) mais cette qualité du matériau est réalisée seulement dans un faciès particulier de la série qui va, dans ces gisements hétérogènes, de l'argile au sable grossier.

Dans une nouvelle phase de recherches, la priorité devrait être donnée à la montmorillonite du bassin de Landéan, qu'il convient de tester et évaluer par sondages dans toute l'étendue du bassin. Son utilisation, après traitement si nécessaire, comme liant de sables de fonderie synthétiques, argile bentonitique de charge, antimottant pour engrais, support dans les aliments du bétail, etc... pourrait être envisagée.

BIBLIOGRAPHIE

- ABRARD R. (1941) - Les lambeaux éocènes des côtes méridionales de Bretagne - Bull.Mus.Hist.Nat.Paris. 2e série t XIII, n° 3.
- ALLARD et MARIONNAUD (1972) - Recherche d'argile en Angoumois et Limousin - Rapp BRGM - 72 SGN 016 AQI.
- APOSTOLESU V., DURAND S., ESTEOULE J., ESTEOULE-CHOUX J. et LECALVEZ Y. (1963) Découverte d'oligocène marin fossilifère à 8 km au sud de la baie de St Brieuc - CR Ac.Sci. 256, p 4690 - 4692.
- CHAUVEL J. (1956) - La faune pliocène de St Jean-la-Poterie (Morbihan). Bull.Soc.Géol.Miné.Bretagne -2- p 66-74.
- CHOUX J. (1956) - Tertiaire et quaternaire de la Haute-Rance. Bull.Soc.Géol.Miné.Bretagne -1- p 1-50.
- CHOUX J. (1956) - Note complémentaire à l'étude des sables rouges de la Haute-Rance (environs de Quédillac) - Bull. Soc. Géol.Miné.Bretagne -2- p 107-119.
- CHOUX J. et DURAND S. (1958) - Le néogène de la Rance moyenne. Bull.Soc. Géol.Miné.Bretagne -1- p 34-61.
- CHOUX J. (1959) La cuvette de Landéan (Ille et Vilaine). Etude des sédiments et des formations résiduelles. Bull.Soc. Géol.Miné.Bretagne -2- p 1-34.
- CHOUX J. DURAND S. et MILON Y. (1960) - Observations nouvelles sur la constitution et l'évolution de la cuvette de Toulven (Finistère). Bull.Soc.Géol.Miné.Bretagne - Nouvelle série - fasc. 1 - p 19-69.
- CLUSEAU R. (1958) - Etude par sondages électriques, résistivité et magnétisme des anomalies gravimétriques légères en Bretagne. Rapport BRGM. A 1311.
- DANGEARD L. et MILON Y. (1922) - Etude de la formation redonienne du Vieux-Chartres (Sud de Rennes) et de son contact avec l'Eocène - Bull.Soc.Géol.Miné.Bretagne -2- p 505-520.
- DANGEARD L. (1927) - Eocène des environs de Lorient - Gisement de Kersabiec et de Sterbouest - Bull.Soc.Géol.Miné. Bretagne VII, fasc. 1 et 2, p 70-74.

.../...

- DURAND S. et MILON Y. (1957) - Gravimétrie et tectonique tertiaire en Bretagne - Bull.Soc.Géol.Miné.Bretagne -2- p48-67.
- DURAND S. (1960) - Le tertiaire de Bretagne - Etude stratigraphique sédimentaire et tectonique - Mém.Soc.Géol.Miné. Bretagne. t 12, 389 p.
- ESTEOULE - CHOUX J. (1961) - La sédimentation argileuse dans le bassin tertiaire du Quiou (Côtes-du-Nord) - Bull.Soc.Géol. Miné.Bretagne - 1 - p 179-195.
- ESTEOULE - CHOUX J.(1967) - Contribution a l'étude des argiles du Massif Armoricaïn - Argiles des altérations et argiles des bassins sédimentaires tertiaires - Thèse fac.Scién.Rennes. et Mém.Soc.Géol.Miné.Bretagne 1970 - t 14 - 319 p.
- ESTEOULE - CHOUX J. (1968) - Les argiles du Massif Armoricaïn - Mém. Soc.Géol.Miné.Bretagne. t 13 - P 69-77.
- ESTEOULE - CHOUX J., MARGEREL J.P. et PARIS F. (1972) - Découverte d'argiles pliocènes fossilifères à 17 km au Nord-Est de Rennes. C.R. Acad.Sci. 274. n° 16. p 2276-2279.
- ESTEOULE - CHOUX J., OLLIVIER-PIERRE M.F. (1973) - Présence de dépôts lacustres d'âge eocène en Bretagne centrale, à la Trinité-Porhoët (Morbihan) - C.R.Acad.Sci.277 n° 7. p. 633-635.
- GAUTIER M. (1940) - Les formations pliocènes de la Bretagne Centrale, et leur signification morphologique. Bull.Assoc.Géographes - n° 128. p 45-46.
- GAUTIER et GUILCHER (1947) - Contribution à l'étude du pliocène breton - C.R.S.S.G.F. - 3 février - p 40-41.
- HERROUIN Y. (1972 et 1973) - Ressources du sous-sol des Côtes-du-Nord. Première partie : ardoises, argiles - Rappt BRGM - 72 SGN 042 BPL et 3e partie id. 73 SGN 011 BPL.
- JAEGER J.L. (1967) - Un alignement d'anomalies légères coïncidant avec des bassins tertiaires en Bretagne. Contribution de la carte gravimétrique à la géologie du Massif Armoricaïn - Mém. BRGM. n° 52. p 91-102.
- JAMET R. (1964) - Etude sédimentologique des formations superficielles du plateau de Guisriff - DES Rennes.
- JAVEY C. (1967) La bentonite, ses propriétés, ses utilisations - Rappt BRGM DS 67 B 33.

- JAVEY C. (1971) - Principales matières premières utilisées dans l'industrie céramique - Rappt BRGM - 71 SGN 028 BGA.
- KLEIN C. (1957) - A propos de la Montagne Noire Armoricaire. Bull. Assoc.Géographes. n° 269-270. p 22-36.
- KLEIN C. (1962) - Roches "malades", minerais de minières et grès ladères dans la région de Chateaubriant (L.A.) C.R. Acad.Sci, 12/3/62. p 2195-2197.
- MARIONNAUD (1973) - Recherche de gisements d'argile dans la région de Gironde. Phase documentaire. Rappt BRGM 73 SGN 114 AQI
- MILLOT G. (1964) - Géologie des argiles - Masson, Paris, 499 p.
- MILON Y. (1932) - L'extension des formations sidérolithiques éocènes dans le centre de la Bretagne. C.R.Acad.Sci, 194, 1360-1361.
- MILON Y. (1935) - Les dépôts résiduels du Pb de Laniscat (Côtes-du-Nord). C.R. Soc.Géol.Miné.Bretagne 1935, n° 3, p 8 et Bull. Soc.Géol.Miné.Bretagne 1936, p 14-26 et 1937 p 4-9.
- MUNIER P. (1951) - Le mécanisme du grésage et de la vitrification. L'Industrie céramique n° 423, 8-9/1951, p 163-168.
- MUNIER P. (1951) - Les argiles utilisables pour la fabrication des grès. L'Industrie céramique, n° 424, 10/1951, p 193-201.
- NICOLAS J. (1956) - Contribution à l'étude géologique et minéralogique de quelques gisements de kaolin bretons. Thèse Sci. Paris, 254 p. et Mém.Soc.Fr.Céram.1957.
- NICOLAS J. (1957) - Etude comparative de quelques argiles du Westerwald, du Palatinat et de la région de Chateaubriant. Bull. Soc.Fr.Céram. n° 35 p 127-134.
- NICOLAS J. (1957) - Sur la présence d'un important gisement d'argile dans la région de Forhéleau (Côtes-du-Nord). CR Acad.Sci. t; 245, p 96-98.
- NICOLAS J. (1958) - Les argiles des Landes du Méné. Bull.Soc.Fr.Céram. n° 39, p 89-99.

A N N E X E S

SGN 342 BPL 76

Utilisation du KAOLIN

Quartz Feldspath Talc Alumine	Liant Céramique	Rhéologie Retrait Porosité Solidité - Résistance Couleur	Porcelaine - Poterie - Faïence blanche - Faïence sanitaire - Tuiles - Electro-céramique - Enceintes réfractaires - Objets en cordiérite, en mullite -	
Soude, C et S	Thermique et chimique	Fusion	Pigments Outremer	
Calcination avec H ₂ SO ₄		Produits divers	Sulfate d'alumine - Alumine Catalyseurs - Peintures pour moules de fonderie - Adsorbants -	
K ₂ SiO ₃	Liant chimique	Résistance thermique	Ciment réfractaire	
Na ₂ SiO ₃ Plastiques		Résistance chimique	Ciment résistant aux acides	
Lignine Na ₂ SiO ₃ Latex Amidon	Enduits	Rhéologie Pénétration Propriétés adhésives	Linoléum et revêtements de sols - Papier gaufré - Surfaces photographées pour supports en bois - Feutres pour revêtements de panneaux métalliques -	
Caséïne	adhésifs	et Couleur	Apprêt des textiles - Papier d'art - Papier murale - Revêtements protecteurs - Revêtements pour isolation électrique -	
P.F., P.V.C. Furfurol Cashew nut etc...	Charges	Résistance aux moisissures, Résistance chimique et thermique - Couleur Propriétés mécaniques	Revêtements plastiques pour canalisations, containers, etc, - Tuiles plastiques, briques pour pavage et autres objets - Compositions pour scellements	
Caoutchouc			Caoutchouc	
Mélanges			Couleur Réceptivité des encres Rhéologie	Papier
			Couleur Dureté et autres propriétés rhéologiques	Encre - Cuir - Textiles - Savon - Objets en amiante Disques de phonographie - Compositions bitumineuses - Bandes transporteuses - Compositions isolantes pour toitures -
Graphite		Liants	Crayons	
Colle Caséïne Silicates		Couleur Allongement Suspension	Peintures - "Calciminés" - Détrempe - Peinture à l'eau - Peintures silicatées - Peintures insecticides et microbicides	
Talc, etc...	Poudres	Absorption et Couleur	Cosmétiques, Pharmacie	
Poisons	etc		Pesticides	
Sable	Liants	Point de fusion	Matériau pour liant de fonderie	
Oxydes		Rhéologie	Revêtements de baguettes de soudure	
Abrasifs			Meules	

Annexe 1 - 2

Aperçu sur les principales fabrications céramiques

Type de produit	Constituants (matières premières)	Limites classiques de composition en %
<u>Terre cuite</u> Tuiles et briques, poterie	une ou plusieurs <u>argiles</u> , cuisant rouge, de plasticité variable (plus ou moins sableuse)	Proportion du mélange à déterminer en fonction des matières premières et du mode de fabrication.
<u>Grès</u> • Grès commun (tuyaux, jarres) • Grès cérame (carreaux pour revêtement de sols) • Grès sanitaires (évier, etc...)	- <u>matières argileuses</u> : <u>argiles plastiques</u> grésant naturellement aptes à différents modes de façonnages : filage, pressage, calibrage, coulage. - <u>Matières fondantes</u> éventuellement utilisées pour améliorer la fusibilité : feldspath - <u>Matières dégraissantes</u> : <u>silice</u> (sables divers) ou <u>chamotte</u> (argile cuite broyée)	argiles grésantes 40 - 60 fondants (facultatifs) 0 - 15 dégraissants 20 - 50
Faïence commune	<u>Matières argileuses</u> - une ou plusieurs <u>argiles communes</u> , plus ou moins colorées à la cuisson, présentant une aptitude suffisante au colmatage et au coulage.. - addition éventuelle de <u>kaolin</u> pour améliorer la blancheur. <u>Matières fondantes</u> : <u>carbonate de calcium dolomie</u> ou <u>talc</u> <u>Matières dégraissantes</u> : <u>sable</u> ou <u>quartz</u>	matières argileuses 40 - 60 fondants 10 - 30 dégraissants 20 - 30
<u>Faïence fine</u>	<u>Matières argileuses</u> : - une ou plusieurs <u>argiles cuisant blanc</u> présentant une aptitude suffisante au calibrage et au coulage - un ou plusieurs <u>kaolins cuisant blanc</u> . <u>Matières fondantes</u> : essentiellement feldspath. <u>Matières dégraissantes</u> : <u>sable pur</u> ou <u>quartz broyé</u> .	Matières argileuses 40 - 50 fondants 10 - 24 dégraissants 25 - 40

Type de produit	Constituants (matières premières)	Limites classique de composition en %
Porcelaine	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Matières argileuses</u> : <ul style="list-style-type: none"> - <u>argiles plastiques</u> cuisant blanc - <u>kaolin</u> cuisant blanc - <u>Matières fondantes</u> : <u>feldspath</u> essentiellement - <u>Matières dégraissantes</u> : <u>quartz</u> broyé ou <u>sables</u> très purs 	Matières argileuses 40 - 60 fondants 20 - 40 dégraissants 15 - 30
<u>Vitreous</u> (articles sanitaires vaisselle d'hôtel)	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Matières argileuses</u> : <ul style="list-style-type: none"> - <u>argiles</u> cuisant relativement blanc, aptes au coulage et au calibrage. - <u>kaolin</u> cuisant blanc - <u>Matières fondantes</u> : feldspath, <u>néphéline</u> - <u>Matières dégraissantes</u> : sables purs ou <u>quartz</u> broyé 	Matières argileuses 40 - 45 fondants 30 - 35 dégraissants 15 - 20
<u>Produits réfractaires classiques</u> - Silico-alumineux (briques et pièces de forme à base d'argile). - Produits divers : de silice de sillimanite de bauxite	<u>Pour les silico-alumineux</u> - une ou plusieurs argiles plus ou moins pures mais suffisamment réfractaires (forte teneur en alumine) - addition de chamotte (argile réfractaire cuite, broyée) <u>Pour les autres produits</u> utilisation de différentes matières premières telles que : silice, bauxite, sillimanite, cyanite, etc...	Proportion à déterminer en fonction de la nature réfractaire des matières premières et de la meilleure utilisation de celles-ci.

Utilisations de la bentonite (essentiellement montmorillonite).

Propriété particulière	Domaine d'utilisation	Détail des utilisations
Pouvoir liant	Fonderie et bouletage	<ul style="list-style-type: none"> - fabrication de sables de moulage et de noyautage. - revêtement de moules et de poches. - régénération des vieux sables. - bouletage du minerai de fer
Finesse des particules, pouvoir plastifiant	Produits céramiques et réfractaires	<ul style="list-style-type: none"> - céramiques : renforçateur et liant. - réfractaires : mortier réfractaire plastique
Pouvoir émulsif et faculté de transport des suspensions	Emaux	tient en suspension les pigments et les ingrédients.
Pouvoir plastifiant	Ciments, enduits	augmente résistance mécanique, accélère la prise, imperméabilise.
Pouvoir plastifiant, pouvoir adsorbant	Plâtres	agent plastifiant et homogénéisateur, accélère la prise.
Propriétés colloïdales	Épuration et clarification des eaux et infusions	remplace le sulfate d'alumine comme coagulant en entraînant la floculation et la sédimentation des impuretés.
Echangeur des bases	Adoucissement de l'eau	absorbe par sélection des ions des solutions
Rôle réducteur des particules colloïdales négatives	Clarification des vins et liqueurs	forme avec les ions ferriques un précipité
Propriétés adsorbantes (améliorées par activation acide)	Décoloration des huiles	<ul style="list-style-type: none"> - décoloration des huiles, graisses, cires végétales et animales. - décoloration et régénération des huiles minérales. - raffinage final des paraffines
Pouvoir gonflant, propriétés thixotropiques	Forages, étanchéité	<ul style="list-style-type: none"> - boues de forages (surtout Rotary pétroliers) - étanchéité de barrages, digues, réservoirs, etc...

Propriété particulière sollicitée	Domaine d'utilisation	Détail des utilisations
<ul style="list-style-type: none"> - Propriétés colloïdales - Pouvoir adsorbant, finesse - Pouvoir émulsif 	Matières plastiques	<ul style="list-style-type: none"> - films plastiques (alsifilm) - charge de matières plastiques - linoléum et succédanés
Pouvoirs adsorbant et émulsif, finesse des particules	Industrie du caoutchouc	charge et ingrédient (fabrication d'adhésifs, facilité moulage et pressage, préparations à vulcaniser, stabilisation des couleurs, renfort du latex, fini velouté, éponges de latex, talquage, etc..)
Rétention, transport des suspensions, adsorption, pouvoir émulsif, charge négative des particules	Papeterie	<ul style="list-style-type: none"> - charge - suppression de l'encrassement par les résines. - stabilisation et homogénéisation des couleurs et pigments -émulsification des produits auxiliaires - stabilisation des charges - désencrage des vieux journaux
Pouvoir émulsif, affinité pour les particules carbonées. Pouvoir adsorbant	Savons et détersifs	<ul style="list-style-type: none"> - charge pour savons - support pour détersifs et pâtes à nettoyer. - terres décolorantes et pains à dégraisser
Propriétés gélifiantes, émulsionnantes et liantes pouvoir de dispersion élevé, pouvoir adsorbant	Produits d'entretien	<ul style="list-style-type: none"> - cires, encaustiques, cirages (liant). - blanc pour chaussures - pâtes à polir, polishes. - abrasifs (liant et plastifiant)
Finesse des particules, pouvoir adsorbant, propriétés colloïdales, émulsif.	Insecticides et fongicides	<ul style="list-style-type: none"> - support dans les fongicides - adsorbant et convoyeur de l'agent actif dans les insecticides.
Pouvoir émulsif, effet liant et imperméabilisant	Emulsions asphaltiques	<ul style="list-style-type: none"> - s'accroche mieux au sol humide, s'emploie à froid, grande souplesse d'emploi
Pouvoir émulsif	Peintures etc..	émulsif pour peintures, vernis, mastics, etc...

- citons encore :
- catalyseur dans le cracking et la rectification des limites de pétrole, déshydratation de l'huile de ricin, fabrication du polystyrène, des terpènes.
 - fabrication des encres, pastels et mines indélébiles.
 - agriculture : séchage des terrains humides, auxiliaire dans la granulation du superphosphate et des engrais mixtes (N,K), enrobage des semences.
 - flottation des minerais.
 - extraction de sels inclus dans l'eau.
 - liant pour combustibles agglomérés.
 - mêlée au graphite pour creusets réfractaires.
 - réalisation de suspensions de graphite colloïdal.
 - industrie des isolants, condensateurs et piles sèches.
 - pâte d'impression et apprêts pour textiles et papiers peints.
 - agent de graissage et apprêt d'imprégnation pour le cuir.
 - gel pour pommades, emplâtres et divers produits pharmaceutiques.
 - gel ou poudre pour cosmétiques.
 - support pour la nitroglycérine.
 - traitement des mélasses, déshydratant, support dans l'industrie alimentaire.
 - flux dans le brasage des aciers au chrome, contrôle de la vitesse de refroidissement dans la trempe de l'acier.
 - pulvérisation anti-brouillard.
 - dénicotinisaiton des fumées de tabac.
 - absorption des déchets de fission, etc...

Autres utilisations des argiles.

- argiles (et schistes) alumineux et hyperalumineux, minerais possible d'aluminium.

Divers procédés américains, et en France le procédé mis au point par Aluminium Pechiney permettent d'extraire l'alumine de minerais silicatés. Avec le procédé Pechiney H⁺, ainsi nommé parce que l'attaque se fait par voie acide, on devrait pouvoir traiter des argiles et schistes pour produire de l'alumine avec une dépense d'énergie acceptable. Un apport d'énergie thermique peut être envisagé en couplant une usine d'alumine avec une centrale nucléaire. A plus ou moins long terme, selon l'évolution de la conjoncture internationale sur les matières premières, l'épuisement des gisements français de bauxite conduira à l'exploitation de ces argiles et schistes.

Pechiney donne comme caractéristiques chimiques de ces minerais : $Al_2O_3 \geq 26\%$, carbonate $\leq 1\%$, fer total $\leq 10\%$, MgO et $Na_2O < 1\%$, K_2O favorable, ce qui couvre une large gamme de schistes et argiles.

- argiles et schistes expansés.

Les argiles ou les schistes expansés sont produits par un choc thermique vers 1100° à 1200° (après un préchauffage vers 800°) qui provoque un gonflement du matériau avec l'apparition de fines vésicules remplies de gaz.

Le processus d'alvéolage est conditionné par :

- la présence de constituants minéraux susceptibles de provoquer des dégagements gazeux à une température égale ou supérieure à la température de fusion.

- l'apparition à cette température d'une phase fondue de viscosité assez élevée pour pouvoir emprisonner les dégagements gazeux.

Les caractéristiques types du matériau sont complexes, en première approximation on peut citer quelques facteurs favorables : $CaO < 4\%$, Al_2O_3 20 à 25 %, fer total $> 5\%$, oxydes alcalins (fondants) $> 3\%$, la kaolinite ou l'excès de quartz gênent l'expansion, la montmorillonite ou les illites la favorisent. Les matières organiques facilitent le dégagement gazeux.

Les granulats obtenus sont employés en vrac comme isolants, ou utilisés dans la préparation de bétons légers. D'autres utilisations sont possibles : revêtement de routes en sous-couches ingélives ou enrobés superficiels anti-aquaplaning, agriculture (amendements, culture sans terre, assainissement, épuration...), thermo-mousse (isolation et étanchéité) etc...

APPRECIATION CONCERNANT LES ECHANTILLONS

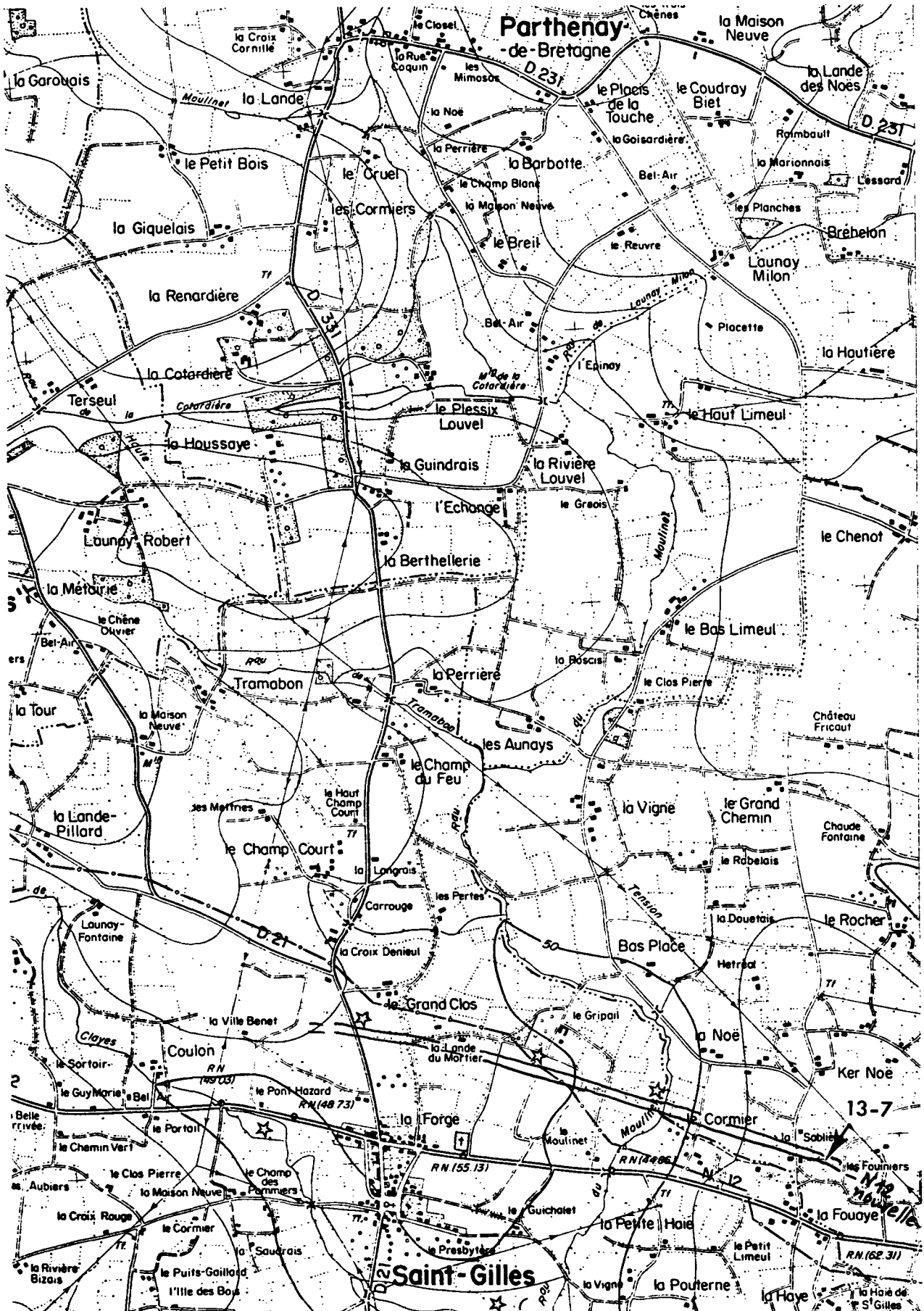
REMIS APRES ELIMINATION DES MATIERES CUISANT ROUGE

Annexe 3

Référence Echantillons	Observations Sur matière crue	Observations sur matière cuite à 1000°	Cotation
Quillien 1 - 2 Le Cloître - 29	- brûnatre - très peu plastique - très faible cohésion - assez hétérogène	- blanc - rosé - hétérogène	-
St René 4 - 2 Hillion - 22	- gris - forte cohésion - forte compacité - hétérogène	- blanc - crème - assez hétérogène	++
L'Hôpital 6 - 2 - B Pleugneuneuc - 35	- grisâtre - onctueux et gras - micacé - pas de cohésion	- blanc - sans cohésion - matière micacée	-
St Mathurin 8 - 1 - F Guiscriff - 56	- grisâtre - légèrement gras - pas de cohésion	- rouge - rosé - hétérogène	-
10 - 3 - A Laniscat - 22	- grisâtre - pas de cohésion - granuleux	- légèrement rosé - friable	-

Rosquelfen 10 - 3 bis Laniscat - 22	:- blanchâtre :- pas de cohésion :- granuleux	: - blanc : : - friable	: : : :-
Le Camboudin 11 - 7 F Mohon - 56	:- blanchâtre :- légèrement gras :- aspect granuleux :- très hétérogène	: : - blanc : - sans cohésion : - hétérogène	: : : :-
La Fouaye 13 - 7 Pacé - 35	:- crème :- très forte cohésion :- très ductile :- bonne compacité	: : - blanc crème - rosé : - bonne cohésion : - assez homogène	: : : :+++
13 - 13 Montauban de B - 35	:- blanchâtre à jaunâtre :- très gras :- aucune cohésion :- aspect granuleux	: - blanc - taches rouges: : : - feuilletage : - hétérogène	: : : :-
La Brohinière 13 - 15 Montauban de B - 35	:- grisâtre :- sableux :- aucune cohésion	: - légèrement rosé : : - aucune cohésion	: : : :-
Toulven 16 - 1 N°1 Ergué-Armel - 29	:- grisâtre, taches jaunes :- forte cohésion :- compacité	: - blanc - taches rouges : : - hétérogène	: : : :++
Le Chêne 21 - 1 - 1 Mohon - 56	:- grisâtre, taches jaunes :- plastique :- forte cohésion	: - blanc crème, taches jaunes : - assez homogène	: : : :++
Pelan 12 - 2 - C Illifaut - 22	:- blanchâtre :- onctueux :- pas de cohésion	: - blanchâtre : - feuilletage : - sans cohésion	: : : :-
23 - 11 Teillay - 35	:- noir :- très gras :- ductile	: - blanc, taches rouges: : : - hétérogène	: : : :+

La Lande de Tellé	:- gris	- blanchâtre, taches	
23 - 13	:- onctueux	rouges	
St Erblon - 35	:- malléable	- hétérogène	+
	:- hétérogène		
	:- blanc crème, quelques	- blanc - crème,	
23 - 15	taches rouges	quelques taches	
		rouges	+
Chartres de B - 35	:- très faible plasticité:	-assez homogène	

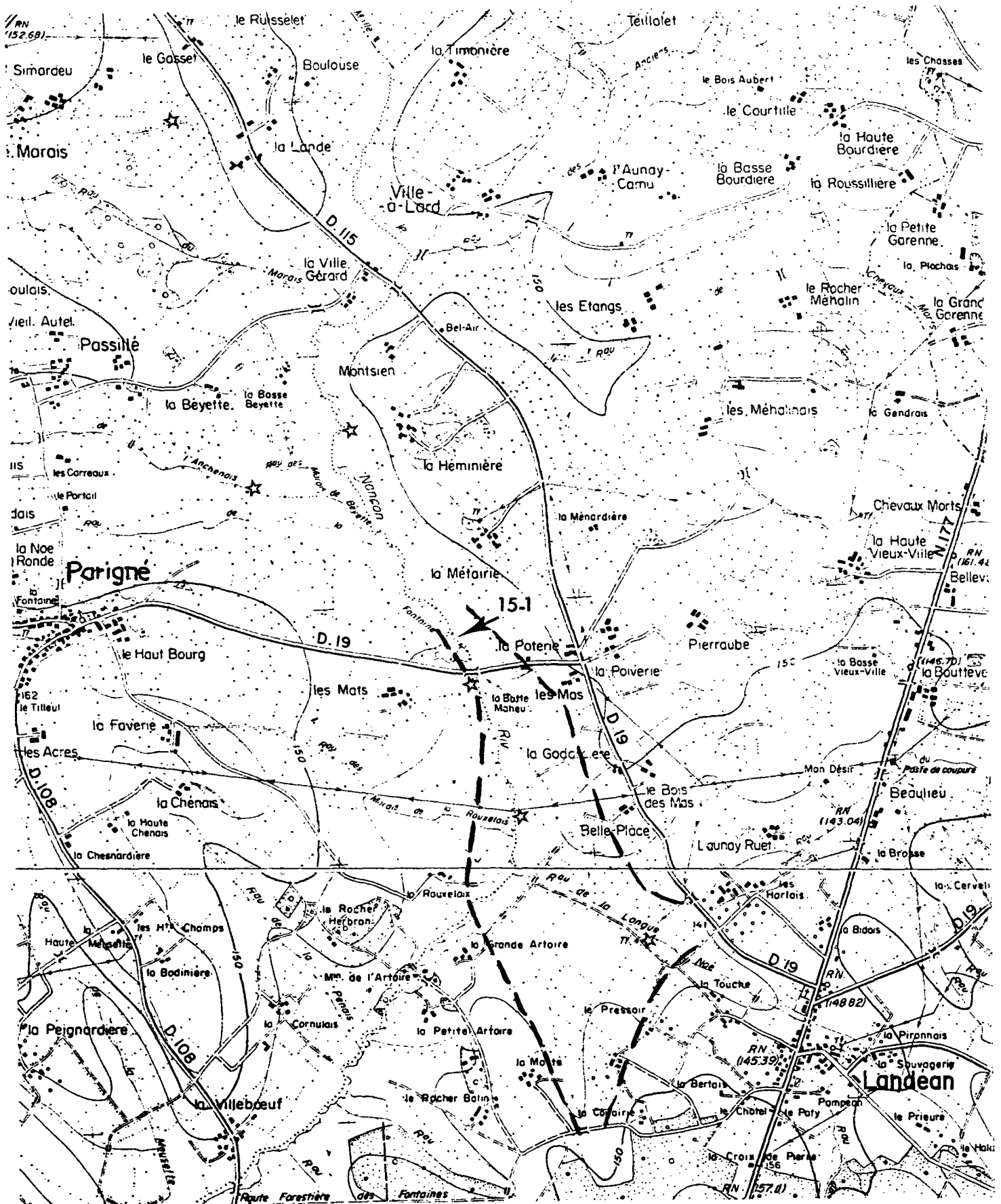


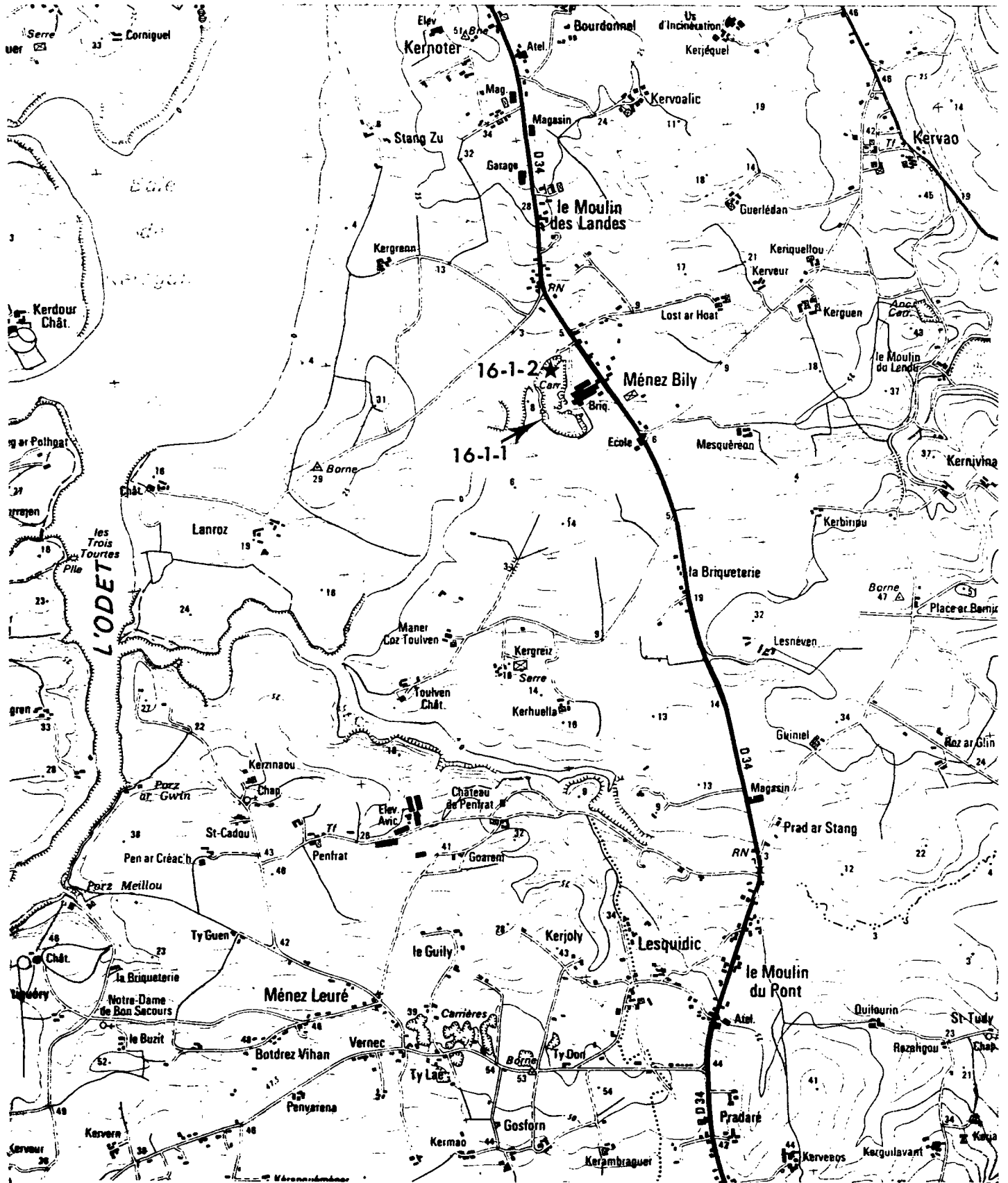
1/20.000 FOUGERES 3-4 et St-HILAIRE-DU-HARCOUET 7-8

n° 15-1

Annexe 5-3

— Limites possibles du bassin d'après les sondages profonds antérieurs





Le Chêne

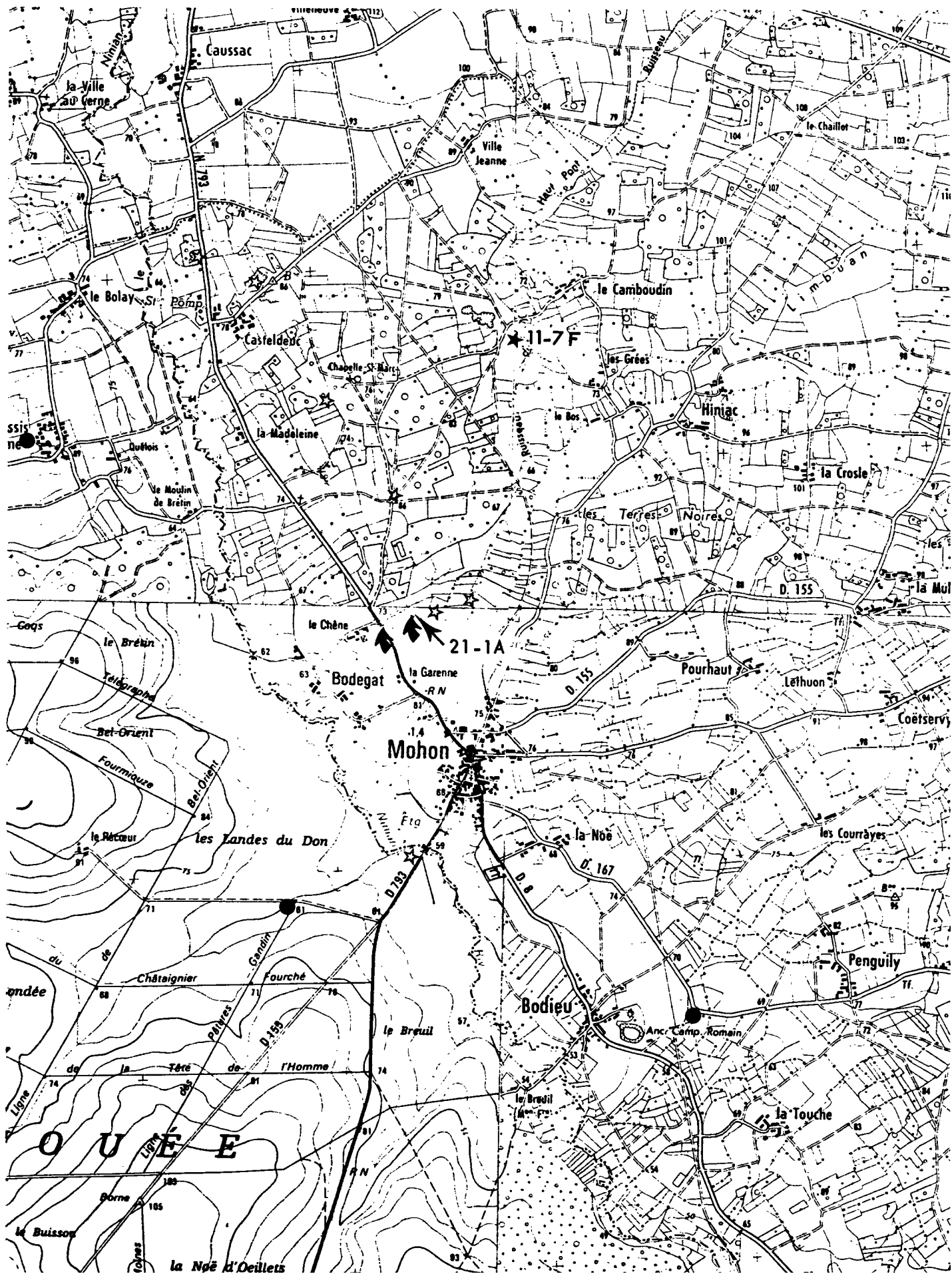
MOHON

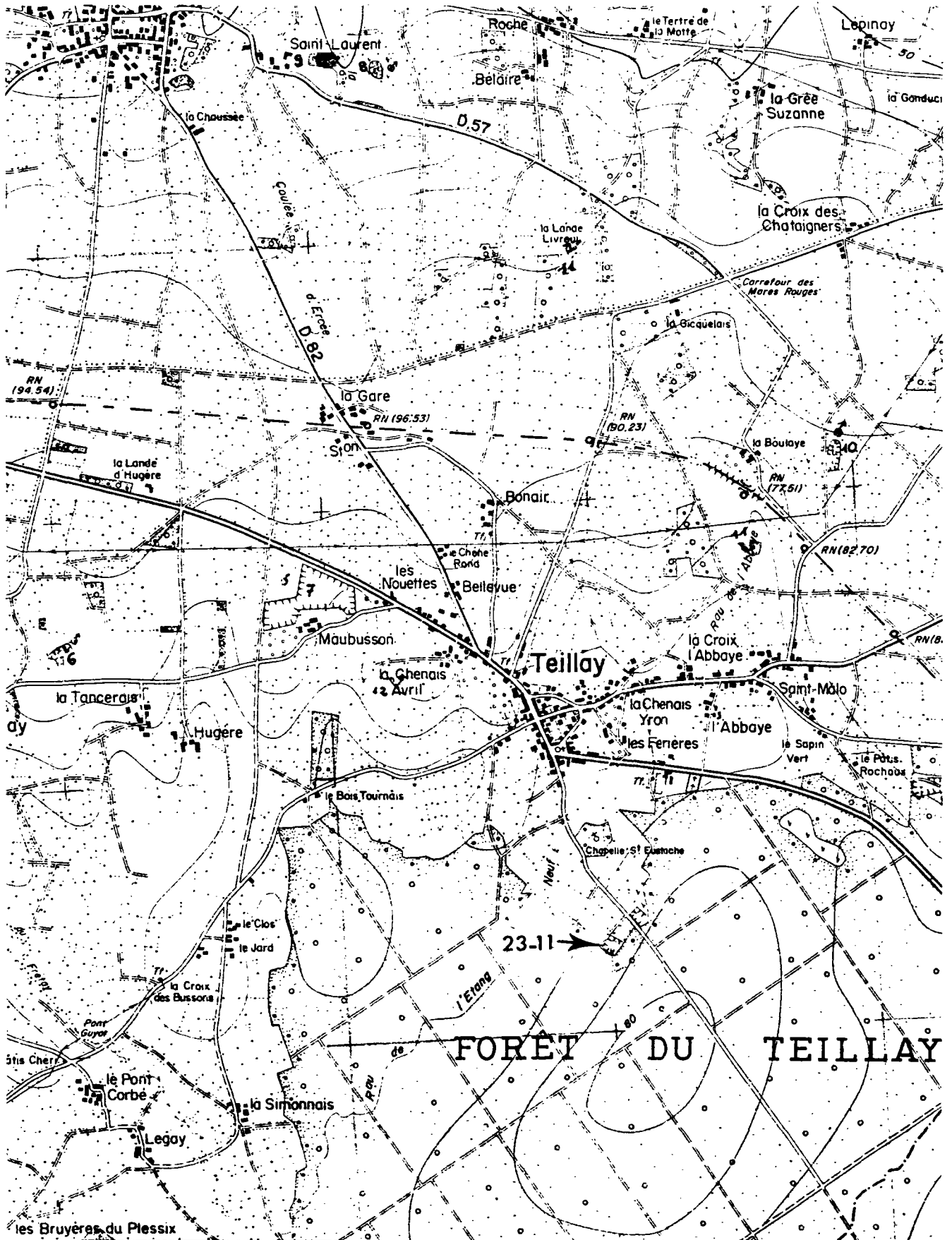
Morbihan

1/25.000 JOSSELIN 3-4 (+ LOUDEAC 7-8, St-MEEN 5-6, PLOERMEL 1-2)

n° 21 - 1A (+ 11 - 7F)

Annexe 5-5



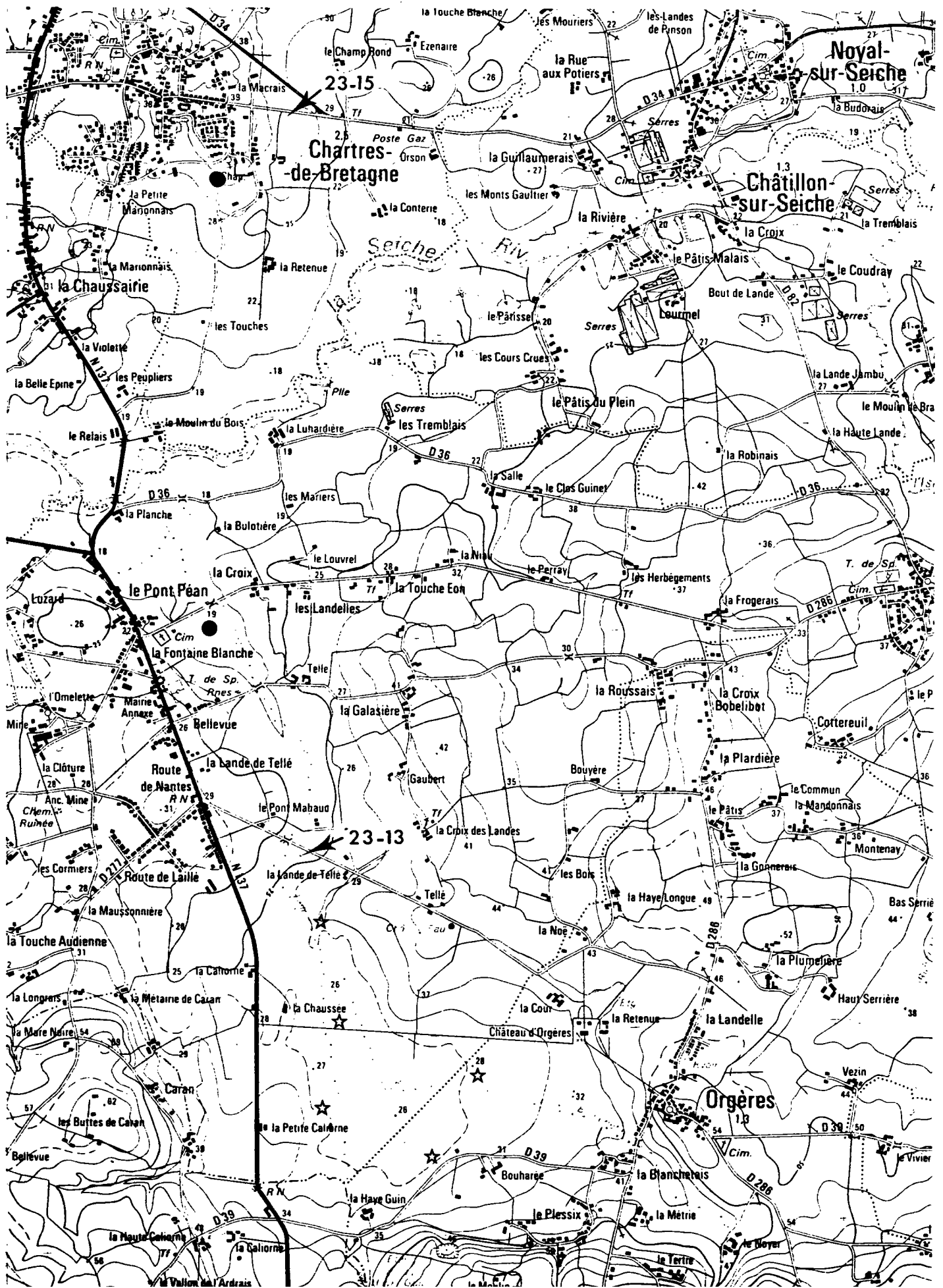


1)
2) La Lande de Tellé
1/25.000 JANZE 1-2
1) n° 23-15 - 2) n° 23 - 13

CHARTRES-DE-BRETAGNE
St-ERBLON

Ille-et-Vilaine
11

Annexe 5 - 7



CARTES AU 1/200.000 :Indices :

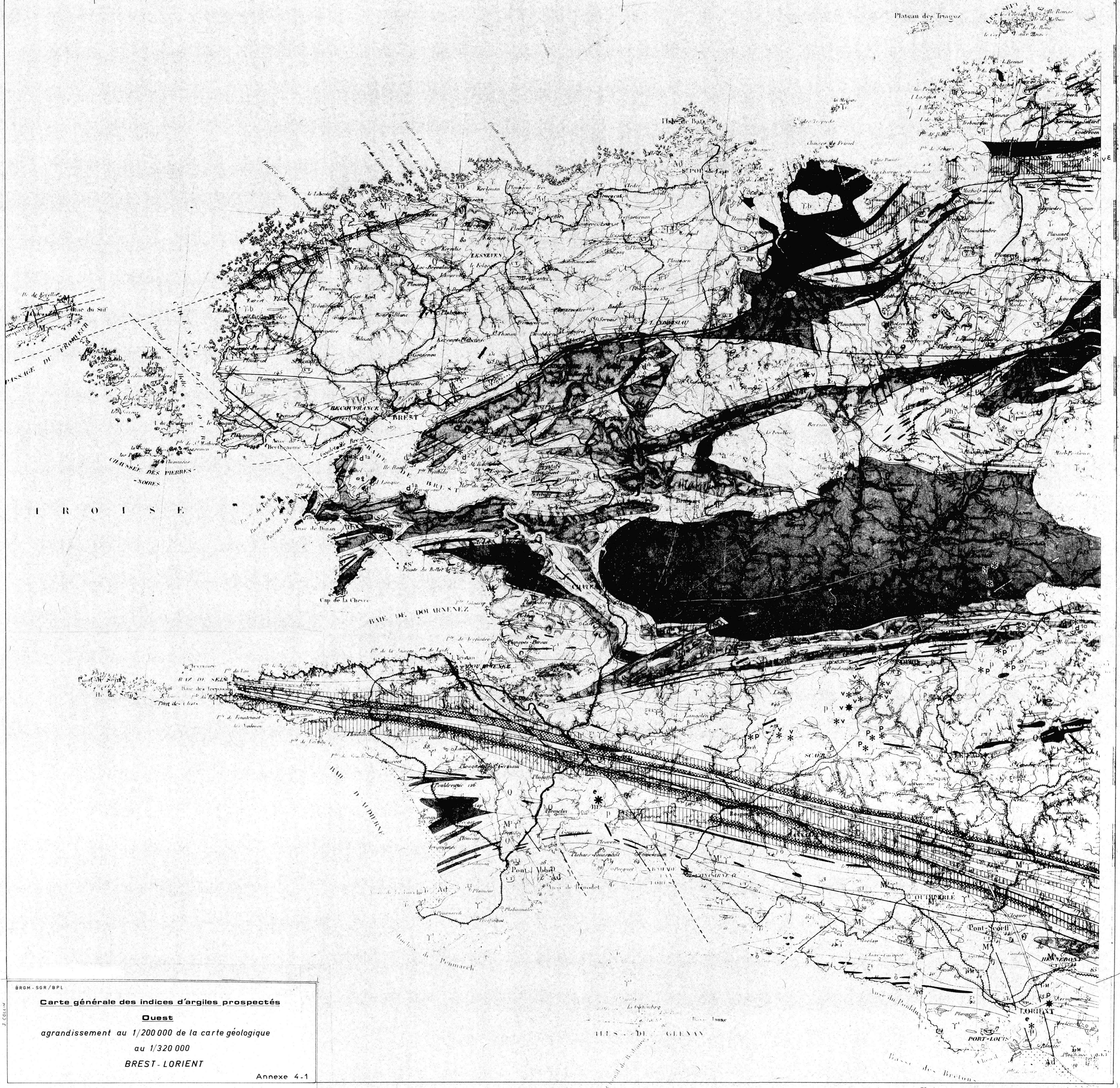
- * négatif
- ★ avec prise d'échantillon pour 1^{ère} phase d'essais
- ✱ avec échantillon retenu après la 1^{ère} phase d'essais

Contexte géologique :

- | | | |
|--------------------------|-----------------|-------------------------------------|
| argile sédimentaire : | P | : argiles et sables pliocènes |
| | g | : argiles oligocènes |
| | e | : argiles éocènes |
| argile d'altération de : | h [?] | : schistes et grès carbonifères (?) |
| | h ¹ | : schistes dinantiens |
| | d ² | : schistes éiféliens |
| | d ^{1b} | : schistes coblenciens |
| | d ^{1a} | : schistes et grès gédinniens |
| | S ³ | : schistes siluriens |
| | S ² | : schistes à Calymène (ordoviciens) |
| | b | : schistes cambriens |
| | V | : schistes briovériens |
| | V ξ | : briovérien volcanique |
| | ξ | : micaschistes |
| | $\zeta\eta$ | : gneiss amphiboliques |
| | θ | : gabbro |

CARTES AU 1/25.000 ou 1/20.000 :

- indice négatif
- ★ échantillon non retenu après 1^{ère} phase d'essais
- ➔ échantillon retenu après 1^{ère} phase d'essais
- ✱ sondage mototarière négatif
- ✱ sondage mototarière positif



BRGM - SGR/BPL

Carte générale des indices d'argiles prospectés

Ouest

agrandissement au 1/200 000 de la carte géologique
au 1/320 000

BREST - LORIENT

Annexe 4-1

J. COLIN



BRGM - SGR / BPL

Carte générale des indices d'argiles prospectés

Sud

agrandissement au 1/200 000 de la carte géologique
au 1/320 000

NANTES

Annexe 4.2

Carte générale des indices d'argiles prospectés

Nord

agrandissement au 1/200 000 de la carte géologique
au 1/320 000

RENNES-CHERBOURG

Annexe 4-3

PLAQUE DES MARCHÉS

Les Chausées

