

**BUREAU DE RECHERCHES
GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES**

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
B.P. 6009 – 45018 Orléans Cédex
Tél.: (38) 63.00.12

**MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE
ET DE LA RECHERCHE**

CONSEIL GÉNÉRAL D'ILLE-ET-VILAINE

COMMISSARIAT A LA RÉNOVATION RURALE

RESSOURCES DU SOUS-SOL DE L'ILLE-ET-VILAINE

par

J. DEPAGNE et J.-C. LIMASSET



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

75 SGN 247 BPL

AVERTISSEMENT

Ce rapport complète l'Atlas des Ressources du sous-sol de L'Ille-et-Vilaine. La consultation des cartes de cet Atlas est indispensable pour la bonne compréhension du texte.

R E S U M E

Le Conseil Général d'Ille-et-Vilaine et le Commissariat à la Rénovation rurale de Bretagne ont confié au Service Géologique National l'élaboration d'un atlas et d'un rapport sur les ressources du sous-sol du département. Ces documents sont destinés à montrer aux responsables régionaux et aux utilisateurs potentiels (collectivités, industriels, exploitants agricoles, ...), les perspectives de développement offertes en particulier par les matériaux suivants : granites, sables, graviers, granulats de concassage, tourbes, argiles, schistes (ardoises, dalles, paillettes). De plus, un développement important est consacré à l'eau souterraine, autre facteur de croissance industrielle et agricole. Contrairement aux idées reçues, les ressources du Massif armoricain sont loin d'être négligeables pour les adductions d'importance moyenne.

S O M M A I R E

	Page
RESUME	I
AVANT-PROPOS	1
<u>CHAPITRE 1 : GRANITES ET ROCHES SIMILAIRES</u>	5
1 - INTRODUCTION	7
2 - ESSAI DE DESCRIPTION DES CARACTERISTIQUES D'UN "GISEMENT" DE GRANITE	8
3 - PROBLEMES DES GRANITIERS	8
31 - Localisation des carrières fournissant de bons rendements	9
32 - Etude de l'altération	9
33 - Recherches de roches nouvelles	11
4 - PROJET DE PROGRAMME D'ETUDE DES GRANITES DE BRETAGNE	12
<u>CHAPITRE 2 : GRANULATS, SABLES ET GRAVIERS</u>	14
1 - INTRODUCTION	15
2 - PRODUCTION DE GRANULATS EN BRETAGNE	16
3 - SABLES ET GRAVIERS EN ILLE-ET-VILAINE	20
31 - Alluvions de la région de Rennes	20
32 - Autres ressources du bassin de la Vilaine	21
33 - Autres ressources alluviales d'Ille-et-Vilaine	22
34 - Autres ressources en granulats	22
35 - Sables issus du traitement des grès à zircon-rutile	23

	Page
<u>CHAPITRE 3 : TOURBES</u>	24
1 - INTRODUCTION	27
2 - NATURE ET UTILISATIONS DE LA TOURBE	32
21 - Nature	32
211 - Tourbe gazonneuse ou mousseuse	33
212 - Tourbe fibreuse	33
213 - Tourbe terreuse	33
214 - Tourbe piciforme et schistoïde	33
22 - Qualités physiques et chimiques nécessaires à l'utilisation agricole	34
3 - LES TOURBES DE BRETAGNE	35
4 - GISEMENTS D'ILLE-ET-VILAINE	36
 <u>CHAPITRE 4 : ARGILES</u>	 40
1 - IMPORTANCE D'EXECUTER PARALLELEMENT A LA PROSPEC- TION DES GISEMENTS UNE RECHERCHE DE LEURS UTILI- SATIONS POSSIBLES	42
2 - ARGILES "NOBLES"	43
21 - Définition des "roches argileuses nobles"	43
22 - Utilisation des "roches argileuses nobles"	43
221 - Utilisation du kaolin $Al_4 Si_4 O_{10} (OH)_8$	44
222 - Aperçu sur les principales fabrications céramiques	45
3 - ARGILES ALUMINEUSES ET HYPERALUMINEUSES, SCHISTES, ETC... MINERAIS POSSIBLES D'ALUMINIUM	47
31 - Le procédé H - Plus	47
32 - Données sur l'exploitabilité des "minerais d'aluminium" (bauxites exceptées)	48
33 - Premières données sur les schistes et les argiles du Massif Armoricaïn	48

	Page
4 - ARGILES ET SCHISTES EXPANSES	54
41 - Historique	54
42 - Généralités	54
43 - Critères de choix au niveau de la prospection	55
44 - Essais technologiques en laboratoire	56
45 - Formes et emplois des produits expansés légers ou semi-légers	57
46 - Avenir du produit	57
5 - PRODUCTION DE LA BRETAGNE	58
6 - PROJET DE PROGRAMME D'ETUDE DES ARGILES DE BRETAGNE	60
<u>CHAPITRE 5 : ARDOISES ET SCHISTES</u>	61
1 - GENERALITES	64
11 - Utilisation des roches schisteuses	64
111 - Ardoises	64
112 - Autres schistes	64
113 - Paillettes et poudres	65
12 - Aperçu statistique	65
2 - ARDOISES ET SCHISTES D'ILLE-ET-VILAINE	69
21 - Ardoises proprement dites (couvertures et dallages)	69
211 - Schistes d'Angers	69
212 - Schistes de Riadan	69
22 - Schistes à dallage	70
23 - Paillettes et poudres de schistes	70
24 - Schistes expansés	71
3 - CONCLUSIONS	72

	Page
<u>CHAPITRE 6 : RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE</u>	73
1 - RESSOURCES EN EAU DES BASSINS TERTIAIRES	73
11 - Les formations tertiaires	73
12 - Caractéristiques hydrauliques	74
13 - Qualité de l'eau - vulnérabilité à la pollution	75
14 - Exploitation	75
15 - Alimentation des bassins tertiaires	76
16 - Conclusions	77
2 - RESSOURCES EN EAU DU SOCLE ARMORICAIN	78
21 - Terrains aquifères	79
211 - Roches dures fissurées	79
212 - Zones d'altération des roches	79
213 - Formations présentant des discontinuités	79
22 - Ordres de grandeur des débits - Conséquences pratiques	80
23 - Utilisation des ressources du socle en Ille-et-Vilaine	81
7 - <u>CONCLUSIONS GENERALES</u>	83

A V A N T - P R O P O S

Au cours des trente dernières années sont intervenus de profonds bouleversements dans l'utilisation des matériaux du sous-sol : emploi systématique du béton et des parpaings dans la construction des immeubles et des ouvrages d'art, utilisation de la pierre (granite) en parements plutôt qu'en gros-oeuvre, désaffectation pour la brique.

Plus récemment, le développement des résidences secondaires de moyen et grand standing a revalorisé l'emploi de la pierre taillée et de l'ardoise, aux dépens du moellon de fente et de la tuile ; la généralisation de l'asphaltage des voies urbaines a porté un coup à l'industrie du pavé. Enfin, depuis peu, l'accroissement du prix de l'énergie a favorisé les productions n'en consommant que peu.

Ces changements se sont traduits, en particulier dans le Massif armoricain, par de véritables révolutions dans les industries extractives. Ils ont conduit à un essor spectaculaire de certains secteurs : sables et graviers d'alluvion, granulats de concassage, granite taillé, etc... . D'autres, par contre, ont connu des crises sévères qu'ils ont plus ou moins bien surmontées : granites pour pavés et bordures de trottoirs, granites pour moellons, ardoises, argiles pour briques et tuiles. D'autres, enfin, ont connu une décadence qui a mené à la fermeture des exploitations houillères, minières, etc

L'inertie due à la lenteur de certaines technologies ou à la nécessité d'investissements importants, a par ailleurs conduit à des disharmonies flagrantes entre les besoins et leurs satisfactions. C'est ainsi par exemple que la Bretagne, qui continue à être la première région consommatrice d'ardoises de France (1/3 environ), n'en produit que 5 % du total national. Les briques utilisées dans notre région proviennent pour une bonne part des Deux-Sèvres, alors que les briqueteries bretonnes ont pour la plupart fermé, etc....

Il faut enfin tenir compte de ce que certains matériaux du sous-sol breton, sans grande utilité à l'heure actuelle, sont susceptibles d'acquérir une grande valeur avec la mise au point de procédés technologiques actuellement à l'étude ou déjà au stade semi-industriel (argiles pour fabrication d'aluminium, grès à zircon et rutile, etc ...).

Une réflexion permanente sur l'orientation des besoins et les développements technologiques envisageables, ainsi que sur les problèmes techniques et économiques de l'industrie extractive aurait permis une évolution plus harmonieuse, une croissance plus souple et en même temps plus large des secteurs en expansion et un amortissement de la crise des secteurs menacés. Elle devrait, en outre, dans une perspective d'avenir, permettre de mieux définir les priorités à accorder et les éventuelles reconversions dans l'activité des exploitants. Mais une telle réflexion ne peut s'exercer de façon rationnelle et efficace que si l'on dispose d'une information de base objective et solide sur :

- les ressources régionales connues ou possibles,
- les exploitations anciennes et en activité,
- les besoins actuels ou prévisibles.

Dans cette optique, le Service Géologique National a choisi la Bretagne comme région pilote, pour y lancer un inventaire particulièrement approfondi sur les substances utiles. Poursuivi depuis plusieurs années, il est mis à la disposition du public sous trois formes :

- Atlas départementaux * :

Très faciles à consulter, largement diffusés, ils fournissent aux industriels et aux responsables régionaux des cartes schématiques montrant les ressources du sous-sol déjà mises en valeur et les indices découverts.

- Rapports annexes :

Ils donnent plus de détails sur les substances utiles intéressantes (besoins, possibilités régionales, perspectives).

* Les départements bretons (Côtes-du-Nord, Finistère, Ille-et-Vilaine, Morbihan) ont été les premiers de France à demander la réalisation de tels atlas. Ils sont maintenant suivis par les départements du Massif Central, l'Yonne, la Vendée, etc...

- Dossiers "informatique",

Chaque carrière ou indice fait l'objet d'un dossier mis en ordinateur. Cette mise en mémoire permet la fourniture très rapide de listes avec entrées multiples (géographiques, par substance, par utilisation, etc...) et des restitutions à la table traçante.

Bien sûr, cette documentation régionale ne permet pas, à elle seule, de trouver des solutions aux problèmes qui ne cessent et ne cesseront de se poser. Celles-ci ne pourront être apportées que par une action concertée de plusieurs organismes intéressés, notamment des exploitants eux-mêmes, ayant pour but une extension et une modernisation des exploitations et un effort de publicité sur les matériaux dont le Massif armoricain est si riche.

Ces solutions ne devront pas être considérées ni comme définitives, ni même comme forcément valables à moyen terme, du fait de la transformation continuelle des demandes de la construction et des industries et du prix des matières premières venant de l'étranger. C'est une raison de plus pour considérer le rassemblement de documents facilitant les changements d'orientation et les plans de développement comme fondamental.

Dans les pages qui suivent, nous nous efforcerons de donner des indications sur les principales substances utiles rencontrées dans le département d'Ille-et-Vilaine :

- granites
- granulats, sables et graviers
- tourbes
- argiles
- schistes
- eaux souterraines des bassins tertiaires et du socle cristallin.

Après avoir exposé, pour chaque substance, les besoins et problèmes particuliers les concernant, nous nous efforcerons :

- de donner une meilleure connaissance des gisements exploités *
- de montrer que des gisements abandonnés pourraient être remis en valeur,

* Etant entendu que les données schématiques fournies dans le rapport peuvent être complétées par la consultation des dossiers de documentation du Service Géologique Régional.

- de donner des indications sur des gisements vierges pouvant être ouverts,

- de montrer que de nouveaux gisements pourraient être découverts.

Au début du siècle, l'essor du Bassin parisien a provoqué la fermeture de beaucoup d'exploitations et étouffé le développement régional. Il serait souhaitable que la mise en valeur du sous-sol armoricain suscite un mouvement inverse.

CHAPITRE 1

GRANITES ET ROCHES SIMILAIRES

SOMMAIRE

De nombreuses carrières importantes ou artisanales exploitent trois "Bassins" situés dans le nord du département : Louvigné du Désert (granite gris-bleu), Coglès (gris-bleu), Lanhélin (bleu à bleu-noir). Les couleurs bleue ou gris-bleue, très prisées pour les monuments, sont moins recherchées pour la construction. Cela explique en partie *, que les carrières d'Ille-et-Vilaine aient connu plus de difficultés et un moindre développement que celles des autres départements bretons. Des procédés d'altération artificielle sont actuellement recherchés par le B.R.G.M. pour colorer les granites gris-bleus en beige.

Les méthodes de prospection traditionnellement utilisées par les granitiers se révèlent décevantes : les exploitations ne sont pas toujours situées dans les meilleures zones des gisements. Une étude générale et rationnelle de tous les massifs granitiques de Bretagne serait nécessaire pour déterminer les points les plus favorables à l'ouverture de carrières.

* La grande dispersion des carrières a également entravé l'industrialisation et le développement des exploitations.

PRODUCTION de GRANITES (1) (en tonnes)

Production Globale

	1965	1968	1969	1970	1971
Côtes-du-Nord	207 100	208 650	228 200	224 240	258 000
Finistère	104 480	63 540	139 250	90 990	70 730
Ille-et-Vilaine	21 760	31 170	30 580	31 020	28 000
Morbihan	182 860	244 850	133 000	174 380	168 070
Bretagne	916 200	548 210	531 030	520 630	524 800
France	1 122 000	1 087 000	1 153 000	1 042 000	960 000
% Bretagne/France	37 %	50 %	46 %	50 %	55 %

Détail de la production

1 - Moellons

Côtes-du-Nord	154 000	132 435	134 890	133 490	128 000
Finistère	99 620	60 330	135 000	89 396	68 330
Ille-et-Vilaine	17 570	8 300	9 000	8 700	8 000
Morbihan	174 600	194 130	117 623	164 384	62 232 *
Bretagne	445 790	395 195	396 513	395 970	266 500
France	905 228	808 640	895 217	809 143	594 974

2 - Pierres taillées

Côtes-du-Nord	53 100	73 210	90 025	87 453	95 000
Finistère	4 860	3 210	4 250	1 595	2 400
Ille-et-Vilaine	3 792	21 600	20 500	21 200	20 000
Morbihan	8 265	4 725	12 359	8 376	104 835 *
Bretagne	70 017	102 745	127 134	118 624	222 235
France	206 657	203 707	232 369	203 455	310 628

3 - Tranches sciées

Côtes-du-Nord	-	3 000	3 290	3 295	35 000 *
Finistère	-	-	-	-	-
Ille-et-Vilaine	400	1 270	1 080	1 120	-
Morbihan	-	46 000 *	3 020	1 623	1 000
Bretagne	400	50 270	7 390	6 038	36 000
France	10 482	74 821	25 598	29 246	53 394

(1) Statistiques de l'industrie minérale

Les valeurs marquées d'un astérisque (*) seraient à vérifier.

Le tableau ci-contre montre l'importance de la production granitière bretonne par rapport à celle du reste de la France. Les Côtes-du-Nord et le Morbihan sont les premiers départements producteurs français.

1 - INTRODUCTION

La Bretagne est riche en granites et roches éruptives. Ils furent utilisés depuis l'Art mégalithique pour les monuments locaux. Mais ce n'est guère qu'à la fin du 19^e siècle, avec l'apparition des procédés mécaniques (sciage et polissage mécaniques) qu'une véritable exploitation industrielle fut débutée. Entravée à ses débuts par les producteurs de marbres, la production se développa jusqu'en 1940, la plupart des exploitations restant cependant artisanales. De 1945 à 1950, la demande considérable de la reconstruction (celle de la ville de Saint-Malo par exemple) permit une remise en route rapide des exploitations dont beaucoup avaient souffert de la guerre. Ensuite le ralentissement de la demande, la nécessité de s'adapter aux nouveaux marchés, la concurrence des granites étrangers (scandinaves très appréciés pour leur qualité, et portugais pour leur prix) furent à l'origine d'une série de crises affectant diversement les carrières suivant leur situation, leur degré de mécanisation et leur production. Actuellement, il s'avère que l'industrie du granite pourrait prendre un beaucoup plus grand essor, si l'on découvrait des gisements de granites clairs (de préférence beiges ou jaunes) ayant de bons rendements-pierre (1).

Dans les paragraphes suivants, nous ne tenterons pas de faire l'analyse économique des problèmes. La profession est représentée par un syndicat très actif qui a approfondi les études antérieurement faites sur ce sujet (2). Des voyages en Suède, en Amérique (Canada, U.S.A.) ont permis aux carriers d'adopter les méthodes d'exploitation les plus modernes (thermojet, surfaçage par éclatement, etc...) et de bien assimiler les tendances du marché mondial.

Ce qui manque actuellement aux granitiers, ce sont des méthodes de prospection moderne leur permettant de localiser les gisements fournissant de bons rendements-pierre (donc peu fracturés). Nous nous efforcerons donc ici de préciser d'abord les problèmes des granitiers, ensuite de montrer l'apport possible de la géologie (structurologie) pour les résoudre, enfin de proposer un programme de travail.

(1) Pourcentage pierre vendue/pierre extraite.

(2) Michel Pierre - L'industrie du granite en Bretagne
Centre régional d'études économiques, 9 rue Jean Macé - Rennes - 1962.

2 - ESSAI DE DESCRIPTION DES CARACTERISTIQUES D'UN "GISEMENT" DE GRANITE

Les granites et roches similaires sont appréciés en raison de leur aspect (couleur, état de surface, aptitude au polissage). Par ailleurs les irrégularités de la roche, bien que soulignant l'origine naturelle du matériau, sont peu prisées par la clientèle. Enfin pour certains usages (monuments funéraires, plaques polies de revêtement, etc...), il est nécessaire de disposer de blocs homogènes de dimensions importantes. La densité minimale des fissures et leur écartement maximal sont donc des critères de qualité d'un gisement. Pour fixer les idées, disons qu'une zone où des fractures, fissures ou diaclases se rencontrent tous les 50 cm ou tous les mètres, ne sera pratiquement pas exploitable. Par contre, la présence de tels débits à un écartement de l'ordre de 5 ou 10 m, peut au contraire être un élément favorable qui permettra l'abattage de blocs importants.

Il semble que l'existence de grands accidents, ayant permis un relâchement des tensions internes de la roche, soit favorable à une moindre fissuration de la masse, et donc à une meilleure exploitabilité. Il peut donc y avoir là un axe de recherches.

Par contre la présence d'accidents purement pétrographiques (filons d'aplite ou de pegmatite, "mouches" de mica, "dents de vache",...) ne peut être décelée à priori. Il est d'une certaine façon regrettable que ces accidents fassent rejeter le matériau, dont ils soulignent le côté naturel.

3 - PROBLEMES DES GRANITIERS

Les principaux problèmes posés aux géologues par les granitiers sont les suivants :

- mise au point d'une méthode de prospection permettant de localiser des carrières fournissant de bons rendements-pierre (granites peu fissurés),

- analyse des facteurs déterminant l'altération des granites gris bleus - difficilement commercialisables - en granites beiges jaunes très recherchés pour la construction. Recherche des guides permettant de localiser les zones d'altération les plus épaisses,

- découverte de roches d'ornementation comparables à celles actuellement importées pour l'art funéraire ("noirs d'Afrique du Sud") ou pour la décoration des façades ("Labradors" norvégiens, rouge "Vanga" suédois, rouge "Balmoral" de Finlande, etc...).

31 - Localisation des carrières fournissant de bons rendements

Actuellement les méthodes de prospection traditionnellement utilisées par les granitiers s'avèrent décevantes. Certains massifs paraissant favorables à l'affleurement, se révèlent fissurés et donnent de très mauvais rendements (20 à 30 % de récupération seulement, parfois moins). Or pour que la production d'une carrière soit optimale et mérite donc un équipement très étudié, il faut des rendements de l'ordre de 50 à 80 % (cas de certaines carrières suédoises ou américaines).

Des méthodes de prospection plus modernes ont été essayées : géophysique, sondages. Elles apportent, dans certains cas, une aide appréciable (surtout pour des problèmes bien localisés). Mais elles sont trop onéreuses pour être employées à grande échelle.

Il semble donc nécessaire d'aller plus loin dans la recherche d'une méthodologie de la prospection. Le B.R.G.M. a mis au point des méthodes structurologiques très efficaces, pour localiser les zones ardoisières exploitables dans les massifs schisteux. En partant des mêmes principes, il serait possible de localiser à l'intérieur des massifs granitiques des zones à exploiter en priorité.

32 - Etude de l'altération

Sauf exceptions assez rares (Ploumanach, La Clarté) les granites bretons, à l'état sain, sont gris plus ou moins sombres ou bleus. Ces teintes sont actuellement peu prisées pour la construction, sauf dans les variétés très claires. Par contre les mêmes roches, altérées en beige ou jaune-ocre, couleurs plus chaudes, sont très recherchées et les délais de livraison en sont couramment de quatre à six mois.

Le mécanisme de cette altération est encore mal élucidé et mériterait d'être étudié afin d'en dégager des pistes de recherches. Il paraît en effet que les teintes jaunes sont dues à des diffusions d'oxydes de fer provenant de l'attaque des micas noirs (biotite). Mais en même temps, on constate que les granites à biotite seule s'altèrent assez peu (Lanhélin), alors que les granites de Languédias dont la variété jaune est fort appréciée, sont des roches à deux micas : biotite et muscovite (mica blanc non altérable).

La composition chimico-minéralogique de la roche n'est donc pas seule en cause. La possibilité d'attaque de la biotite paraît liée à la possibilité de circulation d'eau dans la roche. Mais si les fissures majeures, par où ces circulations sont faciles, montrent effectivement

sur leurs parois une altération en jaune, à quelque distance (quelques millimètres à quelques centimètres) la roche peut être parfaitement saine. Il est donc nécessaire que l'eau puisse circuler dans la masse, à la faveur d'une porosité (micro-fissuration ?) non discernable à l'oeil ou à la loupe. Des études particulières en laboratoire (examen au microscope, mesures au porosimètre) seraient sans doute nécessaires pour éclaircir ce point. Les données relatives à la texture de la roche (orientation privilégiée de certains minéraux, foliation, textures d'écrasement, etc...) peuvent jouer un rôle dans le développement de cette porosité de masse. La mise en évidence de relations entre l'intensité d'altération et certaines textures pourrait donc conduire à des méthodes de prospection. En conséquence, les études pétrographiques propres à faire apparaître de telles relations présentent un grand intérêt théorique et pratique.

Par ailleurs, il semble que les zones affectées de fractures majeures soient assez peu aptes à une altération uniforme. Cette observation, qui demanderait toutefois à être confirmée et précisée, laisserait à penser que la porosité d'ensemble est liée à une accumulation des tensions internes de la roche, auxquelles les accidents majeurs permettent au contraire de se relâcher. Dans ces conditions, l'étude de la densité et de la répartition de tels accidents pourrait fournir une piste dans la recherche de bons gisements.

Un autre point devrait également faire l'objet d'études : la relation éventuelle du niveau inférieur d'altération et de la nappe phréatique. Si l'altération est un phénomène rapide, et donc actuel, il est probable que la zone d'imbibition, non aérée, ne permet pas l'attaque de la biotite. S'il s'agit au contraire d'un processus lent (séculaire, millénaire ou plus), il peut ne pas y avoir de relation entre l'altération et la nappe. Ce point peut avoir un certain intérêt pour la recherche dans la mesure où les techniques d'investigation géophysique distinguent mal la limite roche saine-roche altérée de la surface phréatique.

Enfin, il est possible de constater, dans un même massif, des hétérogénéités importantes dans l'intensité de l'altération. A peu de distance d'une carrière où la roche est de bonne venue, on peut parfois rencontrer des zones où, sur la roche saine, ne se rencontrent que des pierrailles sans valeur, résultant d'une altération trop prononcée. S'il est possible de formuler des hypothèses sur la raison de cet état de chose (trop forte densité de la fracturation, par exemple), l'explication n'en présente cependant aucune certitude. Il y aurait donc lieu d'étudier l'altération de la roche non seulement à l'échelle de l'échantillon et de la carrière, mais également à celle du massif, pour en dégager éventuellement des lois générales permettant d'orienter les recherches.

33 - Recherches de roches nouvelles

L'industrie granitière utilise d'assez importantes quantités de roches importées. Il s'agit de matériaux dont certains caractères (la couleur en particulier) les rendent particulièrement aptes à certains usages : gabbros et norites d'Afrique du Sud ("noir d'Afrique") utilisés en monuments funéraires, granites rouges ("Balmoral") et Laur-wickites (Labradorites) de Scandinavie employés en plaques polies de revêtement (devantures de magasins).

Il ne semble pas que des variétés identiques puissent se rencontrer en Bretagne. Du moins y existe-t-il des affleurements de roches susceptibles d'une utilisation analogue et qui pourraient dans une certaine mesure concurrencer certains produits étrangers, et par conséquent diminuer nos sorties de devises. Il s'agit pour l'essentiel, de roches gris foncé à noir, diorites, gabbros, amphibolites, dolerites, dont certaines sont déjà bien connues à l'affleurement, et dont d'autres sont à découvrir.

Rien toutefois ne permet d'affirmer que les massifs actuellement connus (gabbro-épidiorite de Saint Jean Du Doigt, gabbro de Tregomar) peuvent permettre l'ouverture d'exploitations. Ils ne sont en effet connus la plupart du temps que par des blocs épars, emballés dans des produits de décomposition, dont l'épaisseur peut être importante (10 m ou plus ?).

Il semble toutefois que cette question mériterait une étude particulière, tout au moins initialement par un recensement des gîtes pouvant exister et des essais d'utilisation en liaison avec les granitiers.

Une mention particulière peut être faite des kersantites. Ces roches, très recherchées à la Renaissance, ont permis d'édifier certains des plus beaux monuments (églises, calvaires, châteaux) de la Bretagne. Leur composition particulière (feldspaths et micas) semble les rendre peu aptes à prendre un poli permanent, mais ceci mériterait au moins d'être vérifié. Les gîtes sont bien connus et les études devraient surtout porter sur leur extension et l'utilisation des produits.

4 - PROJET DE PROGRAMME D'ETUDE DES GRANITES EN BRETAGNE

Dans les pages précédentes, nous avons essayé de décrire les principaux problèmes posés aux exploitants de granites. Les recherches des géologues doivent avoir pour objectif majeur la localisation de gisements de roches convenant à telle ou telle utilisation et qui soient exploitables dans les meilleures conditions techniques et économiques. Mais nous avons vu que - dans l'état actuel des connaissances - nous manquions des données pétrographiques et structurales les plus élémentaires pour distinguer un "bon" gisement d'un "mauvais", à partir des affleurements naturels.

Il semble donc nécessaire de faire entreprendre l'étude rationnelle des granites bretons par une équipe de géologues spécialisés en pétrographie et en structurologie.

Etudes structurologiques

Un examen des caractéristiques structurologiques de 10 "bonnes" et "mauvaises" carrières des quatre départements bretons :

- . 5 journées de mesure par carrière sur 10 carrières : 50 jours, soit 2 mois de structuraliste,
- . Réalisation et analyse des diagrammes (essais de corrélation entre carrières d'un même massif et entre carrières de massifs différents, raison entre les rendements-carrières et les diagrammes, etc...) : 4 mois de structuraliste,
- . Etude structurale des affleurements pour essayer de localiser à partir des critères définis à la phase précédente, des zones favorables à l'ouverture de carrières : 3 mois de structuraliste,
- . Etudes géophysiques, sondages pour vérification de la valeur des panneaux retenus.
(pour mémoire : financement à prévoir par les exploitants intéressés).

Etudes pétrographiques

- . Examen de lames minces de séries d'échantillons de granite sain et de granite altéré :
 - dans de "bonnes" carrières s'altérant de façon homogène, très recherchées par les granitiers,

- dans des carrières présentant une altération très hétérogène et donc de mauvais rendements-pierre,
 - dans des carrières où le granite ne s'altère pas (examens comparatifs).
- Au total, 4 mois de pétrographe.

Etudes hydrogéologiques

Le rôle des circulations d'eau semble fondamental pour expliquer l'altération des granites. Se produisent-elles seulement dans la zone de battement de la nappe ?

- Intervention d'un hydrogéologue pendant 3 mois (répartis sur une année)

RECAPITULATION DES TEMPS NECESSAIRES

- 9 mois de structuraliste
- 4 mois de pétrographe
- 3 mois d'hydrogéologue.

CHAPITRE 2

GRANULATS, SABLES ET GRAVIERS

SOMMAIRE

L'Ille-et-Vilaine est mieux pourvue en sables et graviers alluvionnaires que les autres départements bretons. Sa production est de l'ordre de 1 million de tonnes par an de sables et graviers d'alluvions (50 % de la production bretonne *), contre 3 millions de tonnes de granulats de concassage. Les sables et graviers de la Vilaine et de ses affluents alimentent pour une large part Rennes et ses environs. Les principales exploitations se situent entre Rennes et Langon. Les réserves sont encore importantes probablement supérieures à 20 millions de tonnes. Si leur exploitation est protégée et menée rationnellement, l'alimentation de Rennes ne devrait pas poser de problèmes difficiles à résoudre dans l'immédiat. De très nombreux bassins de sables pliocènes se rencontrent en Ille-et-Vilaine. Ils ont donné ou donnent encore lieu à des exploitations d'importances variables (Gahard, Retiers, St-Malo de Phily, Langon, etc...). Très utilisés pour revêtir les chemins vicinaux, ils peuvent également servir pour la construction après lavage. Mais ils constituent presque tous des réservoirs d'eau exploités par les adductions publiques et sont ou seront couverts à ce titre par des périmètres de protection.

* Les 50 % restant correspondant surtout aux sables dunaires produits par la carrière d'Erdeven (Morbihan) dont la fermeture est prévue fin 1975.

1 - INTRODUCTION

Les techniques modernes de construction d'immeubles et d'ouvrages d'art, la réalisation et l'entretien du réseau routier, nécessitent des tonnages de granulats sans cesse croissants. C'est ainsi que, de 1965 à 1971, la production globale de ces matériaux en France a augmenté de plus de 60 %, passant de 179 à 291 millions de tonnes, soit un accroissement moyen annuel de 8,5 %.

Selon les ressources du sous-sol, la production régionale fait appel soit à des granulats préformés naturellement (sables et graviers d'alluvions, formations géologiques sableuses), soit au concassage de roches dures (cornéennes, grès, calcaires, ...). D'immenses possibilités sont en outre offertes par les dépôts marins du plateau continental, bien que les problèmes technico-commerciaux qu'en pose l'exploitation ne soient pas encore tous résolus. Enfin la fabrication de granulats artificiels (argiles et schistes expansés) est une technique d'avenir bien qu'handicapée actuellement par des coûts de production trop élevés, en raison des hausses du prix du fuel.

L'épuisement progressif des gisements alluviaux, les contraintes d'environnement qui pèsent sur les exploitations de roches dures, de dunes côtières, etc ..., rendent nécessaire un inventaire des ressources en granulats qui permette de prévoir la poursuite de la production conformément aux besoins, et de pallier le déficit que les prévisions de consommation laissent entrevoir à terme.

2 - PRODUCTION DE GRANULATS EN BRETAGNE

Les statistiques de l'Industrie Minérale (Direction des Mines) donnent, pour la Bretagne, les chiffres de production suivants (1) :

	1965	1968	1969	1970	1971
Sables et graviers d'alluvions	1 035 (0,85 %)	2 188 (1,35 %)	1 779 (0,97 %)	1 852 (0,91 %)	2 035 (0,99 %)
Granulats de concassage	5 726 (9,9 %)	7 340 (10 %)	8 742 (11,6 %)	9 597 (11,5 %)	12 466 (14,5 %)
TOTAL	6 761 (3,8 %)	9 528 (4 %)	10 521 (4 %)	11 449 (4,1 %)	14 501 (5 %)

On voit donc que la Bretagne, qui, au recensement de 1968, comptait 5 % de la population française, a une production de granulats à l'échelle de son importance démographique. Mais, en même temps, la répartition de cette production reflète les possibilités offertes par le sous-sol de la région : peu de dépôts alluvionnaires (production cinq fois moindre que la moyenne nationale par habitant), mais par contre, abondance de roches à concasser (production deux fois plus forte que la moyenne française). On peut, par ailleurs, constater que dans la période considérée, les tonnages produits ont été en constant accroissement pour les granulats de concassage (avec entre 1968 et 1971, un taux de croissance moyen annuel de 19,3 %), alors que la production de granulats alluvionnaires a été plus fluctuante. Au total, la production globale a montré, de 1965 à 1971, une croissance régulière au taux moyen annuel de 15 % (voir graphique n° 1). Ces taux extrêmement élevés (ils correspondent à un doublement de la production en moins de 3 ans pour le premier et en moins de 5 ans pour le second) montrent que la période considérée a été particulièrement faste pour l'industrie extractive. Nous ne disposons pas des statistiques postérieures, mais il ne fait pas de doute que les dernières années, et tout particulièrement à l'heure actuelle, la conjoncture a été nettement moins favorable.

(1) Production en milliers de tonnes, arrondie au millier de tonnes.
Pourcentage calculé par rapport à la production française.

Graphique N°1

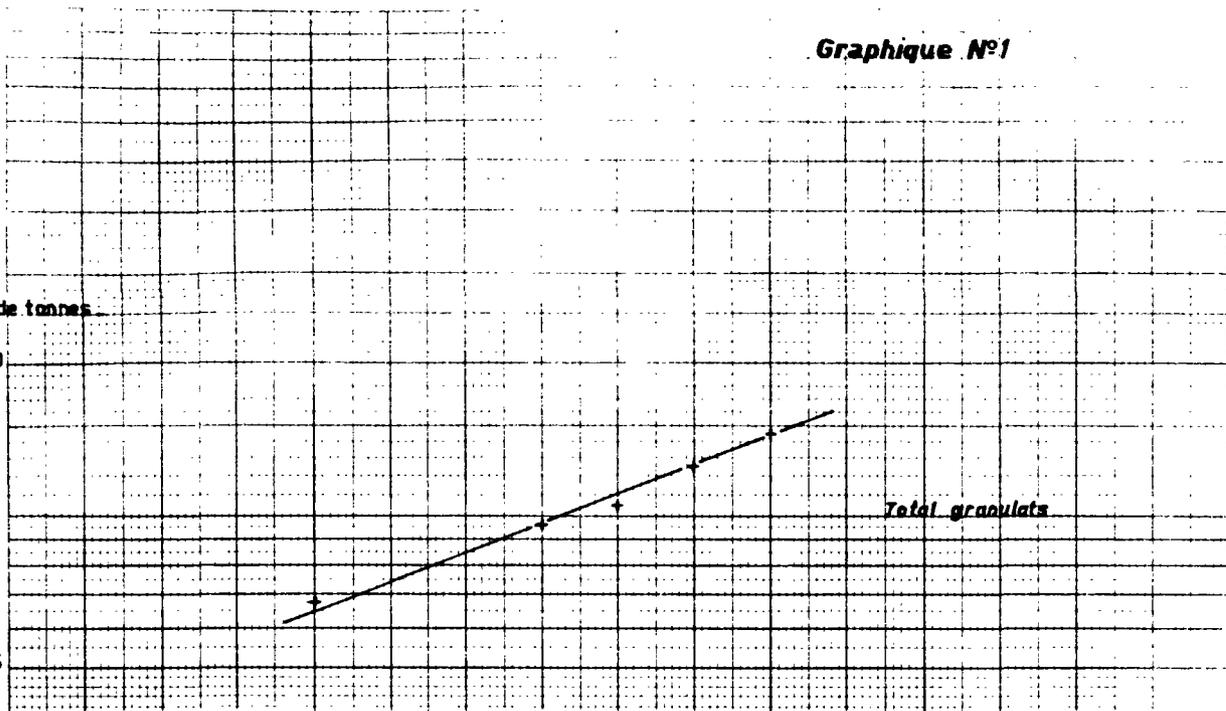
Millions de tonnes

20

10

5

Total granulats



Millions de tonnes

20

10

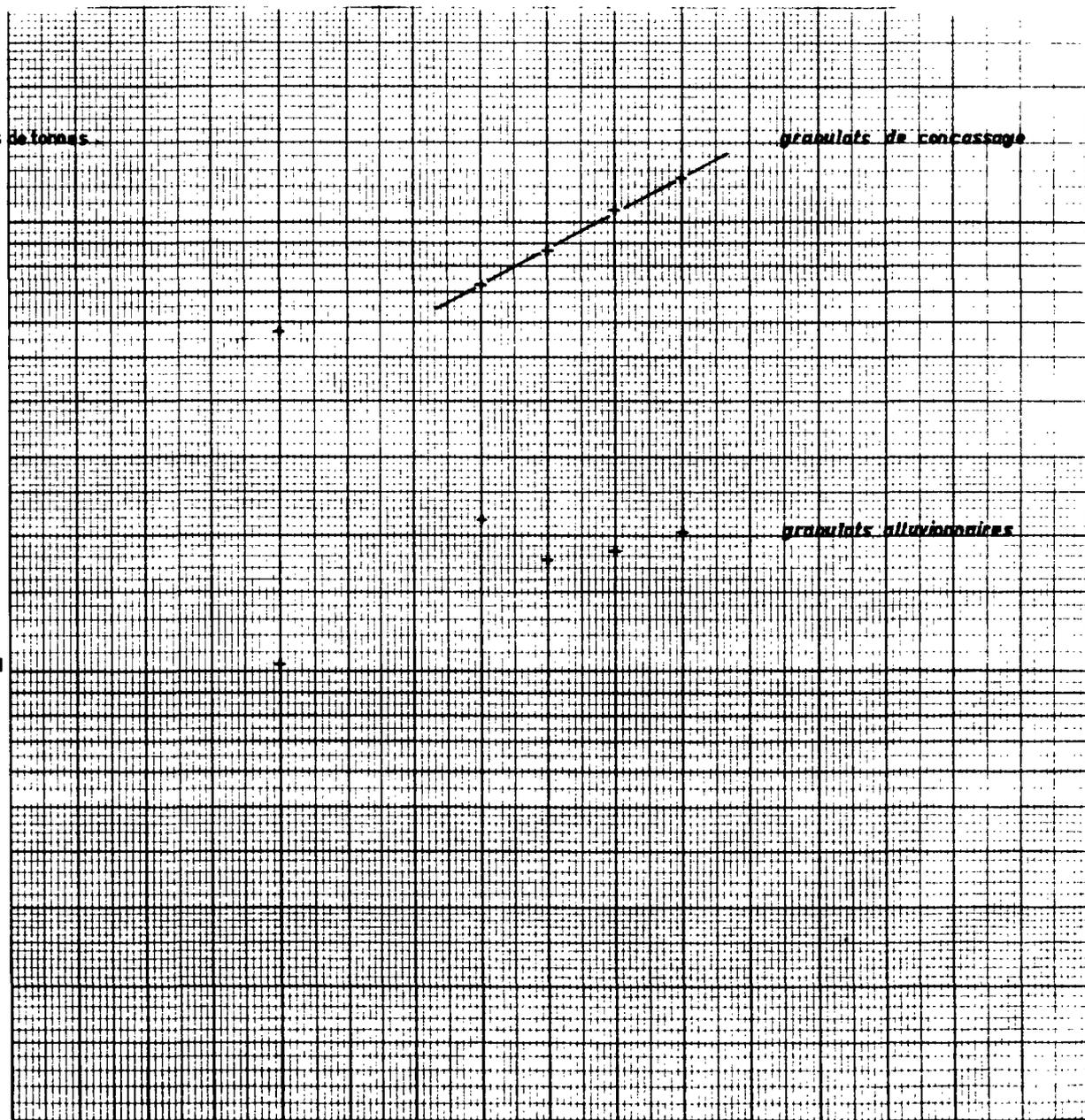
5

2

1

granulats de concassage

granulats alluvionnaires



1965 1966 1967 1968 1969 1970 1971

Le tableau suivant donne la ventilation par département de la production bretonne :

		1965	1968	1969	1970	1971
Côtes-du-Nord	1 *	7	439	153	190	180
	2 **	1 790	902	2 695	3 065	3 250
	TOTAL	1 797	1 341	2 848	3 255	3 430
Finistère	1	40	38	-	-	-
	2	1 280	2 666	2 860	3 001	4 215
	TOTAL	1 320	2 704	2 860	3 001	4 215
Ille-et-Vilaine	1	762	950	936	967	880
	2	1 380	2 328	2 017	2 598	3 000
	TOTAL	2 142	3 278	2 953	3 565	3 880
Morbihan	1	226	761	690	695	975
	2	1 276	1 444	1 170	933	2 001
	TOTAL	1 502	2 205	1 860	1 628	2 976

On voit ici que la régularité de la croissance est plus marquée à l'échelon régional qu'à l'échelon départemental. La production par habitant est également extrêmement variable.

* 1 - Sables et graviers d'alluvions

** 2 - Gramlats de concassage

Par exemple, en 1968 (date du recensement), ces valeurs sont :

	Production (1)	Population (1)	Production par habitant
Côtes-du-Nord	1 341	531	2.52 t/habitant
Finistère	2 704	799	3.38 "
Ille-et-Vilaine	3 278	670	4.89 "
Morbihan	2 205	561	3.93 "

En 1971, en se basant sur les mêmes chiffres de population, ces valeurs deviennent respectivement 6,46 ; 5,27 ; 5,79 et 5,30 tonnes par habitant. Les taux d'accroissement ont été beaucoup plus forts dans les départements possédant de grandes longueurs de côtes (Côtes-du-Nord 155 % ; Finistère 55 % ; Morbihan 35 %) qu'en Ille-et-Vilaine. Ceci est dû d'une part au développement de l'urbanisme côtier et d'autre part à la réalisation de projets routiers d'importance (route St Brieuc par exemple).

(1) Production en milliers de tonnes, population en milliers d'habitants (chiffres arrondis).

3 - SABLES ET GRAVIERS EN ILLE-ET-VILAINE

L'Ille-et-Vilaine est le département breton qui produit la plus grande quantité de sables et graviers alluvionnaires. Au cours de la période que nous avons étudiée, il a fourni 50 % de la production régionale. Dans les dernières années, on peut estimer que sa production s'est maintenue au voisinage d'un million de tonnes par an.

Ceci tient à ce que, dans une région pauvre en formation alluviale, l'Ille-et-Vilaine possède, à proximité du centre de consommation de Rennes, d'assez importants gisements dans les vallées de la Vilaine et de ses affluents, du Meu en particulier. La production n'est toutefois pas de l'ordre de grandeur de la moyenne nationale, puisque, avec 1,7 % de la population française, le département ne fournit que 0,5 % de la production nationale. L'appoint des granulats de concassage est nécessaire pour atteindre la moyenne française.

Outre les dépôts de la région de Rennes, déjà largement exploités, les vallées de la Vilaine et de ses affluents renferment encore d'assez importants tonnages d'alluvions sablo-graveleuses qui, en raison de leur éloignement relatif des centres de consommation, n'ont fait l'objet que d'exploitations locales de peu d'importance. Ces terrains constituent donc une réserve pour l'avenir. Enfin, outre les alluvions, le département contient des formations géologiques sableuses (sables pliocènes).

31 - Alluvions de la région de Rennes

Nous résumerons, ici, l'étude faite à la demande de l'Arrondissement Minéralogique de Rennes sur la question (1), en nous permettant de renvoyer le lecteur, pour plus de détails, au rapport d'étude.

Les ressources en gravier, importantes, susceptibles d'être exploitées à grande échelle, sont concentrées dans la vallée de la Vilaine entre Rennes et Pont Réan et dans la vallée du Meu en aval de Montfort-sur-Meu et surtout de Mordelles. Les graviers se présentent là sous forme de gisements continus d'épaisseurs variables, occupant la plus grande partie du flat. En admettant que 30 à 40 % des terrains soient effectivement exploitables, les réserves seraient de 7 650 000 tonnes à 10 200 000 tonnes pour la Vilaine (sans tenir compte des secteurs qu'il

(1) Rapport B.R.G.M. 73 SGN 176 BPL : Sables et graviers des environs de Rennes, par J.P. CLEMENT.

serait souhaitable de réserver pour le captage de l'eau) et de 16 960 000 à 22 610 000 tonnes pour le Meu, ce qui ferait une réserve totale de 24 610 000 à 32 810 000 tonnes. La production actuelle étant d'environ 1 000 000 de tonnes par an, cela fait 25 à 30 ans de production. En fait, étant donné l'accroissement annuel de 12 % par an communément admis, on peut estimer qu'il reste pour environ 12 à 15 ans de réserves.

La vallée de la Vilaine en amont de Rennes ainsi que la vallée de la Seiche contiennent également quelques beaux gisements dans la partie aval de leur vallée. Toutefois, ces gisements sont beaucoup plus localisés et ne forment pas une nappe continue.

De ce fait, l'estimation de leurs réserves ainsi que leur exploitation est beaucoup plus aléatoire, et s'ils peuvent parfois constituer un appoint sérieux, il ne serait toutefois pas prudent de les compter dans les réserves globales.

Des gisements de faible importance et d'assez mauvaise qualité, mais cependant utilisables dans certains cas existent également sur les vallées de la Vaunoise, de la Flume et sur la Vilaine entre Pont Réan et Pléchatel.

32 - Autres ressources du bassin de la Vilaine

Le cours supérieur du fleuve est à peu près dénué de formations alluviales jusqu'à Châteaubourg. En aval de Rennes, par contre, la vallée du fleuve présente, entre St Malo de Phily et la cluse de la Corbinière, puis de Ste Anne-sur-Vilaine jusqu'en aval de Redon, des élargissements qui ont été favorables au dépôt des sédiments sablo-graveleux.

Quelques carrières y ont été ouvertes, comme près de l'écluse de Malon et surtout à Langon (carrière SCREG, carrière LEHURT). Mais rien n'est ici comparable à l'important développement des exploitations entre Rennes et Pont Réan. Ces zones peuvent donc être considérées comme encore vierges.

Jusque dans le secteur de Langon - Brain sur Vilaine, les alluvions, dont l'épaisseur peut atteindre 5 m, ne sont généralement recouvertes dans le flat proprement dit que par des épaisseurs de limons stériles peu importantes, parfois même à peu près nulles. La qualité des graves est très variable. Parfois très bonne, sans argile et avec une

faible teneur en schistes, elles peuvent également contenir localement des teneurs en argile très importantes. Ces variations sont souvent très rapides, des puits forés à quelques dizaines de mètres les uns des autres peuvent montrer des alluvions de faciés très différents.

Dans la région de Redon, les conditions de remplissage de la vallée ont été différentes. Cette zone a connu au Flandrien, il y a quelque 15 000 ans, une avancée de la mer qui a déposé sur les alluvions sablo-graveleuses, des épaisseurs souvent considérables de vase. En conséquence, l'exploitation des graves y est impossible par les techniques classiques. Mais peut-être pourra-t-on, un jour, l'envisager par d'autres méthodes (aspiration par suceuses à partir de puits traversant la vase). Dans l'immédiat, vu les possibilités existantes par ailleurs et l'éloignement de ce secteur des grands centres de consommation, il ne présente pas d'intérêt.

Les vallées des affluents de la Vilaine inférieure (Semnon, Rau du Pont aux Roux, Chère, Canut) peuvent recéler çà et là de petits gisements de graviers. En aucun cas pourtant, elles ne peuvent donner lieu à des exploitations de quelque importance. Seule la vallée de l'Aff peut présenter quelque intérêt, mais nous n'avons pas de renseignements sur son remplissage.

33 - Autres ressources alluviales d'Ille-et-Vilaine

Des recherches ont été effectuées par le B.R.G.M. (Division minière Vendée-Bretagne) dans les vallées des cours d'eau du nord du département. Les résultats en ont été négatifs à Bonnemain (ruisseau de la Chapronnaie) et à la Boussac (ruisseau de Landal).

Seul le flat de Gerard, commune de Montreuil sous Pérouse, a montré un petit gisement, s'étendant sur une superficie d'une centaine d'hectares, avec des épaisseurs de graviers, généralement propres, qui peuvent dépasser 2 m, sous un recouvrement du même ordre.

34 - Autres ressources en granulats

Des sables pliocènes sont piégés en grande quantité dans des accidents tectoniques au sud et au sud-ouest de Rennes et on les retrouve en placages plus ou moins importants au sommet des collines au sud de Rennes. Ces sables sont exploités en différents points et servent en maçon-

nerie pour la confection des crépis et mortier.

Des graviers sablo-argileux datés du Pliocène couvrent de vastes superficies au sud et à l'ouest de Rennes avec des épaisseurs pouvant atteindre 7 à 8,00 m. Ces graviers, en raison de leur teneur en argile ne sont guère utilisables qu'en matériau de viabilité. D'autres formations du même âge et de même faciés se rencontrent fréquemment, surtout dans l'est (Roz sur Couesnon, St Aubin d'Aubigné, Gahard, Retiers, Rannée) et le sud (Pipriac, St Malo de Phily, Langon) du département. Ils ont donné ou donnent encore lieu à des exploitations d'importance variable (Gahard, Retiers, St Malo de Phily, Langon, ...). Les dépôts tertiaires du nord-ouest de l'Ille-et-Vilaine sont au contraire généralement argileux ou calcaires.

Les sables pliocènes ont une granulométrie assez fine en général, avec quelques passées graveleuses. Mais à Roz sur Couesnon par exemple, la fraction graviers est très abondante. Les teneurs en argile et en oxyde de fer (coloration rougeâtre) sont très variables et peuvent dans certains cas limiter les possibilités d'emploi de ce matériau.

Le principal obstacle à l'exploitation des dépôts pliocènes provient de ce qu'ils constituent des réservoirs d'eau d'excellente qualité et alimentent des distributions publiques. La protection des ressources en eau potable sera le plus souvent exclusive de l'extraction des matériaux, que les mesures de protection des captages prohiberont donc.

Des arènes d'altération des granites ont été autrefois utilisées comme sable. A notre connaissance ce matériau, chargé en argile (décomposition des feldspaths et des micas noirs), parfois en mica blanc, n'est plus utilisé en raison de ses mauvaises qualités. D'importants tonnages en existent, mais le traitement nécessaire pour en isoler les grains de quartz en rendrait le coût de production prohibitif.

35 - Sables issus du traitement des grès à zircon, rutile

Le B.R.G.M. a découvert dans le sud de l'Ille-et-Vilaine de très importants gisements de grès à zircon, rutile. Le traitement futur de ce minerai donnera en "sous-produit", du sable très fin utilisable pour la fabrication de béton cellulaire, en verrerie, etc

CHAPITRE 3

TOURBES

SOMMAIRE

La consommation française de tourbe, utilisée pour l'horticulture et le maraîchage, augmente régulièrement. Elle n'est pas compensée par la croissance de la production nationale. Il en résulte des pertes de devises. De l'ordre de 20 millions en 1974, elles pourraient passer à 100 millions en 1980, si des mises en exploitation de gisements français n'intervenaient pas d'ici là.

Or la Bretagne montre de nombreux gisements. Ceux d'Ille-et-Vilaine sont les plus importants. Situés entre Dol et Châteauneuf, au nord du département, ils couvrent plus de 500 hectares. Leurs réserves de tourbes blondes et brunes dépassent 7 millions de m³. Leur épaisseur est de l'ordre de 2 m de tourbes blondes et brunes.

Il serait intéressant :

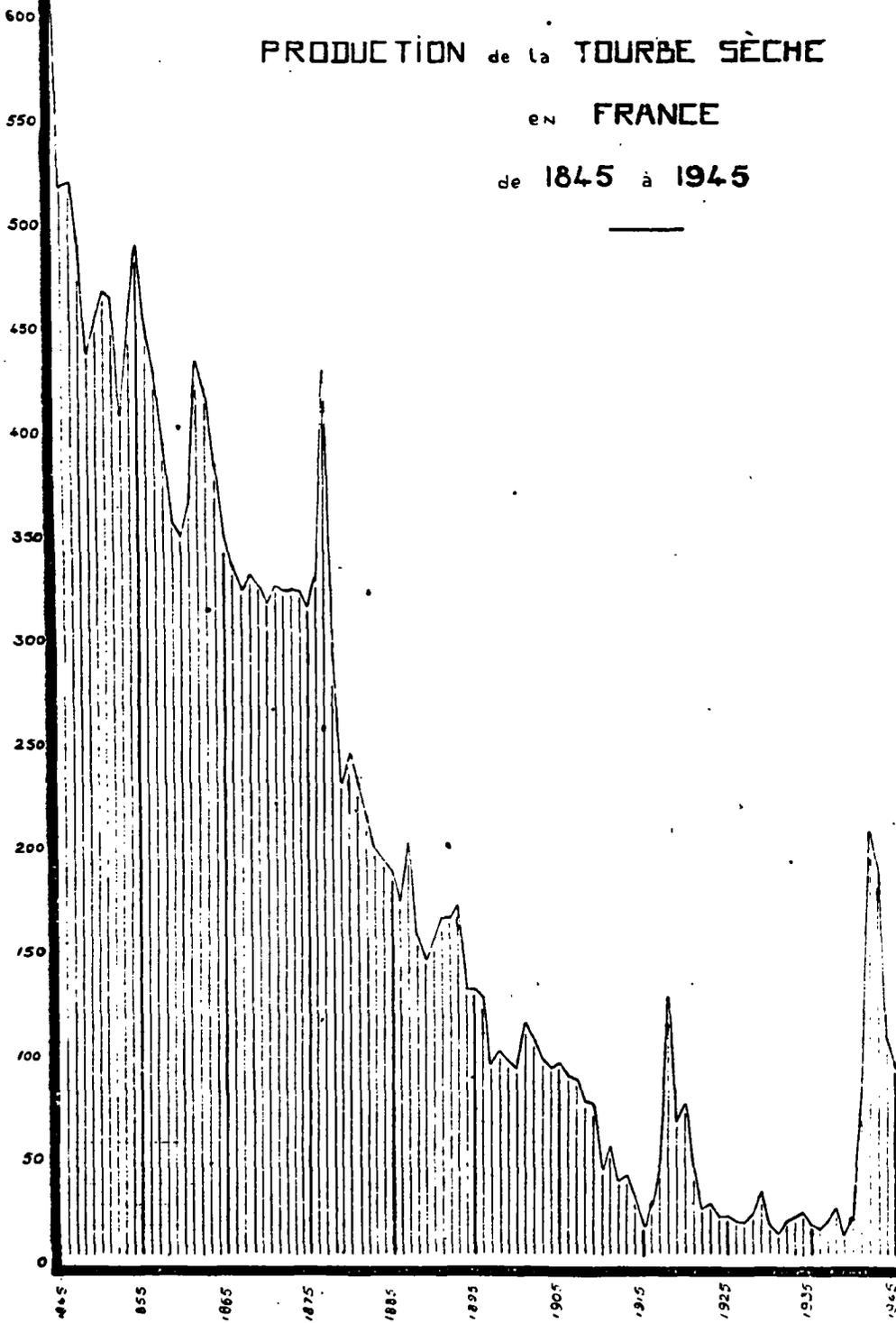
- de faire l'inventaire de tous les gisements bretons, pour sélectionner les plus intéressants ;
- de faire une prospection détaillée des gisements de Dol Châteauneuf (sondages, études d'échantillons).

650 *Milliers de TONNES*

PRODUCTION de la TOURBE SÈCHE

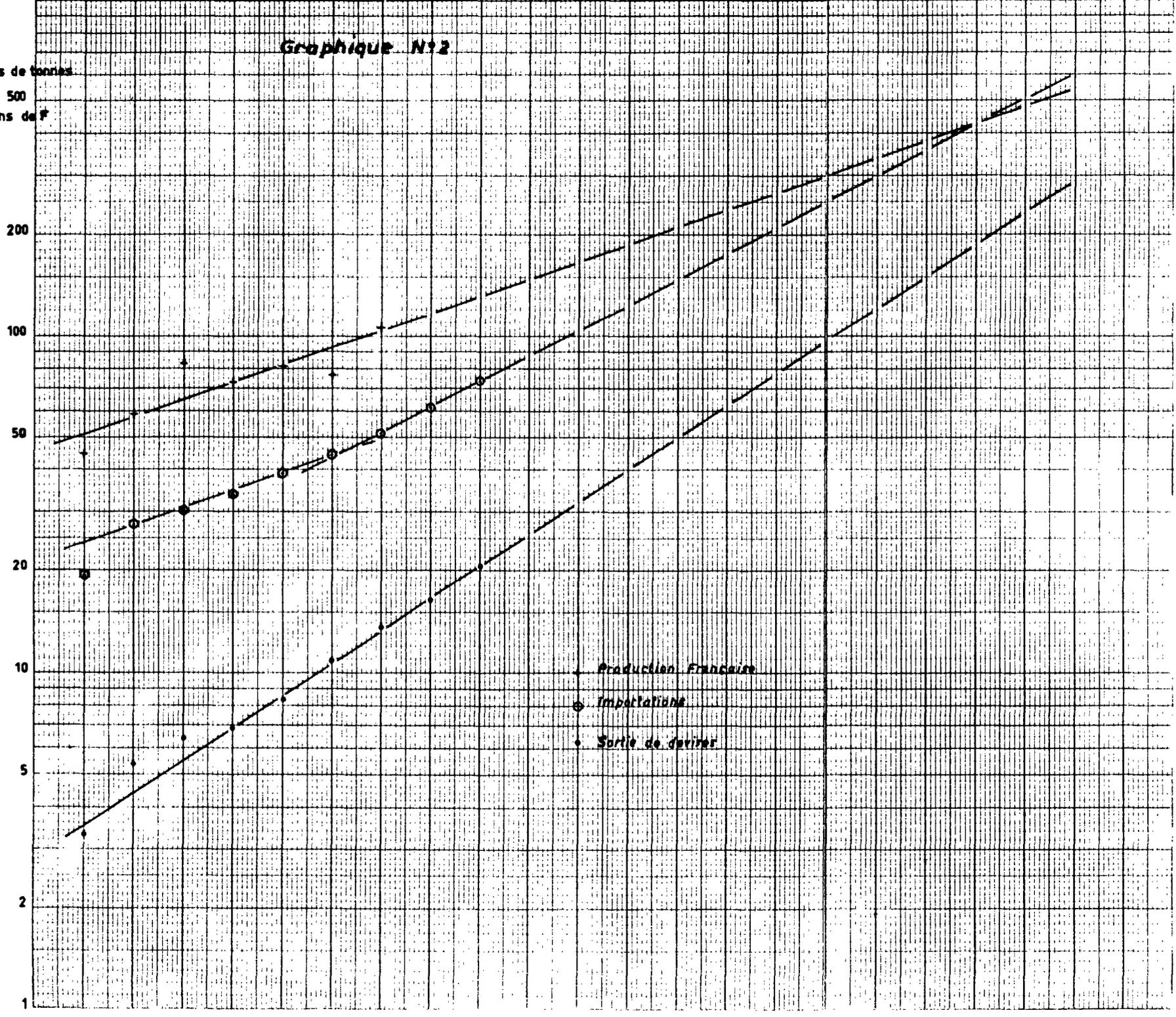
en FRANCE

de 1845 à 1945



Graphique N°2

Milliers de tonnes
500
Millions de F



Production Française
Importations
Sortie de déviers

1 - INTRODUCTION

Si elle n'a vraisemblablement jamais été aussi intensive que dans certains autres pays européens (Ecosse, Allemagne du Nord, Pologne...) l'exploitation de la tourbe en France a produit dans le passé, des quantités très importantes de cette matière. Vers 1845, elle était supérieure à 600 000 tonnes par an et, malgré une baisse rapide, atteignait encore 300 à 350 000 tonnes par an sous le Second Empire et dans le début de la IIIe République. Par la suite la diminution devait s'accroître et, à partir de 1915, la production restait de l'ordre de quelques dizaines de milliers de tonnes par an, sauf pendant les périodes de guerre, où la pénurie de combustibles importés a conduit à une certaine reprise de cette industrie quasiment oubliée. Les productions, toutefois, restaient largement inférieures à celles du siècle dernier, avec des maxima de quelques 125 000 tonnes en 1918 et 210 000 tonnes en 1942. (voir graphique 1).

Le rôle de la tourbe comme combustible, ou comme matière première de l'industrie pétro-chimique, appartient désormais au passé. Mais une nouvelle et importante utilisation a été trouvée pour cette substance : celle de la fabrication de terreaux maraîchers. On jugera de cette importance par le fait que de nos jours, la consommation française de tourbe est d'un ordre de grandeur comparable à celui de la production des temps de guerre, plus de 150 000 tonnes en 1971.

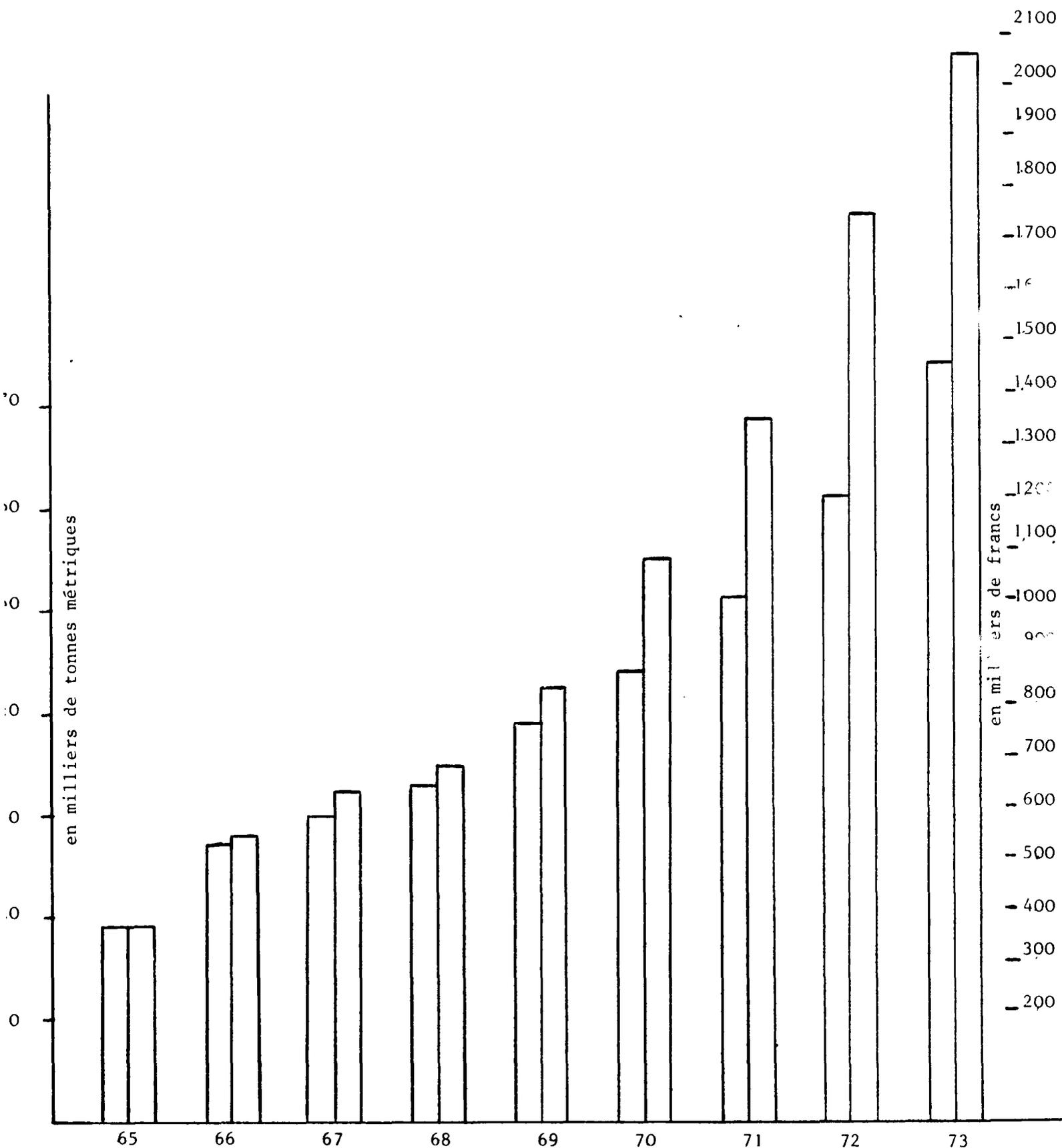
Or il est remarquable que si, dans les dix dernières années, la production nationale a connu une croissance très nette, passant de 44 000 tonnes en 1965 à 106 000 tonnes en 1971, avec un taux moyen d'accroissement de l'ordre de 12,5 % par an, elle n'en a pas moins été insuffisante pour couvrir les besoins nationaux et que les importations ont également crû, et à un rythme plus rapide (12,6 % par an jusqu'en 1970, 20 % par an depuis 1971). Corrélativement les sorties de devises ont augmenté, passant d'un peu plus de 3 millions en 1965 à près de 21 millions en 1973 (taux d'accroissement moyen de 25 % par an) - (voir tableau 1 et graphique 2). La poursuite de cette tendance amènerait les importations à égaler la production nationale en 1983, au niveau de 420 / 430 000 tonnes, avec une sortie de devises correspondantes de près de 200 millions de francs.

ANNEES	PRODUCTION (1) FRANCAISE DE TOURBE EN TONNES	IMPORTATIONS DE (2) TOURBES ET AGGLO- MERES DE TOURBES EN TONNES	TOTAUX	EXPORTATIONS DE (2) TOURBES ET AGGLO- MERES DE TOURBES EN TONNES	CONSOMMATION APPARENTE NATIONALE EN TONNES	MONTANT DES DEVISES (2) EN MILLIERS DE FRANCS EXPORTEES CORRESPON- DANT AUX IMPORTATIONS
1965	44 249	19 316	63 565	-	63 665	3 326
1966	58 667	27 481	86 148	-	86 148	5 371
1967	82 527	30 312	112 839	987	111 852	6 382
1968	72 815	33 976	106 791	1 194	105 597	6 831
1969	80 706	39 000	119 706	2 280	117 426	8 297
1970	77 108	44 166	121 274	2 897	118 377	10 802
1971	105 785	51 322	157 107	3 395	153 712	13 506
1972	non parue	61 696	-	3 028	-	16 166
1973	non parue	73 935	-	956	-	20 668

(1) STATISTIQUES de L'INDUSTRIE MINERALE - MINISTERE DE L'INDUSTRIE et de LA RECHERCHE

(2) STATISTIQUES DU COMMERCE EXTERIEUR DE LA FRANCE - DIRECTION GENERALE DES DOUANES.

RECAPITULATIF DES IMPORTATIONS DE TOURBES ET AGGLOMERES DE TOURBES
 DE 1965 A 1973 (en rouge) AINSI QUE LE MONTANT DE DEVISES "EXPORTEES"
 (en vert) CORRESPONDANTES (1)



1) statistiques du Commerce extérieur de la France. Direction générale des douanes.

Une fraction importante de la production française actuelle provient de l'excellent et important gisement des marais de Gorges, près de Carentan (Manche) *. Mais il est frappant de constater que lors de la reprise de production de la guerre 1939 - 1945, le département de la Manche restait derrière d'autres régions plus occidentales.

Tableau n° 2

Principaux producteurs de tourbe 1938 - 1945

Rang	Département	Production en tonnes
1	Loire-Atlantique	103 170
2	Oise	56 997
3	Finistère	55 684

6	Manche	26 402

Par ailleurs, si la production de l'Ille-et-Vilaine restait très faible (7 205 tonnes de 1938 à 1945), on constate qu'elle venait des petits gisements sans grande valeur de la région de Fougères, tandis que celui des marais de Dol et de Châteauneuf restait inexploité. Ce gisement n'est certes pas comparable à celui des marais de Gorges, dix fois plus important, mais il n'en contient pas moins des réserves de l'ordre de 10 millions de m³. En admettant qu'il soit exploité à un rythme comparable à celui des importations actuelles (voisin de 100 000 t/an), on voit que ces réserves pourraient durer 30 ans.

Par contre, les gisements du Finistère, nombreux mais dispersés et de faible extension, ont été largement exploités pendant la dernière guerre et une reprise autre qu'artisanale en est difficilement envisageable. D'ailleurs le principal gisement, celui des marais de St Michel, se trouve au bord de la retenue de la centrale de Brennilis, ce qui ne serait pas sans poser des problèmes à une exploitation. Ses réserves (3,85 millions de m³) le rendent toutefois digne d'intérêt et une étude plus poussée en serait nécessaire

* Ce gisement, dit de Baupte, est exploité par la Société COFAZ. Les départements de Seine-Maritime, Marne et Isère sont également des producteurs importants.

Les autres départements bretons ont eu, de 1939 à 1945, une production honorable : Côtes-du-Nord : 16 900 tonnes, Morbihan : 18 000 tonnes. Mais seul le gisement de Laudrat, communes de Béganne, Caden et Péaule (2 millions de m³), non exploité à l'époque, mérite de retenir l'attention actuellement.

En conclusion, il est possible d'affirmer que les ressources en tourbe de la Bretagne, qui sont de l'ordre de 15 millions de m³, sont susceptibles, si elles sont mises en exploitation, de concourir à améliorer la tendance du commerce français de cette substance. Outre la possibilité de réaliser des économies de devises, la création éventuelle d'emplois (extraction, traitement, conditionnement et commercialisation) est un facteur favorable à toute tentative en ce genre.

Il convient toutefois de garder à l'esprit que la connaissance que nous avons des gisements bretons de tourbe est insuffisante. Les recherches menées pendant la guerre sous l'égide du Comité d'Organisation de l'Industrie des Combustibles Minéraux Solides (C.O.I.C.M.S.), n'ont fait que dégrossir les problèmes. Tant pour des motifs techniques qu'en raison de l'état de guerre, la prospection détaillée n'a pu être faite que sur les marais de St Michel (Finistère). Par ailleurs, l'évolution des zones tourbeuses depuis 1945 reste à étudier.

Pour ces raisons, il est nécessaire de procéder à des travaux de recherche susceptibles de préciser les informations antérieures et de définir, en fonction des normes modernes, l'exploitabilité des gisements jugés intéressants.

2 - NATURE ET UTILISATIONS DE LA TOURBE

21 - Nature

La tourbe est le résultat de la décomposition à l'abri de l'air de végétaux aquatiques, roseaux, laïches, prèles, mousses (hypnes, sphagnes), etc ...

Vue en place, sur le terrain, la tourbe apparaît comme une masse végétale qui, vivante en surface, mortifiée et brunie immédiatement sous cette surface, subit une lente altération et se transforme peu à peu en profondeur, en une substance molle, brune ou noirâtre, plus ou moins spongieuse, dans laquelle se distinguent très bien encore les débris mortifiés de tissus végétaux, pour devenir ensuite une substance plus brune ou plus noire, dans laquelle les débris végétaux finissent par perdre pour la plupart leurs caractères morphologiques et même histologiques.

La tourbe naissante est un simple amas de végétaux morts brunis ; la tourbe faite est une roche dans l'acception géologique du terme.

En gisement, la tourbe est noire ou brune et dans ce dernier cas tend à foncer sa teinte à l'air dès son extraction. Elle est parfois brun chocolat, brun clair, havane. Il en est même que les tourbiers qualifient de blonde, ce qui est quelque peu exagéré, mais se justifie, notamment en gisement, pour des lits supérieurs de teinte plus claire que d'autres lits profonds de teinte plus foncée.

Elle est pâteuse, parfois fibreuse ou moussue, quelquefois totalement fluide. Elle a une densité voisine de 1.

Ces diversités dépendent de la nature des plantes mères de la tourbe, du lieu, du mode, et du degré de tourbification.

Les désignations qui suivent, fréquemment employées par les tourbiers, s'appliquent à des variétés de tourbe en rapport avec le degré de tourbification.

211 - Tourbe gazonneuse ou mousseuse

Près de la surface jusqu'à 10 à 25 centimètres de profondeur, la tourbe très récente est légère, spongieuse, totalement imbibée d'eau, si la tourbière est mouillée jusqu'à la surface, compressible à la main, de teinte jaune, jaune brun ou brun clair, en tourbière haute, bombée ou déjà noire en tourbière basse. A l'état sec, elle est friable. Elle est constituée par l'enchevêtrement de fragments de végétaux aisément visibles et souvent reconnaissables à l'oeil nu ; avec très peu de matière brune colloïdale entre les débris végétaux. A l'état sec, sa densité apparente est de l'ordre de 0,1 à 0,25.

212 - Tourbe fibreuse

Plus bas, jusqu'à 45 à 50 centimètres, la tourbe prend la texture fibreuse. Elle est formée de restes végétaux, débris de mousses, de feuilles, tiges et racines, de petits fragments de bois, bruns ou noirs, visibles à l'oeil nu et constituant une trame dont les interstices sont comblés de matière humique brune, brun foncé ou noire. Elle est un peu spongieuse. A l'état sec, elle est encore assez friable, sa densité apparente est de l'ordre de 0,25 à 0,65.

213 - Tourbe terreuse

Dans les mètres qui suivent, la tourbe est homogène, pâteuse molle, parfois presque fluide à l'état humique. Sa teinte est brune, brun chocolat, brun noir ou noire. A l'état sec, elle est dure, cohérente, taillable au couteau, ou cassable au marteau, avec des surfaces ternes. Elle ne montre à l'oeil nu pratiquement pas de restes végétaux (à l'exception de gros morceaux de bois, de graines, de fruits) ; mais au microscope elle en montre encore généralement beaucoup, assez fortement dilacérés. A l'état sec, sa densité apparente est de l'ordre de 0,40 à 0,90.

214 - Tourbe piciforme et schistoïde

A la base, la tourbe ancienne est compacte, très pâteuse, brun noir ou noire. A l'état sec, elle est cohérente, dure, à vague aspect de poix (d'où son nom), parfois schistoïde ; elle est taillable au couteau, ou seulement concassable au marteau en lames schisteuses ou en blocs. Elle ne montre généralement à l'oeil nu que de grands restes végétaux, les plus petits ayant été totalement décomposés, sauf les plus résistants d'entre eux, visibles au microscope. Sa densité apparente à l'état sec est de l'ordre de 0,60 à 1,06 et même 1,30.

22 - Qualités physiques et chimiques nécessaires à l'utilisation agricole

En tant que combustibles, ce sont les tourbes les plus évoluées qui ont le plus de valeur. Mais pour les utilisations agricoles actuelles (substrats horticoles et maraîchers, supports d'engrais), ce sont au contraire les tourbes mousseuses (tourbes à sphaignes) et à la rigueur fibreuses qui conviennent le mieux.

Une bonne tourbe agricole doit avoir les caractéristiques suivantes :

- capacité de rétention élevée (1 000 à 1 500 % de la matière sèche),
- un rapport carbone/azote de l'ordre de 40 à 50
- un PH acide (3,8 - 4,5),
- une bonne capacité d'échange.

Or l'inventaire de 1942 ne s'est intéressé à aucune de ces caractéristiques. Il ne comporte que le calcul des réserves des gisements et les teneurs en cendres. Il est donc entièrement à reprendre.

Les études comparatives faites entre les tourbes brunes du gisement de Baupré (Manche) et des tourbes blondes importées montrent que leurs caractéristiques sont peu différentes et qu'elles sont donc concurrentielles. Il peut ne pas en être de même dans d'autres gisements.

Une attention particulière devra également être portée à l'examen biologique de la tourbe. Nombre de tourbières sont en effet infestées de vers microscopiques de la famille des nématodes, dont certaines espèces sont des parasites redoutables des cultures.

3 - LES TOURBES DE BRETAGNE

Comme nous l'avons vu au paragraphe précédent, la recherche de combustibles de remplacement a conduit, lors de la dernière guerre mondiale, à la recherche et l'exploitation de tourbières sur la majeure partie du territoire français. La production totale, proche de 100 000 tonnes en 1941, et encore en 1945, a, en 1942, dépassé 200 000 tonnes.

Production de tourbe de 1938 à 1945 (en tonnes)

Département	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	Total
Côtes-du-Nord	-	-	-	5 383	5 260	4 180	1 570	473	16 866
Finistère	3 000	3 000	8 000	16 967	11 540	6 550	2 535	4 182	55 684
Ille-et-Vilaine	-	-	-	2 100	2 770	1 820	515	-	7 205
Morbihan	-	-	-	3 346	7 090	4 380	2 670	516	18 002
Bretagne	3 000	3 000	8 000	27 796	26 570	16 930	7 290	5 171	
France	27 360	15 010	23 880	83 452	208 940	188 580	112 684	92 381	752 287

Selon les documents en notre possession, cette production provenait essentiellement des lieux-dits : Monbesnard (ou Mébesnard) et Landes-Marais, en Parigné, dans le bassin du Manson, affluent du Couesnon. Les principaux gisements, situés entre Dol et Châteauneuf, n'étaient pas exploités. Actuellement, pour réduire les importations qui augmentent régulièrement, leur ouverture pourrait être envisagée.

4 - GISEMENTS D'ILLE-ET-VILAINE

A - Bassin supérieur du Couesnon

1- Les vallées du Nanson et de La Loisançe, affluents du Couesnon, et du Beuvron, affluent de la Sélune, sont bordées d'une succession de poches tourbeuses de quelques hectares, peu puissantes, sous une couche, parfois épaisse, de mousses blanches non tourbifiées.

A Landes-Marais, entre les fermes de la Lande et de Passillé, le gisement, plus étendu, est recouvert de 0,80 m de mousses non décomposées, puis comprend de 0,50 m à 2 m de tourbe mousseuse brune, très irrégulièrement cendreuse. De 1942 à 1944, exploitation par une entreprise, tant pour le combustible (tourbe) que pour la fabrication de panneaux isolants (mousses de surface).

Lieu-dit Passillé, au sud de la ferme de ce nom, poche de 2 ha, presque constamment noyée, ne contenant que quelques décimètres de tourbe, sous une forte épaisseur de mousses.

Lieux-dits La Rousselais, Moulin de l'Artoire, La Ville-Boeuf, gisement discontinu, sous prairies souvent inondées, de tourbe compacte parce que très glaiseuse.

De la Seye jusqu'à l'aval du Moulin de Sollier, sept poches de tourbe terreuse et glaiseuse analogues aux précédentes et d'accès difficile.

De la Hurlais jusqu'au delà de la ferme du Bois-Guy, étroite bande discontinue, dans une petite vallée étroite et encaissée, souvent inondée. Tourbe très glaiseuse, cependant exploitée à Monbesnard pour les besoins des propriétaires du terrain ; pas de chemin d'accès.

2- Depuis l'amont du Pont de la Loisançe jusqu'à l'étang du Château de Marigny, en quatre poches successives, gisement, analogue aux précédents, de tourbe mousseuse peu profonde et de plus barrée de bancs de sable et de glaise, très cendreuse. Accès difficile sauf au Pont de la Loisançe.

3- Au nord du Château de Saint-Brice, petit gisement analogue, très argileux ; d'autres points de la vallée, signalés tourbeux, ne contiennent que de la vase.

B - Bassin inférieur du Couesnon

4 - Entre le Grand-Rouvray et le Petit-Gué, le marais ne contient que de la terre tourbeuse, sur fond de glaise.

5 - A l'ouest de Dol, de part et d'autre du canal de Cardequin,

vaste marais (1 000 ha environ) sillonné de nombreux fossés et contenant, sous 0,40 m à 0,50 m de glaise ou terre noire, un important gisement de tourbe très compacte, brun-noir, peu puissant (0,20 à 0,40 m dans toute la partie nord-ouest, 1 m dans la partie sud-est), et parfois coupé d'un banc de glaise. Fond de glaise bleue et gravier.

6 - Beau gisement de plus de 500 ha, dont la partie ouest, sur Châteauneuf et Miniac-Morvan, plus puissante (1,80 m à 2 m), est très peu cendreuse (4 à 10 %). Tourbe compacte, brune ou noire, qui semble à l'origine s'être formée sur une forêt noyée et tourbifiée ; fond de glaise bleue ou grise. Vers l'est, la puissance décroît, l'épaisseur de la découverte et la teneur en cendres augmentent et apparentent cette partie du gisement au marais de Roz-Landrieux et Mont-Dol (5).

La prospection spéciale de ce gisement important n'a pu être faite en 1943 - 1944 en raison de l'occupation militaire et de l'inondation artificielle du marais.

Le tableau ci-après résume les principaux résultats des prospections effectuées pendant la guerre.

REPERE	RIVIERE	COMMUNE	T O U R B E				Décou- verte moyenne	Niveau de l'eau	
			Surface en hectares	Epaisseur moyenne en mètres	Volume en 1000 m ³	Teneur en cendrés en pour 100			
1	Le Nanson....	Parigné.....	16	1	160	9,4-12,7-26,9	0,8	-1	
		-	2	0,5					
		-	3	0,6		17,8-24,1-29,4	0,75		
		Parigné - Landéan.....	7	0,55		21,5-30,5-48,4	0,75		
		Parigné.....	4	0,9		37,4 à 50	1		
		Saint-Germain-en-Coglès	11	0,6		29,2-39,9 à 61	0,8		
		Le Beuvron	Parigné	3	0,55				0,5
		-		15	0,85		43,7 à 59		0,8
		Parigné - Villamée.....	13	0,75		31,8-40,5-43,1	0,7		
2	La Loissance	Saint-Germain-en-Coglès..						-0,1	
		- ..	13	1,6	210	33,4 à 64	0,1		
3	-	Saint-Brice.....	1	1,5			0,2		
4	Ruisseau de Guioult	Dol-de-Bretagne.....	20	1,5			0,4		
5	Ruisseau de Cardequin	Roz - Landrieux.....	175	1	1 750	14,5-17,2-18,5	0,4	-0,8	
		Mont-Dol.....	80	1	800	20,9-23,1-24,4	0,5	-0,8	
		Roz-Landrieux-La Fresnais	600	0,3			0,35		
6	Le Biez-Jean	Châteauneuf d'Ille-et-Vil.	30	2	600	10,3	0,3	-0,7	
		Miniac-Morvan.....	220	1,8	3 960	4,8-8,4-10,1	0,3	-0,8	
		Saint-Père.....	33	1,5	500		0,3	-0,6	
		Saint-Guinoux.....	12	2,2	260	19,3	0,2	-0,6	
		Plerguer.....	215	1	2 150	12,6-21,2-25,9	0,5	-0,8	
		Lillemer.....	15	0,6	90		0,3	-0,8	

7 - La côte, aux abords de Saint-Lunaire, présenterait quelques tourbières marines qui n'ont pu être prospectées pendant la guerre.

C - Bassin de la Vilaine

Quelques indices de tourbe ont été examinés dans les vallées du Semnon et de l'Oust. Ils ne présentent pour ainsi dire aucun intérêt.

8 - Traces de tourbe derrière le réservoir à eau de la gare ; exploitée en 1917 - 1918.

9 - Tourbière en formation, bombée mais entourée d'une zone inondée d'où la sonde ne remonte qu'une tourbe mêlée de glaise.

10 - En forêt de Paimpont, tourbière boisée de pins, peu puissante et reposant sur 2,20 m de glaise tourbeuse.

CHAPITRE 4

ARGILES

SOMMAIRE

Les argiles entrent dans la fabrication d'un grand nombre de produits industriels ; leurs usages se multiplient. Or de nombreux gisements sont déjà connus dans le Massif Armoricain et il en reste à découvrir. Cette prospection serait à entreprendre et il faudrait la jumeler à des essais systématiques pour trouver l'utilisation optimale des argiles. Il est important en effet :

- de ne pas exploiter les argiles dites "nobles", d'une valeur élevée, à des usages courants (briques et tuiles, fabrication d'aluminium) ;

- de bien localiser les gisements d'argiles alumineuses ou hyperalumineuses qui peuvent être importants pour l'installation des centrales atomiques.

INTRODUCTION

Les argiles ont une grande importance pour l'industrie ; elles entrent dans la fabrication de produits aussi différents que la porcelaine et les engrais, le caoutchouc et les bétons légers. Les progrès de la technique, tant en ce qui concerne le traitement des matières premières que l'élaboration de produits nouveaux, élargissent sans cesse le domaine de leurs applications.

Il serait donc très important de rechercher et d'étudier tous les gisements d'argile français. La prospection du Massif Armoricaïn où les argiles sont très bien représentées, doit être menée avec un soin tout particulier.

1 - IMPORTANCE D'EXECUTER PARALLELEMENT A LA PROSPECTION DES GISEMENTS
UNE RECHERCHE DE LEURS UTILISATIONS POSSIBLES

Les utilisations de l'argile sont multiples. On a donc tenté d'établir une classification des argiles d'après leurs grands domaines d'application :

- Argiles plastiques: utilisées surtout en céramique. Elles englobent une grande variété de roches argileuses.
- Argiles réfractaires : utilisées dans l'industrie des réfractaires (réfractaires silico-alumineux).
- Argiles smectiques, terres à foulon, terres à dégraisser, terres décolorantes : utilisées dans la décoloration et la purification de certaines substances (pétrole, huiles, graisses ...).
- Argiles expansibles : utilisées pour la fabrication de granulats légers.
- Argiles ou terres colorantes, d'où sont extraits des produits colorants.
- Argiles alumineuses ou hyperalumineuses, minerais d'aluminium.

De très nombreuses argiles peuvent être utilisées comme minéral d'aluminium ou servir à la fabrication de briques, de tuiles ou d'argiles expansées. Par contre les argiles dites "nobles" permettant certaines fabrications céramiques, les argiles réfractaires, les argiles gonflantes, etc... sont beaucoup plus rares. Il paraîtrait donc important de bien étudier, dès la découverte d'un gisement, son utilisation optimale en analysant des échantillons prélevés rationnellement.

2 - ARGILES "NOBLES"

21 - Définition des "roches argileuses nobles"

D'une manière générale, on appellera "roche argileuse noble" toute matière première argileuse de prix de vente relativement élevé (> 40 F/Tonne en 1974) utilisable en céramique (à l'exception des produits rouges de terre cuite) ou comme charge minérale, comme terre gonflante ou décolorante, comme catalyseur.

Au stade de la réalisation de l'inventaire envisagé, on considérera comme roche argileuse noble tout matériau naturel contenant une proportion notable de minéraux argileux susceptibles d'être isolés facilement pour des opérations simples, ne contenant qu'une faible quantité d'impuretés non extractibles (colorantes ou fondantes ou abrasives) et répondant à l'un ou moins des critères suivants :

- prépondérance d'un des minéraux argileux (ou groupe de minéraux argileux : kaolinite, illite, montmorillonite).
- blancheur du produit sur cru ou sur cuit.
- importante capacité d'absorption.

22 - Utilisation des "roches argileuses nobles"

Nous donnons dans les pages qui suivent :

- un tableau montrant quelques utilisations de kaolin,
- un aperçu sur les principales fabrications céramiques.

Ces exemples montrent bien que le domaine d'utilisation des argiles - déjà très étendu - peut encore s'élargir.

221 - Utilisation du KAOLIN $Al_4 Si_4 O_{10} (OH)_8$

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 cordiélite, en mullite -
Soude, C et S	Thermique et chimique	Fusion	Pigments Outremer
Calcination avec H_2SO_4		Produits divers	Sulfate d'alumine - Alumine Catalyseurs - Peintures pour moules de fonderie - Adsorbants -
K_2SiO_3	Liant chimique	Résistance thermique	Ciment réfractaire
Na_2SiO_3 Plastiques		Résistance chimique	Ciment résistant aux acides
Lignine Na_2SiO_3 Latex Amidon	Enduits adhésifs	Rhéologie Pénétration Propriétés adhésives et Couleur	Linoléum et revêtements de sols - Papier gaufré - Surfaces photogravées pour supports en bois - Feutres pour revêtements de panneaux métalliques - Apprêt des textiles - Papier d'art - Papier murale - Revêtements protecteurs - Revêtements pour isolation électrique -
Caséine		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
P.F., P.V.C. Furfurol Cashew nut etc...	Charges	Couleur Réceptivité des encres Rhéologie	Papier
Caoutchouc		Couleur	Encre - Cuir - Textiles - Savon - Objets en amiante
Mélanges	Charges	Dureté et autres propriétés rhéologiques	Disques de phonographie - Compositions bitumineuses - Bandes transporteuses - Compositions isolantes pour toitures -
		Liants	Crayons
		Couleur Allongement Suspension	Peintures - "Calciminés" - Détrempe - Peinture à l'eau - Peintures silicatées - Peintures insecticides et microbicides
Talc, etc...	Poudres etc	Absorption et Couleur	Cosmétiques, Pharmacie
Poisons		Couleur	Pesticides
Sable	Liants	Point de fusion	Matériau pour liant de fonderie
Oxydes		Rhéologie	Revêtements de baguettes de soudure
Abrasifs			Meules

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 grésant</u> 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 quartz broyé.	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 	Matière 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 	Matière 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	<ul style="list-style-type: none"> <u>Pour les silico-alumineux</u> <ul style="list-style-type: none"> - 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.

3 - ARGILES ALUMINEUSES ET HYPERALUMINEUSES, SCHISTES, etc ...
MINERAIS POSSIBLES D'ALUMINIUM

La bauxite a été longtemps le seul minerai d'aluminium. Depuis une dizaine d'années, la mise au point de nouveaux procédés d'extraction permet de considérer comme minerai certaines argiles alumineuses et hyperalumineuses, certains schistes, etc...

31 - Le procédé H - plus

La société Aluminium Pechiney, filiale du groupe Pechiney-Ugine-Kuhlmann, qui, avec 8 % de la production mondiale d'aluminium, est le premier producteur européen et le cinquième dans le monde, a mis au point un procédé, différent du procédé Bayer, qui permet d'extraire l'alumine de minerais silicatés. L'attaque se fait par voie acide et non basique, d'où le nom de procédé H-plus qui lui a été donné. Depuis 1970 fonctionne dans l'usine de Gardanne (Bouches-du-Rhône) une installation expérimentale produisant de l'alumine à partir de minéraux très variés. Les résultats satisfaisants ont conduit Aluminium Pechiney à annoncer la construction d'un atelier pilote produisant 20 tonnes d'alumine par jour, qui permettra de tester en vraie grandeur les problèmes liés à une exploitation industrielle du procédé. Cet atelier, qui sera construit dans une usine de produits chimiques du groupe P.U.K., à l'Estaque, près de Marseille, sera opérationnel dans le courant de l'année 1976. Quant aux éventuelles usines appliquant le procédé H-plus, elles pourraient, si nécessaire, entrer en service vers la fin de l'actuelle décennie. On peut ainsi traiter tous les silico-aluminates (schistes, argiles) qui contiennent au moins 20 % d'alumine, à l'exception de ceux d'origine calcaire. La présence de calcium entraîne, en effet, une perte importante d'acide sulfurique et une production inutile de sulfate de calcium."

"... Les réactions ont lieu à la pression atmosphérique et les températures sont plus basses que dans le procédé Bayer. Une usine d'alumine H-plus pourrait servir de "source froide" à une centrale atomique et utiliser ainsi une énergie qui ne sert habituellement qu'à chauffer en pure perte des cours d'eau. La variété des minéraux auxquels il s'applique doit permettre d'utiliser des gisements d'exploitation facile et dont la localisation minimise les frais de transport.

Enfin les déchets sont moins polluants que les "boues rouges" du procédé Bayer. Ces dernières ont une structure colloïdale qui oblige, soit à des dépôts dans des cuvettes naturelles, avec une altération irrémédiable du paysage environnant, soit comme c'est maintenant le cas pour l'usine de Gardanne, à un rejet en mer au prix de 8 kilomètres de canalisation sous-marine". Les déchets de la fabrication d'alumine par le nouveau procédé, constitués principalement de silice, se présente-

ront comme un sable perméable qu'il devrait être possible d'enfouir sur les lieux mêmes de production, en remplacement des schistes ou des argiles qui leur auront donné naissance.

32 - Données sur l'exploitabilité des "minerais d'aluminium" (bauxite exceptée)

- Pour Péchiney, les critères d'utilisation des minerais aluminieux sous forme de silico-aluminates seraient les suivants :

$Al_2 O_3 \geq 26 \% *$

Carbonates $\leq 1 \%$

Fer ferrique $< 0,5 \%$ - total en fer 7 à 8 %

MgO $< 1 \%$

Na₂O $< 1 \%$

K₂O favorable.

) éléments gênants

En fait ces critères ne sont pas absolus ; pour un gisement bien situé avec une énergie à bon marché (proximité d'une centrale atomique), on pourrait exploiter un gisement de caractéristiques suivantes :

$Al_2 O_3$ de 17 à 24 %

$Fe_2 O_3$ de 1,6 à 12,5 % (moyen 5 %)

SiO_2 de 60 à 70 %

33 - Premières données sur les schistes et les argiles du Massif Armoricaïn

L'examen d'analyses d'argiles du Massif Armoricaïn montre que les argiles provenant de l'altération des schistes briovériens et ordoviciens peuvent être favorables.

* Pour l'US. GEOL. SURVEY - Prof. Paper 820
Il faut une teneur en alumine de 35 %

Argile de Sion-les-Mines (Loire-Atlantique, à la limite de l'Ille-et-Vilaine)

Eléments Constituants	Schiste à Calymènes	≥ 20 μ	20-10 μ	10-1 μ	1-0,1 μ	≤ 0,1 μ
Perte au feu	6,50	7,88	8,11	8,97	10,11	10,57
SiO ₂	52,18	53,35	52,50	49,94	46,76	46,50
Al ₂ O ₃	<u>28,48</u>	<u>31,79</u>	<u>33,57</u>	<u>35,10</u>	<u>37,92</u>	<u>37,30</u>
TiO ₂	1,40	0,87	0,52	0,84	0,89	0,88
Fe ₂ O ₃	7,66	1,50	0,86	0,62	0,55	0,79
CaO	0,22	0,50	0,50	0,47	0,53	0,45
MgO	traces	0,24	0,18	0,18	0,21	0,26
K ₂ O	2,58	2,63	2,66	2,42	2,18	2,47
Na ₂ O	1,15	1,15	1,27	1,21	1,35	1,35
	<u>100,17</u>	<u>99,91</u>	<u>100,17</u>	<u>99,75</u>	<u>100,50</u>	<u>100,57</u>

Présence dans chaque fraction de matières organiques

Argile de Châteaubriant prélevée à 7 m
Lieu-dit La Largère, à proximité du Tertre Rouge, à 4 km au S-SW de Châteaubriant

Eléments Constituants	Schiste à calymènes	≥ 20 μ	20-10 μ	10-1 μ	1-0,1 μ	≤ 0,1 μ
Perte à feu	6,50	6,96	7,38	8,71	9,03	9,73
SiO ₂	52,18	54,35	55,29	47,84	48,06	45,54
Al ₂ O ₃	<u>28,48</u>	<u>25,19</u>	<u>30,59</u>	<u>36,97</u>	<u>36,89</u>	<u>38,06</u>
TiO ₂	1,40	1,43	1,22	0,83	0,70	0,82
Fe ₂ O ₃	7,66	7,36	1,04	1,08	1,06	1,41
CaO	0,22	0,29	0,26	0,21	0,34	0,28
MgO	traces	0,56	0,33	0,31	0,28	0,32
K ₂ O	2,58	2,48	2,75	2,72	2,98	2,74
Na ₂ O	1,15	1,18	1,23	1,40	1,27	1,37
	<u>100,17</u>	<u>99,80</u>	<u>100,09</u>	<u>100,07</u>	<u>100,61</u>	<u>100,17</u>

Présence dans chaque fraction de matières organiques.

Argile de Châteaubriant, lieu-dit La Largère
à proximité du Tertre Rouge, à 4 km au S - SW de Châteaubriant (L.-Atl.)

Désignation	2 m	2,20 m	5 m	11 m	11,50 m	12 m
Perte au feu	7,83	7,58	7,89	8,42	6,63	7,33
SiO ₂	52,67	52,58	52,27	50,42	47,87	49,32
Al ₂ O ₃	<u>33,20</u>	<u>33,49</u>	<u>33,77</u>	<u>32,99</u>	<u>30,25</u>	<u>29,82</u>
TiO ₂	0,91	0,55	0,85	0,95	0,24	0,57
Fe ₂ O ₃	1,01	0,60	0,45	1,84	8,22	7,12
CaO	0,26	0,23	0,33	0,30	0,16	0,21
MgO	0,32	0,26	0,46	0,54	1,54	1,39
K ₂ O	2,61	2,85	2,56	2,70	3,33	3,27
Na ₂ O	1,69	1,92	1,83	1,52	1,32	1,35
	100,50	100,06	100,41	99,68	99,56	100,38

Châteaubriant (L.-Atl.)

Eléments Constituants	Schiste à calymènes	Argile
SiO ₂	52,18	52,27
TiO ₂	1,40	0,85
Al ₂ O ₃	<u>28,48</u>	<u>33,77</u>
Fe ₂ O ₃	7,66	0,45
MnO	-	-
MgO	traces	0,46
CaO	0,22	0,33
Na ₂ O	1,15	1,83
K ₂ O	2,58	2,56
p.f	6,50	7,89

N.B. : Na₂O > 1 % gênant.

Argiles des Landes du Méné

(Briovérien, Côtes-du-Nord)

Examen des analyses chimiques

Eléments constituants	(1)	(2)	(3)
Perte au feu	3,75	5,17	4,84
Silice totale (SiO ₂)	73,82	44,98	65,36
Alumine (Al ₂ O ₃)	<u>11,05</u>	<u>36,45</u>	<u>24,91</u>
Oxyde de titane (TiO ₂)	0,54	1,07	traces
Oxyde de fer (Fe ₂ O ₃)	6,65	1,75	0,81
Chaux (CaO)	0,15	0,33	0,09
Magnésie (MgO)	1,40	0,84	0,39
Potasse (K ₂ O)	1,35	8,88	3,01
Soude (Na ₂ O)	<u>0,40</u>	<u>0,95</u>	<u>0,66</u>
Total :	99,11	100,42	100,07

- (1) Phyllade de Saint-Lô
- (2) Schiste à séricite
- (3) Argile bleue.

Gisement de Séverac (Loire-Atlantique)

En 1950, la Société Les Kaolins de la Vilaine ouvrit une exploitation à Séverac, localité de la zone septentrionale du département de Loire-Atlantique, aux confins du Morbihan, sur des gneiss sériciteux légèrement granulitisés, elle en retirait une matière pulvérulente, onctueuse, sans mica, mais dont la blancheur laissait toutefois à désirer. Les analyses faites à la Société Française de Céramique sur produits préalablement séchés à 100 °C, l'eau de carrière étant en moyenne de 15 à 20 % en poids, donnèrent les résultats suivants, montrant une composition centésimale assez disparate.

Echantillons

Eléments constituants	n° 1	n° 2	n° 3
Silice	58,50	63,56	66,35
Alumine	<u>28,90</u>	<u>24,73</u>	<u>21,00</u>
Oxyde de fer	0,32	0,72	0,67
Oxyde de titane	1,02	0,80	0,81
Chaux	0,66	0,17	0,40
Magnésie	0,28	traces	0,32
Alcalis	4,70	5,85	3,95
Perte au feu	6,22	4,59	6,23

Nous donnons ci-après la moyenne des analyses obtenue sur produits secs.

S E V E R A C

Silice	62,60 %
<u>Alumine</u>	<u>26,30 %</u>
Oxyde de fer	0,50 %
Oxyde de titane	0,80 %
Chaux	0,50 %
Magnésie	0,10 %
Alcalis	4,30 %
Perte au feu	5,00 %

Si cette découverte avait été isolée, elle n'aurait que peu retenu l'attention, mais elle a été suivie à bref intervalle par une autre faite à Guémené-Penfao, à 20 km à l'Est de Séverac, dans les mêmes formations géologiques, ce qui sembleraient indiquer pour ces gîtes kaoliniques une étendue considérable. On aurait pu, il est vrai, en avoir le pressentiment, car, il y a quelques lustres, après la fermeture de la mine d'étain d'Abbaretz, on avait ouvert sur le prolongement oriental de la formation de nombreuses excavations desquelles on retirait une terre kaolinique qui n'était pas sans valeur. Dans le gîte lui-même, on avait reconnu que la cassitérite imprégnait des filonnets de quartz noyés dans des pegmatites formant stockwerk dans les schistes d'âge assez indéterminé, pegmatites qui en surface étaient en voie de kaolinisation.

D'autres fouilles beaucoup plus récentes, exécutées dans le nord de la Vendée, à Saint-Hilaire-de-Loulay, localité située entre Nantes et Montaigu, ont mis à jour à faible profondeur des sables kaoliniques de même genre que ceux de Séverac, mais de teinte encore plus grise. Ces fouilles ont été rapidement interrompues, ce qui fait qu'on ne sait rien de plus. D'après les cartes géologiques, cette région est celle des terrains granitiques dans lesquels on exploite actuellement les minerais d'uranium de Clisson et de Gétigné.

On signale encore qu'à Taden, village situé à 5 km au N-E de Dinan, des sondages ont rencontré des sables kaoliniques que le prospecteur a soumis à l'analyse de l'Institut de Céramique Française, qui a été la suivante, sur matière sèche :

	Silice.....	63,60 %
	<u>Alumine</u>	<u>27,50 %</u>
<u>TADEN</u> (Côtes-du-Nord)	Oxyde de fer	0,64 %
	Oxyde de titane	0,64 %
	Chaux	0,50 %
	Alcalis	1,00 %
	Perte au feu	6,20 %

4 - ARGILES ET SCHISTES EXPANSES

41 - Historique

La découverte de cette propriété remonte à 1885. Peu avant 1917, S.J. Hayde, par un traitement au four rotatif, parvint à obtenir l'expansion thermique des schistes et des argiles. Son brevet en 1918 permit la production industrielle d'un matériau dur servant à la fabrication d'un béton qui bénéficiait à la fois d'un faible poids et d'une résistance appréciable ; à la même époque, F.J. Straub commençait à utiliser des cendres de charbon bitumineux comme granulats pour la fabrication des blocs de béton encore fabriqués de nos jours. Puis la production de laitiers expansés a commencé en 1928. Mais ce n'est qu'en 1948 que le premier bon granulats léger de structure à base de schiste fritté fut produit à partir d'un schiste carbonifère. (1)

Un effort considérable fut donné au développement du béton léger, peu après la deuxième guerre mondiale après que des études aient été entreprises afin de déterminer les propriétés du béton fabriqué avec une gamme très large de granulats, et à partir de 1950 de nombreuses constructions à plusieurs étages furent conçues entièrement en béton léger pour bénéficier d'un faible poids mort. (2)

En 1966, il y avait aux Etats-Unis plus de 60 usines fabriquant annuellement 4 millions de m³ d'argile expansée par four rotatif, 18 usines de schiste expansé par la méthode du frittage, 22 usines de laitier expansé de haut fourneau et 3 usines de cendres volantes granulées ou extrudées. (2) L'U.R.S.S. et l'Europe Occidentale possèdent respectivement 30 et 20 centres de fabrication. La consommation annuelle est de 700.000 m³ au Danemark, 400.000 m³ en Allemagne et 300.000 m³ en Suisse. (3)

En France, plusieurs usines se sont créées ces dernières années ; celle de Saint-Méen en Ille-et-Vilaine est l'une des plus importantes. Elle exploite le gisement d'argile de Saint-Jacut (Côtes-du-Nord).

42 - Généralités

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

(1) Plus récemment des essais du B.R.G.M. sur des schistes ordoviciens se sont révélés positifs.

(2) cf. Guide pour le béton de structure à base de granulats légers. American Concrete Institute - 1970

(3) EVERHART.

Le processus d'alvéolage est conditionné par :

- la présence dans l'argile ou le schiste de constituants minéraux (ou d'ajouts éventuels) 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 de fusion de viscosité suffisamment élevée pour pouvoir emprisonner les dégagements gazeux.

43 - Critères du choix au niveau de la prospection

Cependant ce processus physico-chimique reste complexe et encore incomplètement connu. D'après tous les auteurs, il est difficile de définir les caractéristiques types des matériaux aptes à l'expansion. Outre la nature chimique et minéralogique, la granulométrie des composants ainsi que la dimension des "pellets" à expanser (surtout pour les schistes) sont déterminants.

En première approximation, on peut avancer les quelques facteurs favorables suivants :

- absence de chaux, $\text{CaO} < 4 \%$;
- hautes teneurs en alumine, Al_2O_3 20 à 25 % environ ;
- hautes teneurs en oxydes de fer, Fe_2O_3 , $\text{FeO} > 5 \%$;
- hautes teneurs en fondants, principalement oxydes alcalins $> 3 \%$.

Certains minéraux gênent l'expansion comme la kaolinite ou l'excès de quartz, d'autres au contraire la favorisent comme la montmorillonite ou l'illite. Les matières organiques elles, facilitent les dégagements gazeux.

D'autres critères, mais moins rigoureux, peuvent être suivis :

- absence de minéraux difficilement broyables en grosse granulométrie (supérieure à 250 microns) ;
- absence de CO_3Ca en nodules ;
- couleur de l'argile sèche et broyée :

Argiles rouges (Fe_2O_3) à vertes (illite, bentonite), argiles grises à noires (matières organiques) et le mélange de ces teintes. Il semble que plus l'argile est foncée, plus l'apti-

tude au gonflement est grande ;

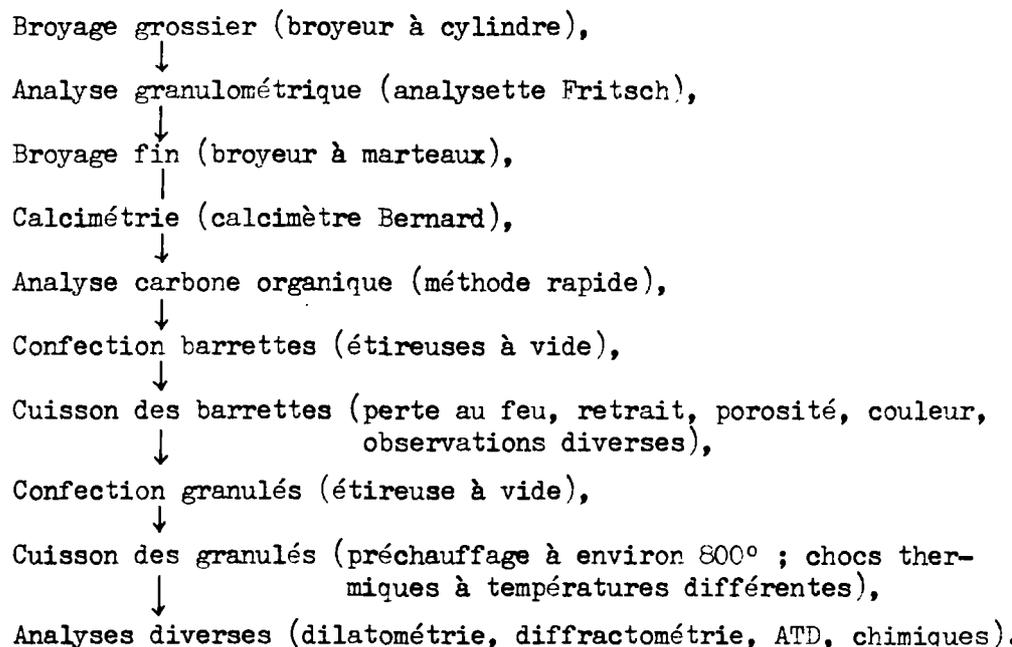
- argile à texture serrée ;
- bonne plasticité (finesse du matériau argileux en général élevée).

Toutes les argiles sont loin de présenter des aptitudes favorables à l'expansion. Un choix s'impose en fonction de deux critères impératifs :

- d'une part, les résultats positifs des essais technologiques en laboratoire et en usine pilote ;
- d'autre part, l'importance des gisements et surtout la connaissance approfondie de ceux-ci par un échantillonnage systématique bien étudié.

44 - Essais technologiques en laboratoire

Le schéma des essais peut se résumer ainsi (J.L. BEAUVILLE) :



Chaque contrôle découle des résultats du précédent et un défaut réhibitoire annule la suite des essais.

45 - Formes et emplois des produits expansés légers ou semi-légers

Le produit le plus commun se présente sous forme de granules plus ou moins sphériques aux mailles comprises généralement entre 2,5 et 19 mm. Cependant la forme peut être cubique, tétraédrique, anguleuse et irrégulière et leur aspect lisse ou rugueux.

A la gamme déjà très abondante des granulats s'ajoutent encore les moellons et panneaux de "mousse d'argile" de conception plus récente.

Les granulats peuvent être employés en vrac comme isolants, mais ils sont le plus souvent utilisés dans la préparation de différents bétons légers ou semi-légers : bétons pleins, bétons armés, bétons pré-contraints, bétons de parpaings, bétons de structure.

Ces bétons sont plus coûteux au mètre cube qu'un béton normal, mais ils permettent en contrepartie par leur légèreté, de réduire les poids morts donc de ce fait de réduire le volume de béton, la quantité d'acier d'armature et de diminuer les frais de coffrage et de manutention. Le coût final est moindre.

D'autres utilisations sont possibles : revêtements de routes en sous-couches ingélives ou enrobés superficiels antidérapants, agriculture, réincorporation dans la brique, ignifugation et surtout isolation sous toutes ses formes.

46 - Avenir du produit

La France est en retard dans ce domaine et ce matériau devrait y avoir un avenir très intéressant.

La difficulté est d'habituer les entrepreneurs à utiliser ces produits et donc de trouver rapidement des débouchés pour amortir les installations. Jusqu'à présent - en France - il semble que l'on admettait comme nécessaire pour qu'une affaire soit rentable, qu'elle ait une grosse production. Ceci supposant évidemment des difficultés d'écoulement des granulats.

5 - PRODUCTION DE LA BRETAGNE

Nous donnons à la page suivante les productions des régions Bretagne et Pays de Loire en 1968 et 1971 (dernière statistique parue).

On peut faire plusieurs remarques sur ce tableau :

- Kaolins : la Bretagne (Côtes-du-Nord, Morbihan et Finistère) produit beaucoup de kaolin (premiers départements producteurs avec la Charente-Maritime) ;
- Argile à faïence, grès cérame et poterie : production très faible sauf en Loire-Atlantique ;
- Tuiles et briques : Production très faible en Bretagne où de nombreuses briqueteries ont fermé ces dernières années (1) ;
- Aucune production en porcelaine, grès, faïence pour céramique sanitaire et carreaux.

(1) L'installation à Rennes d'une usine d'amiante-ciment qui a produit 72.000 tonnes de simili-ardoises en 1971, explique en partie la diminution de la production de tuiles.
L'augmentation de prix de l'amiante pourrait inverser la tendance.

Production de la Bretagne et des Pays de Loire
en argiles et en matériaux pour céramique, verrerie et réfractaires en 1968 et 1971 (en tonnes) (1)

DEPARTEMENTS	ARGILES				CERAMIQUE et VERRERIE							
	pour briques et tuiles		et marne pour ciment		Argiles à faïence grès cérame et poterie		Argile kaolinique et kaolin		Sables pour verrerie et céramique		Sables pour fonderies	
	1968	1971	1968	1971	1968	1971	1968	1971	1968	1971	1968	1971
Côtes-du-Nord	-	-	-	-	-	-	84.713	92.269	-	-	-	-
Finistère	25.070	3.457	-	-	110	200	-	15.000	-	-	-	-
Ille-et-Vilaine	47.000	50.000	-	-	-	-	-	-	-	-	2.000	-
Loire-Atlantique	92.154	56.875	-	-	-	8.440	-	-	-	-	5.200	6.013
Maine-et-Loire	443.830	407.095	-	-	11.170	-	-	-	-	-	3.600	-
Mayenne	-	-	312.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Morbihan	-	-	-	-	-	-	90.922	98.801	-	-	-	-
Sarthe	67.490	67.600	-	-	-	-	-	-	-	-	16.538	21.184
Vendée	164.500	100.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL BRETAGNE	72.070	53.457	-	-	110	200	175.635	206.070	-	-	2.000	-
TOTAL PAYS DE LOIRE	767.974	632.070	312.000	-	11.170	8.440	-	-	-	-	25.338	27.197
TOTAL FRANCE	10.271.536	10.816.000	10.472.173	13.929.321	495.853	548.083	439.868	542.552	1.553.704	2.389.999	1.894.832	1.799.550

(1) Etats fournis par les Chefs d'Arrondissements minéralogiques.

- la production de feldspath et de pegmatite est nulle pour les 9 départements en 1971 pour une production française totale de 69.908 tonnes.

6 - PROJET DE PROGRAMME D'ETUDE DES ARGILES DE BRETAGNE

(Essais d'orientation)

Les kaolins sont déjà exploités par des sociétés importantes. Ils ont déjà fait l'objet d'études et de prospections. Les réserves cubées sont considérables. Par contre les possibilités de mise en valeur des gisements des autres argiles n'ont pas été suffisamment recherchées. Ces argiles pourraient pourtant permettre l'élaboration de produits intéressants : produits céramiques, charges minérales, argiles gonflantes, argiles décolorantes, catalyseurs, etc....

Les essais à réaliser seraient les suivants :

Essais d'orientation

- a) Calci-dolomimétrie
- b) Minéralogie des argiles : étude semi-quantitative par diffraction de rayons X
- c) Essai d'absorption de colorants
- d) Granularité
- e) Examen à la loupe et étude minéralogique sommaire de la fraction $> 100 \mu$
- f) Essais de cuisson à 1100° et 1300° sur pastilles

Essais complémentaires

- g) Etude des propriétés rhéologiques : coulabilité (flow-point)
- h) Façonnage de barettes et comportement au séchage
- i) Essais de cuisson des barettes de 1100° à 1450° par paliers de 50°
 - . Examen de l'aspect du produit cuit (couleur...)
 - . Mesure du retrait à la cuisson
 - . Mesure de porosité
 - . Mesure de perte au feu
- j) Analyse chimique des éléments moyens.

CHAPITRE 5

ARDOISES et SCHISTES

(couvertures, dallages, parements, paillettes, granulés)

SOMMAIRE

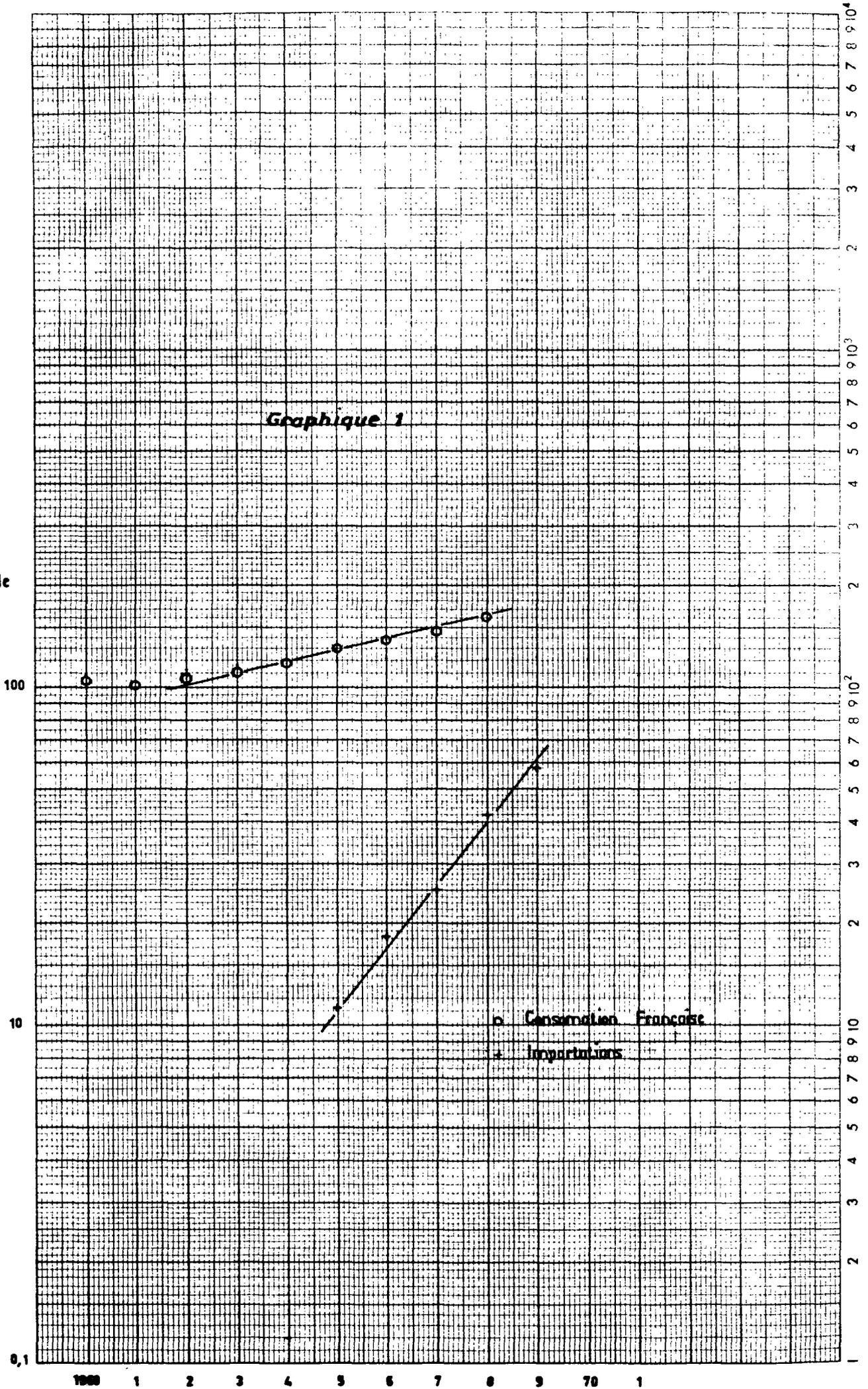
Actuellement la consommation bretonne d'ardoises, de l'ordre de 40 000 tonnes par an, n'est plus satisfaite par la production régionale, de moins de 5 000 tonnes par an. Ce sont surtout les importations espagnoles (60 000 tonnes par an pour l'ensemble de la France) qui satisfont les besoins.

Le B.R.G.M. a donc étudié les possibilités de remise en marche de l'industrie ardoisière bretonne, autrefois prospère. Les premiers résultats ont été favorables : la Bretagne montre de nombreux niveaux ardoisiers d'excellente qualité. Les résultats suivants ont été par contre très mauvais : dans la conjoncture défavorable que traverse actuellement le bâtiment, il est très difficile de faire démarrer un gisement. Le prix de revient des ardoises françaises est plus élevé que celui des ardoises espagnoles, à cause des différences de coût de la main d'oeuvre. Il n'est donc pas possible de lancer de nouvelles exploitations dans la conjoncture actuelle. Mais si les conditions changent, il ne faut pas oublier que la Bretagne dispose d'excellents gisements.

De plus, à partir d'anciennes ardoisières se sont développées des industries annexes : fabrication de paillettes, de granulés. Déjà très importantes et très rentables, elles sont susceptibles d'un grand développement.

Miliers de
Tonnes

Graphique 1



INTRODUCTION

Traditionnellement, les toitures des belles maisons bretonnes sont faites en ardoises. Au début du siècle, la production régionale suffisait à la consommation et permettait des exportations vers l'Angleterre. Mais la crise qui a débuté vers 1935 (1) et a sévi jusqu'en 1960, a gravement affecté les ardoisières bretonnes. Dispersés, s'entendant mal, les exploitants n'ont pas pu s'unir pour lutter contre l'augmentation des coûts de production et pour améliorer les circuits commerciaux. Alors que les entreprises du Bassin Angevin fusionnaient pour former deux puissantes sociétés - La Commission des Ardoisières d'Angers et les Ardoisières d'Anjou - celles de Bretagne périlclitaient et fermaient pour la plupart. Citons la fermeture des carrières de Châteauneuf en Faou (Finistère, 1935), de Sainte-Barbe en Gourin (Morbihan, 1937), de Plévin (Côtes-du-Nord, entre 1950 et 1960), de Gourin (entre 1952 et 1961).

Or la consommation bretonne au sens large, y compris la région nantaise, après un fléchissement entre 1940 et 1960, a repris avec vigueur pour être de l'ordre de 60 000 tonnes en 1970. En cette même année, la production bretonne n'était plus que de 6 300 tonnes (2). Ce sont donc les sociétés angevines et surtout les importations d'origine espagnole qui satisfont la consommation.

Cette perte de devises dans une région très riche en ardoises où sévit le chômage, semble paradoxale. Le Service Géologique National s'est donc attaché à ce problème et particulièrement à étudier s'il ne serait pas possible de reprendre l'exploitation des niveaux ardoisiers les meilleurs. En 1975, avec la crise qui sévit dans l'industrie du bâtiment, la conjoncture n'est certes pas favorable à cette reprise. Mais la construction peut reprendre dans les prochaines années et il faut disposer d'un inventaire des possibilités pour cette éventualité. Avec l'augmentation du prix de l'énergie, le coût de fabrication des produits de remplacement (éternit, shingles, tuiles) a augmenté, ce qui rend les ardoises plus concurrentielles.

(1) En 1935, la production des ardoisières bretonnes, de 12 700 tonnes au total (600 ouvriers), se répartissait ainsi : Finistère 1660 t ; Côtes-du-Nord 6761 t ; Morbihan 4269 t.

(2) En 1974, les ardoisières bretonnes en activité sont les suivantes : Maël-Carhaix et Kervoalzé (Côtes-du-Nord), Ploermel (Morbihan).

1 - GENERALITES

11 - Utilisation des roches schisteuses

Les roches schisteuses, du fait de leur débit en plaques peu épaisses, conviennent à un certain nombre d'emplois particuliers en construction : couverture (ardoises fines ou grossières), dallages, revêtements, placages. Les plus connues et les plus appréciées sont les ardoises proprement dites, mais d'autres schistes, sans en avoir les qualités spécifiques, sont également susceptibles d'utilisation.

111 - Ardoises

Les ardoises sont des schistes dont la composition et la structure permettent le débit en feuillets très minces, millimétriques. Les phénomènes géologiques (particularités de sédimentation, métamorphisme, contraintes tectoniques) nécessaires pour donner naissance à l'ardoise n'admettent que peu de variations par rapport à l'optimum. En conséquence, au sein d'une formation productive, les passées proprement "ardoisières" sont généralement limitées en extension. Les techniques traditionnelles de recherche, très largement empiriques, occasionnent fréquemment de ce fait des travaux improductifs, générateurs de dépenses, que d'éventuelles découvertes ultérieures n'arrivent que difficilement à rentabiliser. La nécessité d'études géologiques sérieuses et approfondies (stratigraphie, tectonique, structurologie) est apparue récemment, et les techniques à mettre en œuvre se sont progressivement affinées. De telles études sont de nature à réduire considérablement des frais d'ouverture ou d'extension des exploitations, et donc à rendre ces dernières plus concurrentielles.

112 - Autres schistes

A côté des ardoises proprement dites, d'autres schistes, de type ardoisier ou non d'ailleurs, dont la structure ne permet pas un débit assez fin, peuvent néanmoins fournir des dalles d'épaisseur centimétrique. Une certaine tendance s'est dessinée dans les dernières années à l'emploi plus fréquent de telles dalles, soit pour le revêtement des sols, soit pour le parement des murs. Il y a là une possibilité intéressante de valorisation des zones non "ardoisières" des carrières d'ardoises. Mais d'autres roches peuvent également être exploitées à cette fin, surtout dans le cas où certaines caractéristiques (couleur, aspect de surface, détails de texture) leur donnent un aspect esthétiquement attrayant.

113 - Paillettes et poudres

La production d'ardoises et de dalles, c'est-à-dire de produits "en forme", nécessitant certaines qualités de la roche originelle, l'isotropie dans le sens des plans de débit, fracturation limitée, absence de plissements, de plans de débit secondaires trop nombreux, etc...), on conçoit facilement que le déchet puisse atteindre des proportions élevées. Les imposants terrils des exploitations d'ardoises sont là pour en témoigner. Le rendement, fonction également des techniques d'abattage, est de l'ordre de 10 à 15 % dans la région d'Angers, atteint 20 % à Kervoalzé et, au mieux, ne dépasse pas 30 à 40 % à Maël-Carhaix. Des essais ont été faits pour valoriser les déchets en produisant, par concassage et broyage, des paillettes et des poudres utilisables à diverses fins (bardeaux, shingles ou "fausses ardoises", charges, granulats expansés, etc...). Les schistes ardoisiers ne sont pas les seuls à pouvoir être ainsi traités. Il semblerait même, comme le montre l'exemple de l'Entreprise HERIAU en Ille-et-Vilaine, que certains schistes totalement impropres à l'état naturel aux usages évoqués plus haut, donnent dans ce cas de meilleurs résultats.

12 - Aperçu statistique

Avant d'aborder les problèmes spécifiques de l'Ille-et-Vilaine, il nous paraît utile de donner au lecteur un bref aperçu statistique sur l'évolution de la production et du marché de l'ardoise. Au cas où il désirerait approfondir le sujet, il trouverait des renseignements plus complets et plus détaillés au Service Géologique Régional.

La France est le premier producteur mondial d'ardoises, avec 40 % de la production mondiale. L'Anjou (région d'Angers et Mayenne) se taille la part du lion, avec un pourcentage de 75 à 85 % de la production nationale.

La production cependant ne suffit pas à satisfaire les besoins de la consommation intérieure et les importations sont importantes. Qui plus est, elles croissent à un rythme extraordinairement élevé : 55 % par an en moyenne de 1965 à 1969, alors que dans le même temps, la production nationale restait stable (voir tableaux 1 et 2 et graphique 1).

Tableau 1

Production française, importations et exportations
de 1950 à 1971 (en milliers de tonnes)

Année	Production (1)	Importations (2)	Exportations (3)	Consommation
1960	108	0,2	2,5	105
1961	104	0,1	2,8	101
1962	112	0,1	5,6	106
1963	116	0,4	5,5	110
1964	120	1,2	4,2	117
1965	121	11,3	1,9	130
1966	122	18,3	1,8	138
1967	123	25	2	146
1968	121	42	1,9	161
1969	122	58		
1970	121			
1971	109			

(1) n'est ici comptabilisée que la production d'ardoises de couverture.

(2) en provenance du Portugal jusqu'en 1965, d'Espagne surtout depuis.

(3) à destination de l'Angleterre surtout.

Tableau 2

Répartition de la production française

Année	Bretagne		Anjou		Ardennes		Alpes		Pyrénées		Centre		TOTAL
		%		%		%		%		%		%	
1967	5 639	4,58	103 960	84,52	1 913	1,56	2 188	1,78	3 859	3,14	6 454	5,25	123 000
1968	5 773	4,76	100 709	83,05	1 606	1,32	2 412	1,99	4 432	3,65	6 336	5,22	121 268
1969	6 472	5,31	100 590	82,52	1 734	1,42	2 090	1,71	4 470	3,67	6 441	5,28	121 897
1970	6 291	5,21	98 099	81,25	1 556	1,29	1 300	1,08	4 158	3,44	4 668	3,87	120 734
1971	5 452	4,98	93 239	85,25	446	0,41	1 210	1,11	3 824	3,50	4 557	4,17	109 370

Tableau 3

Répartition de la production bretonne (en tonnes)

	1965	1967	1968	1969	1970	1971
Côtes-du-Nord	2 978	3 000	3 101	3 786	3 529	3 939
Finistère	1 164	1 130	1 065	1 200	1 200	160
Ille-et-Vilaine	-	-	-	-	-	-
Morbihan	1 427	1 509	1 607	1 486	1 562	1 353
Bretagne	5 569	5 639	5 773	6 472	6 291	5 452

Alors que la production bretonne montre, à moyen terme, une nette tendance à la décroissance (16 000 tonnes en 1950, 5 500 tonnes en 1971), la Bretagne reste le premier consommateur de France (voir tableau 4).

Tableau 4

Ventilation de la consommation française d'ardoises

	<u>1967</u>
Bretagne (les 4 départements)	33 %
Val de Loire	25 %
Normandie	14 %
Centre	7,8 %
Région parisienne	5,5 %
Alpes	1,8 %
Pyrénées	3,3 %
Ardennes	3 %
Nord	2,2 %
Autres	4 %

La Bretagne consomme donc le tiers de la production française d'ardoises, et n'en produit elle-même que le vingtième. Mais cette situation n'est paradoxale qu'en apparence. Les exploitations bretonnes, petites, dispersées et souvent semi-artisanales, peuvent difficilement concurrencer les firmes angevines, concentrées et aux exploitations très mécanisées, non plus que les importations provenant de pays où la main d'oeuvre est bon marché (Espagne, Portugal). Par ailleurs, en raison de leur moindre coût, de leur moindre poids et de leur facilité de mise en oeuvre, les produits de remplacement (bardeaux asphaltés, shingles, "éternit") ont tendance à supplanter l'ardoise partout où des considérations d'ordre esthétique n'entrent pas en ligne de compte.

Dans la conjoncture actuelle, face au renchérissement des hydrocarbures et des matières premières importées, on peut toutefois se demander si un regain d'activité n'est pas concevable dans ce domaine. La qualité, généralement excellente, des ardoises bretonnes leur conférerait alors un avantage certain. Mais il faudrait alors, outre une

diversification des produits, que les exploitations soient menées sur des bases techniques saines. Ceci implique, entre autres, que les études géologiques spécifiques permettent de déterminer des gisements exploitables et d'en définir les modalités d'exploitation.

2 - ARDOISES ET SCHISTES EN ILLE-ET-VILAINE

21 - Ardoises proprement dites (couvertures et dallages)

L'Ille-et-Vilaine ne compte actuellement aucune exploitation ardoisière. Deux niveaux productifs y sont cependant connus, qui ont été exploités autrefois.

211 - Schistes d'Angers

Le niveau des schistes à Calymènes, dits schistes d'Angers, de la base de l'ordovicien moyen, doivent leur appellation à ce qu'ils donnent lieu aux exploitations ardoisières de la région angevine. Trois bandes de ces schistes, orientées grossièrement N 60° W, ont donné lieu à des exploitations dans le Morbihan (Rochefort en Terre, Saint-Jacut), dans le sud de l'Ille-et-Vilaine (Redon, Renac) et en Loire-Atlantique (Guémené Penfao, Pierric). Plus au nord, cette formation connaît un très grand développement de Bovel à l'ouest jusqu'aux limites du département, dans la région de Villepot et de Forges-La-Forêt, mais, semble-t-il, avec un caractère nettement moins ardoisier.

Les bandes du sud du département (région de Redon et de Renac) ont fait autrefois l'objet de très nombreux travaux artisanaux. La bande médiane en particulier, est jalonnée sur tout son parcours de carrières de faible profondeur (10 à 15 m). Si l'on pense que dans le Morbihan (Rochefort en Terre) et en Loire-Atlantique (Beslé), les travaux ont été poussés jusqu'à des profondeurs de l'ordre de 100 m, on est en droit de penser que les exploitations d'Ille-et-Vilaine ne se sont intéressées qu'à la partie sommitale (généralement la moins bonne) de gisements restés vierges par ailleurs. Une étude détaillée de cette zone semble donc a priori de nature à mettre en évidence des occurrences ardoisières intéressantes.

212 - Schistes de Riadan

Au sommet de l'ordovicien moyen, séparés des schistes d'Angers par les grès du Châtellier, les schistes à Trinuéus, dits de Riadan, doivent leur appellation à l'ancienne ardoisière souterraine de ce nom, située un peu au sud de Poligné, près de la route de Rennes à Nantes, en rive gauche du Semnon. Ce sont les mêmes schistes qui ont également été

exploités entre la Couyère et Sainte-Colombe et qui fournissent l'ardoise de l'important centre de Renazé (Mayenne).

Au contraire des schistes à Calymènes du sud du département, cette formation ne semble pas avoir fait l'objet de nombreux travaux. Ceci tient vraisemblablement à ce que les schistes de Riadan affleurent mal et ne fournissaient donc que peu d'indices aux chercheurs des siècles antérieurs. Il n'y a pas lieu, à notre sens, de penser que les zones ardoisières y soient strictement localisées à l'emplacement des exploitations anciennes ou actuelles. Mais d'autre part, doit-on reconnaître que la prospection de nouveaux gisements y sera plus difficile que sur les schistes d'Angers.

22 - Schistes à dallage

Les carrières ouvertes en Ille-et-Vilaine, dans la formation dite "schistes pourprés", de la base du Cambrien, fournissent à Saint Just, dans le sud du département, des dalles de couleur lie de vin à rose très recherchée. Si, au sud de Rennes, cette même formation a une fissilité insuffisante pour fournir des dalles, il est vraisemblable que d'autres zones sont plus favorables. Les secteurs de Sixt-sur-Aff et de la Chapelle Bouexic paraissent de ce point de vue plus intéressants à prospecter.

23 - Paillettes et poudres de schiste

Comme nous l'avons déjà signalé, les ardoisiers ont de longtemps cherché à valoriser les déchets de leurs exploitations en fabriquant, par concassage et broyage, des paillettes et de la poudre de schiste, utilisables à diverses fins. Le plus important débouché de cette activité serait alors la confection de "fausses ardoises" (bardeaux asphaltés recouverts de paillettes, dits shingles).

Il ne semble pas que ces tentatives aient, dans l'ouest, été couronnées de succès. Ce n'est que dans les Ardennes qu'une production non négligeable de paillettes d'ardoises a été réalisée.

L'entreprise HERIAU, aux Lacs, en Saint-Aubin-des-Landes, près de Vitré, exploite au contraire un schiste d'âge anté-cambrien (briovérien), verdâtre, tendre et assez tectonisé (plissotements, diaclases, "becs", ...), totalement impropre, à l'état naturel, à servir à la couverture et au dallage. Il est par contre beaucoup plus aisé à traiter que les schistes ardoisiers, plus durs. La production journalière est de l'ordre de 300 tonnes, dont 60 % de paillettes et le reste (poudre) est utilisé comme charge. Les paillettes sont exportées pour la plupart, 40 % directement aux Pays-Bas, le reste en Allemagne après façonnage.

sous forme de fausses ardoises, dans l'est de la France. Il y a là un très bel exemple de valorisation d'un produit du sous-sol apparemment sans valeur et, si le marché le permet, il serait souhaitable de voir se développer d'autres entreprises de même genre. Peut-être y aurait-il lieu d'étudier l'utilisation à cette fin, de schistes pourprés cambriens, la couleur semblant être un élément d'appréciation de la part de la clientèle.

24 - Schistes expansés

L'usine de Saint-Méen-Le-Grand (Etablissements RIVIERE-LETORT) fabrique des granulats légers artificiels à partir d'argiles bariolées provenant d'un gisement de Saint-Jacut du Mené (Côtes-du-Nord). Des expérimentations ont été faites pour obtenir le même type de produits à partir de déchets de schistes. Les résultats en ont été satisfaisants, et il serait certainement possible de trouver en Ille-et-Vilaine des schistes pouvant être expansés.

Mais dans la conjoncture actuelle, en raison surtout des hausses du prix du fuel, cette industrie en peut être concurrentielle avec la production de granulats naturels ou de concassage. En dépit donc des avantages techniques que présentent les bétons d'agrégats légers, il n'y a pas lieu de préconiser de recherches dans ce domaine dans l'immédiat.

3 - CONCLUSIONS

Les ardoisières bretonnes, exploitant de façon semi-artisanale de petits gisements souvent difficiles, sont très sensibles à la conjoncture économique, mais également aux aléas de l'exploitation. La découverte de passées très productives, la mécanisation de certaines opérations de débitage peuvent rendre une ardoisière très rentable, même dans des époques de récession, alors qu'en période faste, de mauvaises conditions d'exploitation peuvent en compromettre la rentabilité.

Il est donc très délicat, surtout dans la conjoncture actuelle défavorable à la construction, de se prononcer sur les possibilités d'avenir de telles exploitations. D'autant que la concurrence des ardoises angevines ou étrangères ne peut que se faire sentir avec plus d'acuité.

A tout le moins, peut-on être certain que toute tentative d'ouverture ou de reprise d'une exploitation ardoisière est vouée à l'échec, si elle ne s'appuie pas sur une connaissance précise des conditions de gisement et de la qualité du matériau. Le coût des travaux préparatoires ne permet pas l'improvisation dans ce domaine. Ceci implique donc des recherches géologiques détaillées, afin d'éliminer ou au moins de réduire à un strict minimum la part du hasard dans la conduite des travaux.

Ce qui est vrai des ardoises, l'est également des autres schistes, quoique peut-être à un degré moindre en raison de la plus faible valeur ajoutée pour le façonnage (opérations moins complexes, moindre technicité requise de la main d'œuvre). En tout état de cause, une exploitation n'a de chance d'être rentable actuellement, que si elle s'adresse à un matériau de qualité bien reconnue et avec des techniques nécessitant peu de main d'œuvre qualifiée (mécanisation).

La recherche de gisements exploitables ne peut donc être considérée comme hors de propos, même si elle ne doit pas déboucher immédiatement sur des mises en exploitation. Elle est au contraire un préalable indispensable à toute reprise d'activité dans ce domaine, lorsque la conjoncture économique le permettra.

CHAPITRE 6

RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES

1 - RESSOURCES EN EAU DES BASSINS TERTIAIRES

Depuis les années 1955/1960, le Génie rural de l'Ille-et-Vilaine fait un important effort de recherche et de mise en valeur des eaux souterraines du département. A l'époque, les méthodes de forage ne permettaient pas une pénétration aisée des terrains anciens du socle armoricain. Aussi bien d'ailleurs, les ressources en eau de ces formations étaient-elles méconnues. La recherche a donc porté sur les terrains tertiaires, sables et faluns, affleurant en de nombreux points, et dont on pouvait a priori penser que les caractéristiques permettaient d'y réaliser des captages pour les adductions publiques.

11 - Formations tertiaires

Les terrains tertiaires existant actuellement en Ille-et-Vilaine ne sont que des lambeaux, respectés par l'érosion, d'une sédimentation qui a dû recouvrir de très vastes étendues, si l'on en juge par les traces qui en subsistent sur pratiquement tout le Massif armoricain. On observe tous les termes de passage de ces traces (galets épars) au placage de quelques mètres d'épaisseur et au "bassin" proprement dit, où les dépôts ont été piégés par une structure d'érosion (dépression de la surface du socle) ou par un effondrement tectonique.

Tous les grands types de sédimentation sont représentés dans ces formations : détritiques (galets, graviers, sables, argiles), chimiques

(calcaires, marnes) et organogènes (faluns coquilliers). Schématiquement, car dans le détail les choses peuvent être plus complexes, on peut distinguer la succession de dépôts suivants :

- Eocène : calcaires (Campbon, Loire-Atlantique), argiles noires (Rennes),
- Oligocène : calcaires grossiers (Rennes), argiles,
- Miocène : faluns à lithotamium (Rennes, Saint Grégoire, Landujan, Lohéac, ...)
- Pliocène : marnes (faciès "redonien") et sables (Le Theil, Acigné, Pipriac, Saint Georges de Chesné, ...).

Du point de vue des ressources en eau, si l'on met à part les calcaires grossiers du bassin de Rennes, seuls présentent de l'intérêt les faluns oligocènes et les sables pliocènes.

12 - Caractéristiques hydrauliques

Les formations tertiaires perméables possèdent en général une excellente perméabilité. Des valeurs de ce paramètre de l'ordre de 1 à 3.10^{-3} m/s, sont assez courantes. C'est ce qui explique les débits instantanés importants que peuvent fournir les captages, même lorsque l'épaisseur des formations aquifères est réduite (et a fortiori quand elle est grande). Cette caractéristique est d'ailleurs, comme nous le verrons par la suite, à l'origine de certains mécomptes. Il n'y a pas de différences systématiques, de ce point de vue, entre les diverses formations perméables.

La porosité (et son corollaire le coefficient d'emmagasinement) présente par contre une très grande variabilité. Si, en ce qui concerne les sables, elle est assez constante (de l'ordre de 5 à 15 %), dans les roches calcaires (calcaires s. s. et faluns), elle peut varier du simple au centuple. Ces terrains sont en effet sensibles à l'attaque des eaux météoriques acides qui, en dissolvant une partie de la roche, lui confère une porosité qui peut atteindre jusque près de 25 %. Mais en profondeur, dans la zone de saturation permanente, où ne circulent que des eaux ayant déjà dissout du carbonate de calcium, cette attaque ne peut plus se produire. Nous avons mesuré dans ces conditions, des coefficients d'emmagasinement de l'ordre de 0,1 à 0,5 % (Saint Grégoire).

13 - Qualité de l'eau - Vulnérabilité à la pollution

L'eau est en général d'une qualité excellente. Très douce et légèrement acide dans les sables, elle est assez dure et le pH supérieur à 7 dans les terrains calcaires. Il est rare qu'elle doive subir une correction chimique (à l'exception d'une déferrisation pour certains bassins sableux) avant distribution. Il est toutefois d'usage de neutraliser les eaux des sables par filtration sur carbonate. A noter toutefois, qu'une analyse de l'eau du bassin de Lohéac y montre une eau très dure (50°) et chargée en chlorure de sodium (270 mg/l). Peut-être s'agit-il là du résultat d'une pollution.

En raison de leur forte perméabilité, ces terrains sont en effet très vulnérables aux pollutions par infiltration directe de rejets (li-siers de porcs, par exemple). Si en général, le danger de contamination des nappes ne semble pas s'être encore concrétisé, sauf peut-être à Lohéac, il ne conviendrait pas de le sous-estimer pour autant. La définition et la mise en application de mesures très strictes de protection sont absolument nécessaires.

14 - Exploitation

L'exploitation des ressources en eau des bassins tertiaires se fait en fonction des besoins locaux et non des potentialités réelles des réservoirs. Cette façon de faire est naturelle, mais elle est préjudiciable à une bonne gestion des ressources. La conséquence en est que certains bassins sont sous-utilisés, tandis que d'autres, et non des moindres, souffrent de surexploitation. C'est ainsi par exemple que sur les trois bassins les plus importants : Rennes (Bruz-Chartres), Le Theil et Langon, seul le dernier n'est pas surexploité. Encore est-ce que les captages intéressent là essentiellement les alluvions de la Vilaine.

Il semble que pendant longtemps, on ait mal distingué les notions de débit et de réserve. La productivité d'un captage dépend essentiellement de la perméabilité des terrains dans lesquels il est implanté. Le volume total d'eau utilisable est fonction de la capacité et de la porosité du réservoir (ainsi que de l'alimentation). On conçoit donc qu'un terrain de forte perméabilité puisse fournir des débits instantanés importants, même si la réserve est limitée. Or dans certains cas, on semble s'être fondé essentiellement sur les débits pour déterminer les possibilités d'adduction et que l'on ait étendu les réseaux de distribution sans égard au volume total effectivement disponible annuellement.

Cet état d'esprit appartient pour l'essentiel au passé. Mais il a fallu, pour que ces notions soient mieux comprises, que la surexploitation ait déjà assez considérablement entamé certaines réserves. Il semble donc qu'il faille actuellement à la fois chercher à mieux définir les potentialités des divers bassins, afin de les exploiter de façon optimale, et mettre en oeuvre les moyens de pallier la surexploitation là où elle se fait sentir.

15 - Alimentation des bassins tertiaires

L'eau des bassins tertiaires provient des précipitations. Mais les modalités d'alimentation de ces réserves sont moins simples qu'on a cru pouvoir le penser il y a quelques années. En effet, au cours des études menées par le B.R.G.M., il est apparu que le bilan d'eau des bassins étudiés ne pouvait être équilibré si l'on faisait uniquement appel à la recharge par les pluies directes et le ruissellement. Le hiatus existant entre ces apports et les prélèvements, compte tenu des variations des réserves, était d'ailleurs tel qu'il pouvait être rapporté à l'imprécision du calcul de certains termes du bilan (1). L'équilibrage de celui-ci obligeait donc à postuler l'existence d'apports "occultes", en provenance du socle encaissant. Diverses observations ont alors permis, sinon de déterminer le volume de ces apports occultes, du moins d'en établir la réalité.

Les bassins tertiaires jouent donc un rôle de drains privilégiés de l'eau contenue dans les terrains du socle, et offrent de ce fait un moyen de capter facilement une partie de ces ressources. Même si la perméabilité des formations anciennes est faible, la surface de contact qu'elles ont avec les terrains tertiaires, est souvent assez grande pour que des flux importants d'eau puissent y transiter. Mais à l'inverse, les pertes de charge importantes qu'induit cette faible perméabilité, nécessitent que le drain tertiaire induise une assez forte dépression, et donc que le bassin soit surexploité.

Si donc l'on exploite un bassin tertiaire en-deçà de ses possibilités d'alimentation directe, les ressources du socle ne seront que peu sollicitées (ou pas du tout). Si on dépasse ces possibilités, les apports "occultes" tempéreront la surexploitation, mais ne l'empêcheront pas de se faire sentir.

(1) Il est clair, par exemple, que si les prélèvements peuvent être déterminés avec une bonne précision (durée des pompages, compteurs volumétriques), il n'en va pas de même de la recharge pluviale et encore moins du ruissellement.

Notons que la notion de surexploitation, telle que nous l'avons jusqu'ici utilisée, doit se comprendre dans un contexte annuel, sinon même pluriannuel. Dans certains cas, en effet, une exploitation forcée saisonnière (estivale) peut être bénéfique, en augmentant la capacité d'absorption des pluies hivernales, dont une partie pourrait être perdue par ruissellement. Mais, il est clair que ceci ne s'applique pas à des bassins qui ont vu leur niveau moyen baisser parfois de plus de 10 m, depuis la mise en exploitation.

La réduction des prélèvements ne pouvant le plus souvent être envisagée, à court terme tout au moins, le seul moyen de pallier une surexploitation consistera en une alimentation artificielle des réservoirs menacés par de l'eau qui normalement ne devrait pas y parvenir. L'injection d'une partie du débit hivernal de cours d'eau, qui autrement s'écoulerait vers la mer et serait donc perdue, dans un bassin surexploité constitue en effet un appoint d'alimentation comblant le déficit. Il n'est d'ailleurs pas question de rétablir l'état initial des réservoirs, ce qui nécessiterait souvent des quantités d'eau démesurées, mais plutôt de stabiliser les choses en l'état actuel, de façon à continuer de profiter des apports occultes.

Le B.R.G.M. étudie actuellement la réalisation pratique d'une alimentation artificielle des deux bassins de la Groussinière et de la Forêt du Theil (Syndicat intercommunal des eaux de la Forêt du Theil). Ce sont là dans l'immédiat les seules opérations en cours.

16 - Conclusions

Les bassins tertiaires d'Ille-et-Vilaine constituent pour les adductions publiques une ressource de toute première qualité. Facilité de captage, bons débits, qualité de l'eau, leur confèrent une importance hors de proportion avec leur extension réduite. Ils doivent être réservés en priorité pour l'alimentation humaine.

Ils présentent le double inconvénient d'être vulnérables aux pollutions et de n'avoir que des capacités limitées, ce qui leur fait courir le risque de la surexploitation. Il est donc nécessaire d'une part de les protéger avec le plus grand soin, d'autre part de ne les exploiter qu'au mieux de leurs possibilités ou, si cela est impossible, d'en envisager l'alimentation artificielle.

2 - RESSOURCES EN EAU DU SOCLE ARMORICAIN

La recherche d'eau souterraine dans les terrains de socle est une opération délicate qui a longtemps confiné à la gageure. Les méthodes de forages classiques, et surtout celles en usage dans les années 1920 à 1940, sont le plus souvent mal adaptées à l'exploration de ces roches, parfois très dures et fissurées, parfois plus tendres, mais argileuses.

Les études effectuées avant la guerre en Bretagne, en application des idées émises en 1922 par le professeur KERFORNE, n'ont, du fait de ces techniques inadéquates, connu que des échecs. L'opinion s'est alors établie de la nature non aquifère des terrains anciens du socle armoricain. C'est l'image du "toit d'ardoises sur lequel la pluie ruisselle sans s'infiltrer".

En fait, comme toutes les opinions tranchées de ce type, celle-ci est fautive. Elle n'est cependant pas sans renfermer une part de vérité.

D'une part, en effet, de nombreux indices (sources, débit d'étiage de cours d'eau, exhaures et sondages miniers) attestent l'existence de réserves et de circulations souterraines. Attribués à des phénomènes essentiellement superficiels (altération en particulier), ils se sont progressivement révélés intéresser également la profondeur.

En contrepartie, toutefois, outre l'absence de techniques adaptées en permettant le captage, il faut noter que la perméabilité le plus souvent très faible des terrains anciens, ne permet qu'exceptionnellement d'en tirer des débits importants. Les responsables des adductions publiques étaient donc parfaitement fondés à ne pas attendre de résultats importants des eaux souterraines (1) et à baser leurs réalisations sur l'emploi des eaux de surface.

Il convient actuellement, où la mise au point des méthodes de forage au battage rapide (marteau fond-de-trou) permettent une investigation techniquement convenable et économiquement acceptable des terrains anciens, de faire le point des possibilités réellement offertes par le socle armoricain et de la façon de les mettre en valeur.

(1) sauf en ce qui concerne les bassins tertiaires (voir chapitre 6).

21 - Terrains aquifères

Une cinquantaine de forages ont été réalisés en Bretagne en 1974-1975, quels qu'en aient été les résultats, il est remarquable qu'AUCUN d'entre eux ne soit resté sec. Il semble donc que l'on soit autorisé à affirmer que TOUS les terrains du socle sont aquifères. En fait, si cela est vrai dans l'absolu, la faiblesse des débits obtenus dans certains cas n'autorise à ne considérer comme pratiquement intéressants :

211 - Roches dures fissurées

Qu'il s'agisse de roches éruptives (granites, diorites, gabbros), métamorphiques (gneiss, cornéennes, ...) ou sédimentaires (grès, quartzites, poudingues), ces terrains peuvent, à la faveur de la fissuration, emmagasiner et restituer des quantités d'eau importantes. Les débits sont fonction de la densité de la fracturation et peuvent dans certains cas atteindre des valeurs importantes (100 m³/h dans les grès armoricains à Mur De Bretagne, Côtes-du-Nord). L'expérience des forages déjà réalisés montre que le plus souvent le débit croît avec la profondeur, au fur et à mesure que sont recoupées de nouvelles fissures. Dans les zones superficielles par contre, le colmatage des fissures par des produits argileux de décomposition, s'oppose souvent à l'obtention de bons débits.

212 - Zones d'altération des roches

Les produits meubles d'altération des roches permettent généralement l'emmagasinement de volumes d'eau importants. Le soutien des débits d'étiage des ruisseaux sortant des zones d'arènes granitiques, la pérennité des sources issues de certains grès attestent ce fait. La restitution de cette eau est facile quand l'altération ne comporte qu'une assez faible proportion d'argile (la réalisation correcte de puits y implique un "développement" soigné, destiné à éliminer au maximum les particules argileuses à proximité des ouvrages, et donc à améliorer localement la perméabilité).

213 - Formations présentant des discontinuités

Les écoulements souterrains sont facilités par l'existence d'hétérogénéités et de discontinuités au sein des terrains. Si les schistes et phyllades sont généralement peu intéressants (plasticité relative, altération très argileuse), la présence en leur sein de bancs, de grès ou de poudingues interstratifiés, le passage à des formations gréseuses, l'existence de filons de quartz ou de roches éruptives, sont des

éléments favorables au captage de débits non négligeables.

22 - Ordre de grandeur des débits - Conséquences pratiques

Exceptionnellement des débits atteignant ou dépassant 100 m³/h ont pu être obtenus (grès armoricains de Mur De Bretagne, déjà cités ; schistes métamorphisés de Saint Cyr Le Gravelais, Mayenne, etc ...). L'état d'avancement des recherches ne permet pas de savoir si de telles exceptions resteront rares ou si un certain nombre d'implantations aussi favorables, pourront être trouvées.

A l'inverse, les cas où le débit est resté inférieur à quelques m³/h ne sont pas rares. Ils concernent essentiellement des zones de schistes homogènes.

Dans les terrains que nous pouvons considérer comme aquifères au sens pratique, les débits se situent généralement dans la fourchette des 5 à 15 m³/h, avec un nombre non négligeable de cas où ils atteignent jusqu'à 25/30 m³/h. Les populations qui pourraient être alimentées à partir de là, sont donc de l'ordre de 500 à 1 500 personnes, éventuellement 2 500 à 3 000. On est donc là dans la zone de passage des adductions privées importantes aux petites adductions publiques.

Les exploitations agricoles de quelque importance (élevage, cultures avec irrigation), certaines unités industrielles (abattoirs, laiteries, beurreries, etc...), des communes isolées, de petits syndicats intercommunaux peuvent donc, sous réserve naturellement de conditions géologiques favorables, espérer satisfaire tout ou partie de leurs besoins en eau à partir du sous-sol.

Les conséquences en sont importantes tant sur le plan de l'économie, les investissements et les frais d'exploitation étant moindres que dans le cas des eaux de surface, que sur celui de la salubrité publique, en regard à la bonne qualité que présentent le plus souvent les eaux profondes.

23 - Utilisation des ressources du socle en Ille-et-Vilaine

L'eau des terrains du socle est utilisée pour les adductions publiques essentiellement par drains et par captage de sources.

La technique des drains, fort ancienne (les "vieilles captations" de Fougères dateraient de la fin du XVIIIe siècle ou du début du XIXe), a été utilisée assez abondamment vers les années 1980. Trois A.E.P. importants (Rennes I, Fougères, Vitré) et une douzaine de petits sont alimentés de cette façon. Les terrains intéressés sont les granites arénisés (granite de Fougères pour Rennes I, Fougères, Le Ferré, Louvigné du Désert, Sens de Bretagne), mais également des grès (Le Grand Fougeray, Montfort sur Meu) et même les schistes (Combours, Pipriac). Peu profonds, en raison des limitations techniques de l'époque, les drains se contentent le plus souvent d'écarter les nappes. Le débit en est donc généralement faible, et, pire, décroît à l'étiage estival, alors que les besoins sont maximaux. Du fait de leur développement important, ils occasionnent des contraintes gênantes. Leur entretien est à peu près impossible et leur productivité est souvent considérablement réduite par rapport à sa valeur originelle. Dans certains cas (zones forestières naturellement protégées), cette technique pourrait être reprise grâce aux moyens de terrassement modernes, mais pour l'essentiel, elle est périmée.

Le captage des sources a été, en l'absence de moyens de forages idoines, la principale solution au problème de l'utilisation de l'eau du socle. Elle permettait en outre d'éviter les travaux de recherche, puisque du moins les zones d'écoulement préférentiel étaient-elles évidentes. Une quarantaine de sources alimentent actuellement de petits A.E.P., avec des débits qui dépassent rarement 200 m³/j. D'autres, autrefois utilisées, sont abandonnées aujourd'hui. Sans devoir être considérée comme obsolète, la technique du captage de sources est maintenant dépassée.

Les puits et forages sont l'exception. Ce sont pourtant ces ouvrages qui fournissent les meilleurs débits : puits de 16 m à Bécherel dans le granite 300 m³/j, forage de 70 m dans le Briovérien à Marcillé-Raoul 300 m³/j effectifs, 800 possibles, puits de 11 m à Val d'Izé dans les calcaires dévoniens, 300 m³/j. La plupart des petits captages pourraient de cette façon améliorer leur productivité à bon compte, grâce à la méthode de forage au marteau fond-de-trou. C'est là la technique d'avenir.

Le gain de productivité que l'on peut attendre de captages profonds nécessite en contrepartie une meilleure connaissance des conditions de gisement et de circulation de l'eau. L'implantation de forages ne donne

que des résultats aléatoires, si elle n'est pas soutenue par une reconnaissance géologique, hydrogéologique et structurale destinée à définir les emplacements les meilleurs. Un test de cette nature a été fait à Mur de Bretagne, Côtes-du-Nord, pour l'implantation d'un nouveau captage. Le forage implanté en fonction de critères géologiques et tectoniques précis, reconnus comme favorables a priori, peut fournir un débit de l'ordre de 100 m³/h. La contre-épreuve a été faite en forant un second ouvrage à quelque distance, dans la même formation (grès armoricain), mais dans une zone a priori quelconque et qui n'a débité que 15 m³/h.

Le coût des études et travaux de reconnaissance doit donc être pris en compte si l'on désire procéder au remplacement d'un vieil A.E.P. par un ouvrage moderne. C'est dire que dans le cas d'une adduction modeste, la rentabilisation peut n'en pas être assurée. Il conviendrait peut-être alors si la productivité du (ou des) nouvel ouvrage le permet, de procéder à des regroupements des usagers. Plutôt que de procéder au coup par coup, en fonction des besoins, il serait alors plus satisfaisant, sur le plan technique, de rechercher a priori les implantations les plus intéressantes puis, en fonction des résultats, de proposer aux intéressés les regroupements ou les modifications d'adductions que la nouvelle situation rendraient possibles.

7 - CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Le sous-sol de l'Ille-et-Vilaine renferme nombre de substances utiles dont certaines sont activement exploitées, dont d'autres constituent des réserves potentielles de matériaux et de minerais, et dont d'autres enfin, actuellement abandonnées après exploitation ancienne, sont susceptibles de reprise en fonction de développements technologiques nouveaux, ou d'une modification de la conjoncture économique.

Si certaines activités sont d'un avenir pour le moins douteux, d'autres au contraire sont promises à une croissance importante. Il est ainsi peu vraisemblable que le département devienne un producteur d'ardoises ; l'absence de grands gisements de calcaire interdit qu'on envisage l'implantation d'une cimenterie. Par contre, moyennant un équipement approprié et un effort de promotion, l'industrie granitière pourrait se développer. Enfin les argiles et les grès à rutile-zircon représentent des minerais potentiels très importants dont la mise en valeur n'est subordonnée qu'à la résolution de problèmes technologiques. Les eaux souterraines, dont l'importance, quoique limitée, apparaît supérieure à ce qui a longtemps été envisagé, sont un facteur non négligeable de développement, tant agricole qu'industriel.

L'industrie extractive souffre toutefois souvent d'une certaine inadaptation aux conditions géologiques ainsi que des contraintes liées à l'environnement et à la protection des sites. Un développement harmonieux et rationnel implique que soit élaboré un plan cohérent de mise en valeur du sous-sol. Les décisions que les responsables départementaux ou régionaux pourront être amenés à prendre en ce sens, ne pourront toutefois se fonder que sur une connaissance approfondie des ressources du sous-sol, permettant de délimiter les zones les plus favorables à une mise en exploitation. Or force nous est de reconnaître que cette connaissance est à ce jour fort incomplète et très inégale selon les substances et selon les secteurs.

Il appartient donc aux planificateurs de dégager des priorités, d'établir des schémas d'utilisation des ressources du sous-sol sur la base de ce qui est déjà connu et de promouvoir les études complémentaires, d'ensemble ou de détail, nécessaires pour mener à bien cet objectif de mise en valeur.

ANNEXELISTE DES A.E.P. ALIMENTÉES A PARTIR DES TERRAINS DU SOCLE

(à l'exception de RENNES I, FOUGERES et VITRE)

Commune	Formation Géologique	Type de captage	Débit journalier m ³ /j
Bécherel	Granite	puits de 18 m	300
Bonnemain	Granite arénisé	2 sources	40
Le Ferré	" "	drains	20
Hédé	" "	puits de 12 m	120
La Chapelle Janson	" "	2 sources	300
Dompierre du Chemin	" "	source et drain	140
Louvigné du Désert	" "	2 sources et drain	330
Sens de Bretagne	" "	source et drain	140
Bazouges du Désert	" "	source	50
Villamée	" "	source	200
Monthault	" "	source	40
Hellé	" "	source	65
Noyal sous Bazouges	" "	source	120
Bazouges La Pérouse	" "	source et drain	450
St Hilaire des Landes	" "	source	150
Trans	" "	source	60
Princé	" "	source	160
Parigné	" "	source	200
St Georges de Grehaigne	" "	source	50
La Bouëzière	Grès S ^{2b}	source	70
Pléchatel	Grès S ¹	source	? (faible)
Le Grand Fougeray	Grès S ¹	source et drain	150
Pancé	Grès S ³	source	30
Montfort S/Meu	Grès S ¹	source et drain	240
Pocé Les Bois	Grès S ^{2cb}	source	60
St Aubin d'Aubigné	Grès devonien	source et drain	40
Quedillac	Briovérien	source	150
Combourg	"	source et drain	?
Bazouges La Pérouse	Briovérien méta-morphisé	2 sources et drain	300

ANNEXELISTE DES A.E.P. ALIMENTÉES A PARTIR DES TERRAINS DU SOCLE

(à l'exception de RENNES I, FOUGERES et VITRE)

Commune	Formation Géologique	Type de captage	Débit journalier m ³ /j
Bécherel	Granite	puits de 18 m	300
Bonnemain	Granite arénisé	2 sources	40
Le Ferré	" "	drains	20
Hédé	"	puits de 12 m	120
La Chapelle Janson	"	2 sources	300
Dompierre du Chemin	"	source et drain	140
Louvigné du Désert	"	2 sources et drain	330
Sens de Bretagne	" "	source et drain	140
Bazouges du Désert	"	source	50
Villamée	" "	source	200
Monthault	" "	source	40
Hellé	"	source	65
Noyal sous Bazouges	" "	source	120
Bazouges La Pérouse	"	source et drain	450
St Hilaire des Landes	" "	source	150
Trans	" "	source	60
Princé	" "	source	160
Parigné	" "	source	200
St Georges de Grehaigne	"	source	50
La Bouëxière	Grès S2b	source	70
Pléchatel	Grès S1	source	? (faible)
Le Grand Fougeray	Grès S1	source et drain	150
Pancé	Grès S3	source	30
Montfort S/Meu	Grès S1	source et drain	240
Pocé Les Bois	Grès S2cb	source	60
St Aubin d'Aubigné	Grès devonien	source et drain	40
Quedillac	Briovérien	source	150
Combourg	"	source et drain	?
Bazouges La Pérouse	Briovérien méta-morphisé	2 sources et drain	300

ANNEXE (suite)

Commune	Formation Géologique	Type de captage	Débit journalier m ³ /j
Bréal sous Montfort	Briovérien	2 sources	?
Liffré	"	source	120
Marcillé Raoul	"	forage de 70 m	300 (40m ³ /h)
Dompierre du Chemin	Briovérien métamorphisé	source	50
Lécousse	Briovérien métamorphisé	3 sources	200
Betton	Briovérien	source	300
Balazé	"	source	180
Monterfil	"	source	90
Pipriac	"	source et drain	75
Baguer Morvan	Briovérien métamorphisé	source et drain	150
St Ouen La Rouerie	Briovérien métamorphisé	source	40
Amanlis	Briovérien	source et puits de 14 m	25
St Germain sur Ille	Schistes carbonifères	source et drain	50
Val d'Izé	Calcaires Dévo-niens	puits de 11 m	300

ANNEXEBASSINS TERTIAIRES UTILISABLES POUR L'ALIMENTATION HUMAINEEN ILLE-ET-VILAINE

Nom du bassin	Exploitant	Débit annuel (1974) En milliers de m ³	Observations
1 - Bassins importants			
Forêt du Theil *	S.I.E.F.T.	700	surexploité, alimentation artificielle à l'étude
Bruz-Chartres (Rennes sud)	S. de Rennes sud	2 000	surexploité, alimentation artificielle possible
Langon	S. de Port de Roche	1 800	alluvions de la Vilaine
2 - Bassins de moyenne importance			
La Groussinière	S.I.E.F.T.	300	alimentation artificielle à l'étude
Landujan	S. de Montauban	1 400	alimentation artificielle possible
Médréac	" "	400	" "
Pipriac	S. des Bruyères	100	" "
Lohéac	" "	100	pollué ?
Feins	S. Aubigné-Feins	100	possibilités supérieures
Gahard	S. de la vallée du Couesnon	120	alimentation artificielle possible
Lillion *	S. de Lillion-Mordelles	850	alluvions de la Vilaine
Mernel	S. de Maure-Mernel	150	alimentation artificielle possible
St Aubin d'Aubigné	S. de St Aubin	400	" "
St Grégoire	S. de Rennes-nord	400	surexploité, alimentation artificielle possible

* Exploité également pour le sable

ANNEXE (suite)

Nom du bassin	Exploitant	Débit annuel (1974) En milliers de m ³	Observations
2 - <u>Bassins de moyenne importance</u>			
Rannée	S.I.E.F.T.	100	possibilités supérieures
3 - <u>Bassins de faible importance</u>			
St Aubin du Cormier	La commune	100	exploitation limitée alimentation artificielle possible
St Georges de Chesné	S. du Chesné	130	surexploité
St Malo de Phily *	inexploité	0	alimentation artificielle possible
St Senoux	S. de Bournan	50	surexploité
Lassy	S. de La Chapinais	100	"
Dingé	S; de la Hotte aux anglais	120	possibilités réduites
Argentré du Plessis	La commune	80	exploitation limitée

Cette liste ne prétend pas être exhaustive, de nombreux petits gisements pratiquement sans intérêt autre que strictement local, pouvant à l'occasion être pris en considération, fût-ce éventuellement par des particuliers.

* Exploité également pour le sable