



BRGM

CONTRIBUTION A UNE POLITIQUE REGIONALE
DES CARRIERES EN PAYS DE LA LOIRE

par J.P. CLEMENT

R 34270 PAL 4S 92

Décembre 1991

BRGM

Agence Régionale Pays de la Loire
10, rue Henri Picherit

44071 NANTES CEDEX 03

Tél : 40.37.15.15

Fax : 40.74.82.12

R E S U M E

A la demande de la Direction Régionale de l'Industrie de la Recherche et de l'Environnement, le BRGM Pays de la Loire a mené, en concertation avec les différentes administrations et les professionnels une étude sur les ressources actuelles et les réserves potentielles de granulats dans la région Pays de la Loire. Cette étude a pour but de servir de base à une politique régionale des carrières visant à éviter les ruptures d'approvisionnement, gérer les zones sensibles du point de vue environnement autour des grandes villes et assurer le remplacement des sables du lit vif de la Loire.

La production de granulats en Pays de la Loire est d'environ 23 Mt/an pour les roches massives et 8 à 9 Mt/an pour les sables et graviers dont un peu plus de 2 Mt/an extraits de la Loire et 1,9 Mt/an de sables marins. L'arrêt de l'extraction des sables dans le lit vif de la Loire en 1992 va donc reporter la production de 2 Mt/an sur les gisements terrestres (Pliocène et alluvions de la Sarthe, de l'Huisne et du Loir). Ces gisements fournissent des matériaux d'excellente qualité, moyennant lavage et criblage, mais sont de faible épaisseur (3 à 5 m), ce qui entraîne une forte consommation de surface. Selon l'épaisseur du gisement, l'extraction de 2 Mt/an nécessite une superficie comprise entre 27 et 65 hectares par an. Cela représente donc des surfaces importantes.

En outre, 42 % des gravières en exploitation auront fermé leurs portes d'ici 5 ans, sauf extension ou renouvellement de l'autorisation d'exploiter. Dans la région Mancelles, dont les gisements sont en voie d'épuisement, ces fermetures vont représenter 58 % de la production actuelle. Par ailleurs, les réserves potentielles sont estimées pour l'ensemble des Pays de la Loire à 159 M/t soit 25 à 26 ans à production constante et à condition toutefois que les communes qui ont des gisements de sable sur leurs territoires acceptent de réserver dans leur P.O.S. quelques hectares destinés à l'exploitation de matériau. On va donc, à terme vers un épuisement de cette ressource qui doit donc être économisée et réservée exclusivement aux bétons hydrauliques de qualité. Les matériaux de substitution sont de deux types:

- les sables marins dont les réserves sont estimées à 27.681 Mt pour les gisements situés à l'embouchure de la Loire et au large des côtes de Vendée.

- les roches massives (gneiss, leptynite, grès, etc...) dont les Pays de Loire sont abondamment pourvus fournissant des matériaux d'excellente qualité (Los Angeles < 25) et qui en outre permettent des exploitations à grande profondeur (60 m et plus) donc, peu consommatrices de terrain (à surface égale, une carrière de roche massive fournie 17 à 20 fois plus de matériau qu'une gravière). Le principal problème pour ces carrières lorsqu'elles se trouvent à proximité des grandes villes, c'est-à-dire près des lieux de consommation, vient de la pression croissante de l'urbanisation qui peut les obliger à fermer ou à déménager dans des zones rurales. La conséquence de cet éloignement est un renchérissement des matériaux dû au coût du transport et une augmentation sensible du trafic poids lourds.

S O M M A I R E

	Page
1 - INTRODUCTION	6
2 - LES CARRIERES ET LEUR ENVIRONNEMENT	6
2.1 - Les servitudes d'utilité publique	7
2.2 - Les autres formes de contraintes	8
2.3 - Données d'environnement constituant des indicateurs pour qualifier ou quantifier l'impact de l'exploit- tation	9
2.4 - Gestion des carrières après la fin de l'exploitation	14
2.5 - Conclusion	15
3 - CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE	16
4 - CARACTERISTIQUES DES GISEMENTS ET DES MATERIAUX	17
4.1 - Massif Armoricaïn	17
4.2 - Bassins sédimentaires parisien et aquitain	21
4.3 - Formations pliocènes	22
4.4 - Formations quaternaires	22
5 - REPARTITION DE LA PRODUCTION	24
6 - ESTIMATION DES RESERVES	25
6.1 - Estimation des réserves de sables et graviers	26
6.2 - Estimation des réserves de roches massives	29

7 - IDENTIFICATION DES PROBLEMES POSES POUR L'APPROVISIONNEMENT EN GRANULAT	30
7.1 - Conséquence de l'arrêt des extractions de sables en Loire	30
7.2 - Epuisement des gisements de graves alluvionnaires autour du Mans	32
7.3 - Situation des carrières de roches massives dans la banlieue de Nantes	33
7.4 - Absence de prise en compte dans les P.O.S. de l'élément "carrières" par les communes qui ont des gisements non exploités sur leur territoire	35
7.5 - Conflit de compétence entre exploitation d'eau et exploitation de matériau	35
8 - INVESTIGATION - REFLEXION	35
9 - CONCLUSION	37'
ANNEXES	38

LISTE DES FIGURES

Fig. 1 - Carte des grands ensembles géologiques des Pays de la Loire

Fig. 2 - Bassins de production

Fig. 3 - Gisements de sables et graviers

Fig. 4 - Réserves potentielles de sables et graviers

Fig. 5 - Carte des gisements potentiels de roches massives autour de
Nantes

A N N E X E

Description du lit de la Loire et de son remplissage alluvial

1 - INTRODUCTION

A la demande de la Direction Régionale de l'Industrie de la Recherche et de l'Environnement le BRGM a mené, en concertation avec différentes administrations et l'Union Régionale des Producteurs de Granulats (U.R.P.G.), une étude sur les ressources actuellement connues et les réserves potentielles de granulats dans la région Pays de la Loire. Cette étude qui aborde également contraintes et perspectives a pour vocation d'être le prélude à la définition d'une politique régionale des carrières destinée en particulier :

- à satisfaire le marché en qualité et quantité, maîtriser les coûts,
- à ménager les zones sensibles et d'une façon générale concilier valorisation du sous-sol et protection de l'environnement,
- à assurer le remplacement des sables du lit vif de la Loire.

Elle doit déboucher sur des orientations et faciliter une large compréhension des problèmes par tous les acteurs concernés, du producteur aux consommateurs, de l'élu, Conseiller Régional, Conseiller Général ou Maire aux associations.

2 - LES CARRIERES ET LEUR ENVIRONNEMENT

L'exploitation d'un gisement comporte, entre autres préoccupations, celle de tenter de s'adapter aux exigences de l'environnement dans lequel elle se situe. Certaines de ces données font l'objet de décisions réglementaires. Elles sont dans ce cas, de droit, opposables aux tiers et immédiatement et intégralement applicables. Elles peuvent alors, dans certains cas, faire obstacle à l'exploitation de gisements. Eventuellement, certaines législations permettent des évolutions qui ne peuvent s'envisager que si il y a comptabilité entre l'objet de la protection et le projet d'exploitation, ce qui s'accompagnera généralement de mesures compensatoires adaptées. D'autres données, bien que non opposables aux tiers, exigent néanmoins de la part de l'exploitant de prendre un certain nombre de précautions.

On trouvera ci-après un exposé des différentes données d'environnement à prendre en compte.

2.1 - LES SERVITUDES D'UTILITE PUBLIQUE

2.1.1 - Définition

Certains des facteurs caractéristiques de l'environnement ont été considérés comme présentant une importance, sur le plan de l'intérêt général, justifiant qu'on leur donne "force de loi". Des législations sont ainsi intervenues à leur sujet, qui imposent aux utilisateurs éventuels de l'espace intéressé le principe de la protection qu'elles édictent.

Il découle de ces législations, selon l'objet poursuivi, des empêchements ou des prescriptions qui ne valent pas forcément interdiction par eux-mêmes mais qui sont "irréductibles" dans les limites de leur définition.

Au-delà de cette définition, mais seulement au-delà, des adaptations sont possibles, qui restent alors dans l'esprit de la protection instaurée.

2.1.2 - Liste des principaux objets concernés

- Les monuments classés et inscrits
- Les sites classés et inscrits
- Protection du Patrimoine Architecturale et Urbain (Z.P.P.A.U.)
- Les périmètres de protection des captages pour l'Alimentation de l'Eau Publique (A.E.P.)
- Les stots de protection des berges de cours d'eau et servitudes de passage
- Les stots de protection des oléoducs, gazoducs, conduites de distribution d'eau et d'assainissement, stockages souterrains
- Les réserves naturelles (et parcs nationaux)
- Visibilité, recul et accès en bordure des voies routières
- Dégagement et balisage aéronautique
- Dégagement autour des installations militaires
- Protection des centres radioélectriques et des liaisons hertziennes
- Conservation et fonctionnement des voies ferrées

- Réseaux de télécommunications
- Passage et occupation de terrains pour les mines et carrières
- Protection des forêts
- Cimetières
- Surfaces submersibles du domaine public fluvial
- Ouvrages en bordure de la Loire et de ses affluents
- Exposition aux risques naturels prévisibles

2.2 - LES AUTRES FORMES DE CONTRAINTES

2.2.1 - Les P.O.S. (Plan d'Occupation des Sols)

A la différence des servitudes, absolues dans leur contenu de fond, le Plan d'Occupation des Sols est l'exemple significatif d'une façon de traduire, avec valeur d'opposabilité aux tiers, les possibilités d'utilisation de l'espace et les limitations à cette utilisation. La validité de son contenu n'est pas douteuse, du fait des procédures suivies pour son élaboration, mais ce contenu, et les dispositions qui en découlent, représentent une version de la prise en compte des facteurs d'environnement. D'autre part ce document reprend l'ensemble des servitudes existantes.

Moyennant des formes comparables à celles de son institution, cette version peut être reconsidérée, sous la forme connue de la révision totale ou partielle.

2.2.2 - Les actes assimilables

Généralement attachés à des objets plus spécifiques, ce sont :

- Les vignobles classés, localisant les valeurs particulières de l'exploitation de ces richesses au sol
- Les Arrêtés de protection de Biotopes, traduisant certains éléments de l'Inventaire du Patrimoine Naturel qui délimite les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (Z.N.I.E.F.F.)
- Les secteurs sauvegardés

2.2.3 - Les avis des structures spécialisées

Certains domaines disposent, selon leur nature, leur localisation et leur unité qualitative, d'échelons administratifs ayant la vocation d'assurer la prise en compte des intérêts que ces domaines représentent.

Cette vocation s'exerce sous forme d'avis simples, en particulier pour :

- Les parcs naturels régionaux (Parc Naturel Régional Normandie-Maine)
- Les périmètres sensibles
- Les Z.N.I.E.F.F. Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique qui sont des zones particulièrement intéressantes pour leur flore et leur faune (loi du 10/07/76 sur la protection des espèces sauvages animales et végétales). Elles sont divisées en deux types de zones :
 - . les zones de type 1 : secteur de très grand intérêt écologique, généralement de faible étendue
 - . les zones de type 2 : grand ensemble naturel intéressant sur le plan biologique et qui sont complémentaires des zones de type 1.

Les Z.N.I.E.F.F. correspondent le plus souvent à des segments de vallée en raison, en particulier, de la présence des oiseaux migrateurs, à des massifs forestiers, ou encore à des zones humides riches en faune et en flore.

- les richesses archéologiques, dont la découverte possible entraîne l'intervention du Ministère des Affaires Culturelles (loi du 27 septembre 1941)
- ajoutons également les réseaux de voirie, les problèmes hydrauliques (écoulement des eaux), droits de passage, etc...

2.3 - DONNEES D'ENVIRONNEMENT CONSTITUANT DES INDICATEURS POUR QUALIFIER OU QUANTIFIER L'IMPACT DE L'EXPLOITATION

Ces données sont à prendre en compte dans l'étude d'impact effectuée avant l'ouverture de la carrière mais elles peuvent aussi être prises en compte, au moyen d'études appropriées au niveau du bassin d'exploitation ou au niveau d'un schéma départemental d'aménagement des carrières. On peut regrouper ces données en plusieurs grandes familles.

2.3.1 - Gênes de voisinage

Cette gêne est constituée par l'activité de la carrière qui engendre diverses nuisances parmi lesquelles :

- le bruit, provoqué par les engins de chargement et de transport, les stations de traitements, les installations annexes (garages d'entretien) etc., auxquels s'ajoutent pour les carrières de roches massives, le forage de trous pour tirs de mines ainsi que le tir lui-même. Cette nuisance ne doit pas dépasser, pour le voisinage un seuil tolérable, qui, pour les stations de traitement est d'ailleurs fixé par la réglementation en vigueur. Il peut être mesuré de façon précise à l'aide d'un matériel approprié. Il existe différentes techniques de protection : levées de terre, organisation du chantier (éloignement ou mise en fond de fouille des installations), capotage de celles-ci, détonateurs "fond de trou", etc...

- la poussière soulevée par le passage des véhicules et les opérations de concassage et de criblage. Cette nuisance est considérablement diminuée par différents moyens tels que la mise sous tunnels des cribles et des concasseurs, l'arrosage, etc...

- le trafic de camions lourds sur des voies inadaptées, provoquent des problèmes de circulation, de bruit, de salissure des chaussées (boue), entraîne un certain danger et une dégradation accélérée des chaussées. Tous ces problèmes qui suscitent souvent des conflits avec les municipalités et les riverains peuvent être atténués, ou même supprimés par le choix d'itinéraires particuliers pris d'un commun accord entre l'exploitant et les collectivités, par des conventions d'entretien, par le choix des sites d'exploitation à proximité de routes adaptées aux trafics lourds, voir à la construction d'accès spécifiques aux gisements plus ou moins enclavés.

- les ébranlements dus aux tirs de mines dans les carrières de roches massives. Des études de sismique préalable et le recours aux mises à feu avec micro-retard permettent de réduire ces nuisances.

- la modification du paysage, fréquemment négative en période d'activité est souvent très mal perçue par les riverains. Ce problème est évidemment encore plus sensible dans les lieux touristiques. Là encore, des techniques telles que la plantation de haies, l'organisation du chantier, etc... permettent de réduire les nuisances.

Tous ces problèmes doivent être pris en compte dans l'étude d'impact qui souvent, peut permettre de trouver des solutions qui atténuent ces nuisances, mais ne permet pas toujours de les faire disparaître totalement. Il est donc préférable d'éviter l'implantation de carrières dans des zones à forte densité de population.

2.3.2 - Eaux de surface

Le rejet des eaux d'exhaure, de ruissellement ou de lavage dans le milieu naturel doit faire l'objet d'une autorisation administrative. La nature et le volume des rejets sont fixés par des normes qui ont pour but de protéger la faune et la flore des cours d'eau. Le non respect de ces normes peut entraîner de graves préjudices, dus à l'augmentation de la turbidité de l'eau. L'augmentation de température peut également entraîner une désoxygénation plus ou moins prononcée du cours d'eau. A fortiori, le rejet accidentel de polluants tels que les hydrocarbures doit-il être soigneusement évité. L'utilisation de bassin de décantations et de fossés d'évacuation permet généralement de résoudre ces problèmes.

2.3.3 - Eaux souterraines

Les problèmes sont différents selon qu'il s'agit de roches massives éruptives, de calcaires, de grès, de gravières en alluvions ou de sable.

Dans le 1er cas, la roche est plus ou moins fissurée, mais les débits sont généralement faibles (de l'ordre de quelques m³/heure). Néanmoins, il peut arriver à la longue que des puits soient asséchés à plusieurs centaines de mètres, généralement dans des directions préférentielles.

Dans les calcaires, les débits peuvent être très variables : de très faibles à très importants (plusieurs dizaines, voire plusieurs centaines de m³/heure) si des réseaux karstiques se sont développés dans la roche. Il faut être très prudent lorsqu'on envisage d'exploiter une carrière en fouille dans du calcaire à proximité d'une rivière. On risque en effet de retrouver celle-ci dans la carrière par l'intermédiaire de fissures importantes. Les risques de pollution par hydrocarbures ou autres produits sont aussi extrêmement importants.

Les grès peuvent se comporter selon leur nature, soit comme des roches massives éruptives, soit s'ils sont poreux, constituer des réservoirs aquifères importants. Dans la Sarthe, c'est le premier cas qui est le plus fréquent.

Les gravières qui exploitent les basses terrasses et sont donc dans la nappe, ont des répercussions sur l'écoulement de celle-ci, d'une part du fait de sa mise à l'air libre, d'autre part par le colmatage plus ou moins prononcé des berges et du fond, dû à la mise en suspension des fines lors de l'extraction (si celle-ci se fait en eau) et à leur dépôt ultérieur.

Les sables du Cénomaniens constituent la principale ressource en eau souterraine de la Sarthe. Si l'exploitation des deux ressources eau et matériau, n'est pas incompatible, il convient néanmoins de savoir qu'elle seront les répercussions de la seconde sur la première.

En résumé, on peut dire qu'une bonne connaissance des eaux souterraines, obtenue par des études appropriées à différentes échelles, est bénéfique pour toutes les parties en présence : riverains, aménageurs et exploitants. Il est en effet intéressant pour ces derniers de connaître les caractéristiques de la nappe pour prévoir les débits d'exhaure qu'ils auront à évacuer, ceux qu'ils pourront mobiliser pour une station de lavage et les types de réaménagement qu'ils pourront envisager.

Enfin, il est bien évident que la présence de captage dans une formation géologique donnée rend les études encore plus nécessaires.

2.3.4 - Richesses naturelles et culturelles (flore-faune, gisement géologique, minéralogique ou paléontologique, monuments, sites paysagers, historiques et archéologiques)

Celles-ci ne peuvent s'appréhender qu'au moyen d'inventaires (tels les inventaires des sites et monuments, les Z.N.I.E.F.F., les Z.P.P.A.U.) plus ou moins précis effectués par des spécialistes qui peuvent seuls estimer quel est l'intérêt de tel ou tel secteur, évaluer les conséquences que pourrait avoir l'ouverture d'une carrière, préconiser les mesures à prendre soit pour protéger totalement un site exceptionnel (généralement de faible superficie), soit pour limiter au maximum les perturbations sur le milieu.

Si les grands inventaires, tels que les Z.N.I.E.F.F. permettent de mettre en évidence les zones intéressantes au niveau départemental, c'est l'étude d'impact qui est la plus appropriée pour situer les problèmes, pendant et après l'exploitation de la carrière.

Encore faut-il que l'étude d'impact puisse s'appuyer sur des critères de valeur situant l'intérêt écologique et le degré de sensibilité d'un secteur considéré. Ces critères de valeurs ne peuvent être mis en évidence que par l'inventaire précis des espèces protégées ou fragiles vivant sur le secteur. Exemple : dans les coteaux calcaires, inventaire (hivernal) des cavités servant de refuge aux chauve-souris pendant l'hiver. Ces refuges, qui se raréfient, sont nécessaires à la survie de l'espèce.

L'atteinte des carrières aux richesses naturelles est profondément différentes d'un milieu à l'autre. A titre d'exemple, l'ouverture d'une exploitation dans un boisement pourra avoir sur celui-ci un impact absolument négligeable, ou pourra engendrer une perte totale d'intérêt écologique, selon les caractéristiques propres du boisement. Enfin, il ne faut pas perdre de vue qu'une carrière après arrêt de l'exploitation, est souvent bénéfique pour l'environnement : paysage attrayant ou étrange, extraordinaire document géologique, milieu particulier pour la faune ou la flore.

2.3.5 - Incidence sur le paysage

L'impact visuel d'une carrière est principalement lié à la perception que l'on peut en avoir de divers points de vue. Les coupures visuelles que constituent les écrans végétaux en limitent la perception, donc l'impact (haies, bois, peupleraies...). A l'inverse, le relief accentue l'importance des axes de vision sur l'exploitation. L'impact est donc en fonction des composantes du paysage environnant mais aussi de leur qualité et leur variété (paysage pittoresque).

Les carrières alluvionnaires en eau, de par la configuration parcellaire des exploitations, présentent fréquemment des contours rectilignes qui modifient le caractère naturel du paysage initial en l'artificialisant. Toutefois, cette incidence peut être atténuée par des mesures compensatoires visant à rendre les contours les plus sinueux possible lors de la remise en état.

Malgré ces mesures, la prolifération de ballastières en eau dans les vallées alluvionnaires peut considérablement modifier la structure du site initial et des caractéristiques qui en font l'attrait paysager et touristique.

2.3.6 - Impact socio-économique

L'impact socio-économique d'une carrière, surtout si elle est importante, sur la commune d'accueil et les communes avoisinantes est loin d'être négligeable. En effet, outre l'apport fiscal que constitue la taxe professionnelle, une carrière est une entreprise de main d'oeuvre qui peut donc offrir des emplois en nombre appréciable et par contre-coup, permettre le maintien sur place de commerces et de services, et parfois favoriser l'implantation d'autres entreprises. C'est aussi, pour les communes proches, la possibilité d'avoir des matériaux à bas prix, puisque le coût du transport pèse lourdement dans le prix de vente des granulats. On peut donc considérer que l'ouverture d'une carrière est généralement une bonne chose pour une commune sur le plan économique même si l'entretien accru des routes coûte plus cher. Le problème peut évidemment se poser différemment dans les zones touristiques où l'implantation d'une carrière avec tout ce que cela entraîne (trafic de poids lourds, modification du paysage) peut être très mal vue, d'une part par les touristes et d'autre part par la population vivant du tourisme. Il est donc nécessaire dans ce cas là de très bien étudier l'insertion de la carrière dans son environnement pendant sa période d'activité et de prévoir sa remise en état de façon à en tirer le meilleur parti possible dans l'intérêt de la zone : camping, plan d'eau, aire de jeux, etc... Par contre, la multiplication ou l'extension rapide des carrières sur un espace réduit peut rapidement poser problème. Ce sont évidemment les vallées qui sont le plus exposées à ce phénomène.

Les sablières sont en effet de grandes consommatrices d'hectares. Sur les moyennes terrasses qui sont hors d'eau, le problème n'est pas très grave puisqu'il est toujours possible de trouver une solution compatible avec le schéma d'aménagement du secteur : remise en culture, mais aussi boisement, camping, lotissement, etc... Par contre, dans les basses terrasses, ce qui reste après arrêt de l'exploitation ne peut être qu'un plan d'eau, ce qui n'est pas un mal en soi, mais avec toutefois l'inconvénient d'avoir des possibilités d'utilisations restreintes : loisir ou pisciculture.

Leur multiplication excessive risque donc d'entraîner à terme des effets néfastes par réduction des possibilités d'aménagements de tous ordres, restriction de l'éventail des possibilités de diversification économique et perte de revenu pour les communes, la fiscalité applicable aux plans d'eau étant plus légère que celle applicable aux autres occupations du sol.

2.4 - GESTION DES CARRIERES APRES LA FIN DE L'EXPLOITATION

Juridiquement une carrière n'est abandonnée que lorsque l'exploitant a procédé à une remise en état et que l'administration, après consultation et enquête, a pris un arrêté d'abandon. La remise en état, qui est à la charge de l'exploitant, doit être faite en vue d'une réutilisation des lieux compatibles avec l'aménagement général de la zone. En effet, une remise en état en vue de rendre les lieux à l'agriculture ne sera pas forcément la même que celle qui sera destinée à l'implantation d'un lotissement.

Le réaménagement et son entretien sont du ressort du propriétaire des terrains qui n'est pas forcément l'exploitant (cas des carrières exploitées en droit de forage). Les utilisations d'une carrière après l'arrêt de l'exploitation peuvent être variées : remise en culture, boisement, terrains de jeux, activité industrielle, etc... Pour les plans d'eau, le choix est évidemment plus restreint : plan d'eau de loisir, étang de pêche, ou pisciculture. Une nombreuse bibliographie existe sur le sujet.

Une utilisation qui vient souvent à l'esprit est d'utiliser les carrières comme décharge d'ordures. Une telle utilisation est à exclure totalement dans le cas des carrières en eau ou proche de la nappe. Pour les autres, elle ne peut être envisagée qu'avec beaucoup de prudence et après de sérieuses études, car il est extrêmement rare qu'une carrière n'aie pas de rapports étroits avec les eaux souterraines. De toutes façons, il ne faut pas oublier que l'ouverture d'une décharge est soumise à une réglementation très stricte (loi du 15 Juillet 1975). Le propriétaire doit d'ailleurs être très vigilant, car une carrière abandonnée non entretenue se transforme très vite en décharge sauvage. Quoiqu'il en soit, le réaménagement d'une carrière doit toujours être compatible avec la vocation (agricole, touristique, résidentielle, etc...) de la zone dans laquelle elle se trouve.

2.5 - CONCLUSION

La bonne insertion d'une carrière sur un site donné dépend de la prise en compte par l'exploitant des données d'environnement, non seulement pour la période d'activité mais aussi pour après.

Ces données d'environnement sont de différentes natures :

En premier lieu, il y a les données réglementaires plus ou moins contraignantes.

Ensuite, il y a les données que l'on pourraient qualifier de "bon voisinage" et qui concerne l'activité de la carrière : bruit, trafic de poids lourds, modification de paysage, etc...

- La protection des richesses naturelles et culturelles : faune, flore, eau, sites, monuments, etc...

- Enfin, les données socio-économiques qui comportent l'apport économique de la carrière durant sa période d'activité, mais aussi, après la fin de l'exploitation, la réutilisation devant être compatible avec la vocation de la région.

Pour les carrières de roches massives qui sont des exploitations ponctuelles et de durée de vie très longue (20 ans et plus) situées dans des zones à faible densité de population et exploitant des roches peu perméables, ces données sont à prendre en compte dans l'environnement proche de la carrière et dans le cadre de l'étude d'impact.

Pour les gravières de basses terrasses dans les vallées, le problème se pose différemment dans la mesure où une multiplication excessive des plans d'eau, grands ou petits, risque, à terme, d'avoir des effets gênants, voire néfastes.

Il serait donc souhaitable de mener des recherches selon quelques grands axes :

- Bonne gestion de la ressource. Les gisements de basse terrasse sont en effet de toute première qualité. Même si les réserves géologiques sont très importantes elles ne sont pas inépuisables. Il faut donc, autant que possible les réserver pour les usages auxquels elles sont indispensables et tester les qualités géotechniques de matériaux de substitution (calcaire, cénomaniens) pour d'autres usages (remblais...)

- Rechercher les effets induits des plans d'eau et de leur extension sur l'environnement naturel (faune, flore, réchauffement des cours d'eau, paysage, etc...) et de leur influence sur l'avenir socio-économique et touristique des vallées. Le but de ces recherches permettrait de définir quelle est la surface optimale (minimale et maximale) des plans d'eau, leur répartition le long de la vallée et de définir un rapport surface plan d'eau / surface terre ferme à l'échelle de la vallée. A partir de là, il serait possible de décider quels sont les gisements qui peuvent être ouverts à l'exploitation et dans quelles conditions.

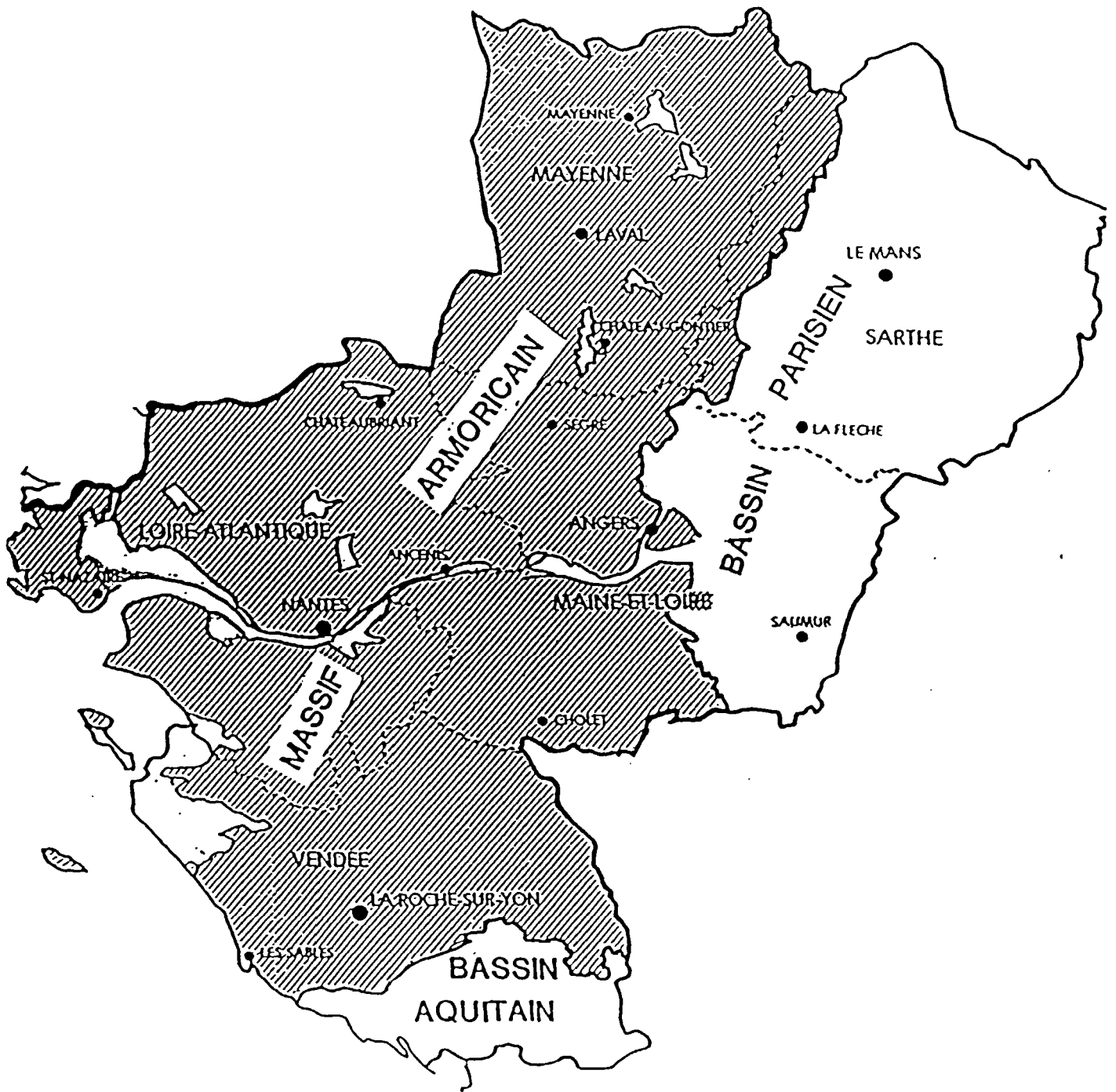


Fig. 1

CARTE DES GRANDS ENSEMBLES GEOLOGIQUES
DES PAYS-DE-LA-LOIRE

3 - CADRE GEOGRAPHIQUE et GEOLOGIQUE

La géologie des Pays de la Loire se caractérise par la présence de trois grands ensembles géologiques (fig. 1) :

- le Massif Armoricaïn est constitué de roches anciennes (anté Permien): sédimentaires (grès, schistes, calcaires, quartzites), éruptives (granites, gabbro, rhyolites, tufs volcaniques) ou métamorphiques (micaschistes, gneiss, amphibolites, leptynites, orthogneiss, éclogites, cornéennes, mylonites).

Un certain nombre de ces roches (grès, calcaires, gabbro, rhyolites, gneiss, amphibolites, leptynites, orthogneiss, éclogites, mylonites, cornéennes) sont susceptibles de fournir des granulats de bonne, voire, d'excellente qualité (coefficient LOS ANGELES < 25).

Le Massif Armoricaïn couvre environ les 3/4 de la région.

- Le Bassin Parisien qui couvre la majeure partie de la Sarthe et environ les 2/5 du Maine et Loire est constitué de terrains jurassiques à tertiaires composés de calcaires assez durs à tendres, d'argiles, de marnes et de sables plus ou moins argileux.

Les sables cénomaniens, plus ou moins graveleux et argileux représentent un gisement important, mais hétérogène.

Les calcaires du Jurassique, assez durs peuvent trouver leur emploi dans certaines applications, remblais en particulier.

- Le Bassin Aquitain, qui couvre le Sud de la Vendée est composé de calcaires, de marnes et d'argiles d'âge Jurassique.

Les calcaires assez durs du Jurassique peuvent avoir les mêmes emplois que ceux du Bassin Parisien.

Tous ces terrains sont recouverts localement par des matériaux sablo-graveleux d'origine récente (Pliocène à Quaternaire) qui se répartissent en deux grandes familles.

- les alluvions fluviatiles :

. terrasses des vallées de l'Huisne, de la Sarthe (en aval du Mans) et du Loir,

. alluvions de la Loire,

. alluvions de la Mayenne et de l'Oudon.

- les sables et graviers Pliocènes qui constituent soit des placages peu épais (2 à 5 m), soit qui remblaient des bassins d'effondrement sur des épaisseurs dépassant 10 m (jusqu'à 60 m)

4 - CARACTERISTIQUES DES GISEMENTS ET DES MATERIAUX

4.1 - MASSIF ARMORICAIN

La plupart des formations géologiques susceptibles de fournir des granulats sont de formes allongées, d'orientations générales W.NW - E. SE et couvrent de vastes étendues. L'une de leur principale caractéristique est d'avoir en général un pendage très redressé (de 60° à la verticale), ce qui permet des exploitations à grande profondeur (60 m et plus). Cette disposition a toutefois l'inconvénient de favoriser la pénétration de l'eau et donc de l'altération avec pour conséquence, un matériau d'assez mauvaise qualité sur les 15 à 20 premiers mètres sous la surface du sol.

.../...

Les tableaux ci-dessous donnent les principales caractéristiques physiques des roches rencontrées dans le Massif Armoricain (d'après J. BERTHIER et C. TOURENQ - Les granulats, traité théorique et pratique, fasc. II - Géologie, propriété des roches et prospection des gisements).

GRANITE

Masse volumique apparente (g/cm ³)	2,58 à 2,69
Porosité (%)	0,2 à 2
Résistance à la compression (bar)	1200 à 2400
Résistance à la traction	
. Essai Brésilien	80 à 170
. Traction directe	20 à 70
Module d'élasticité (10 ³ bar)....	400 à 700
Vitesse du son	
. Ondes longitudinales (m/s) ..	3400 à 5500
Coefficient de polissage accéléré	0,50 à 0,60
Résistance à l'usure,	
. Essai Dorry (cm/km).....	0,54 à 1
Deval sec	8 à 14
Deval humide	5 à 10
Los Angelès (%)	25 à 35

DIORITE

Masse volumique apparente (g/cm ³)	2,80 à 3
Porosité (%)	0,2 à 2
Résistance à la compression (bar)	1400 à 2300
Résistance à la traction	
. Essai Brésilien	150
Vitesse du son	
. Ondes longitudinales (m/s)...	5500
Deval sec	11 à 21
Deval humide	5 à 7
Los Angelès (%)	15 à 20

MICROGRANITE et RHYOLITE

Masse volumique apparente (g/cm ³)	2,59 à 2,64
Porosité (%)	0,3 à 2,6
Résistance à la compression (bar)	1500 à 3400
Résistance à la traction	
. Essai Brésilien	180 à 250
. Traction directe	30 à 120
Module d'élasticité (10 ³ bar)....	700 à 800
Vitesse du son	
. Ondes longitudinales (m/s)...	5400 à 6000
Coefficient de polissage accéléré	0,45 à 0,55
Résistance à l'usure,	
. Essai Dorry (cm/km)	0,80
Deval sec	11 à 30
Deval humide	9 à 29
Los Angelès (%)	10 à 20

MICRODIORITE

Masse volumique apparente (g/cm ³)	2,69 à 2,89
Porosité (%)	0,2 à 2
Résistance à la compression (bar)	1600 à 3000
Résistance à la traction	
. Essai Brésilien	160 à 250
Module d'élasticité (10 ³ bar) ...	900 à 1000
Vitesse du son	
. Ondes longitudinales (m/s) ..	6100 à 6400
Coefficient de polissage accéléré	0,45 à 0,55
Résistance à l'usure	
. Essai Dorry (cm/km)	0,46 à 1,1
Deval sec	8 à 14
Deval humide	6 à 17
Los Angelès (%)	7 à 10

GABBRO

Masse volumique apparente (g/cm ³)	3
Porosité (%)	0,2
Résistance à la compression (bar)	1300 à 2300
Résistance à la traction	
. Essai Brésilien (bar)	150
Vitesse du son	
. Ondes longitudinales (m/s) ..	5500
Deval sec	22
Deval humide	7
Los Angelès (%)	15

Micro-gabbros et dolérites ont des caractéristiques supérieures.

QUARTZITE

Masse volumique apparente (g/cm ³)	2,65
Porosité (%)	0,5
Résistance à la compression (bar)	3600
Résistance à la traction	
.(Brésilien) (bar)	280
Module d'élasticité (10 ³ bar)....	910
Vitesse du son (m/s)	4700
Coefficient de polissage accéléré	0,50
Résistance à l'usure (cm/km)	0,40
Deval sec	20
Deval humide	18
Los Angelès (%)	15

(un grès sera d'autant moins résistant que sa porosité sera élevée)

TUF VOLCANIQUE

Masse volumique apparente (g/cm ³)	2,65 à 2,69
Porosité (%)	0,2 à 1
Résistance à la compression (bar)	1600 à 3200
Coefficient de polissage accéléré	0,45
Résistance à l'usure	
. Essai Dorry (cm/km)	0,28 à 0,82
Deval sec	15 à 27
Deval humide	6 à 29
Los Angelès (%)	9 à 16

SILEX

Les silex sont des accidents siliceux dans la craie, ils ne deviennent intéressants que concentrés par l'érosion dans les dépôts alluvionnaires.

Ils sont formés de calcédoine (assemblage de quartz fibreux très fin).

Masse volumique apparente (g/cm ³)	2,60
Porosité (%)	0,2
Résistance à la compression (bar)	4000
Résistance à la traction	
. (Brésilien) (bar)	500
Vitesse du son (m/s)	5500
Deval sec	18
Deval humide	25
Los Angelès (%)	19

CALCAIRE

Masse volumique apparente (g/cm ³)	Porosité (%)	Résistance à la compression (bar)	Vitesse du son (m/s)	Résistance à l'usure Dorry (cm/km)	Deval sec	Deval humide	Los Angelès (%)
1,50	40	60	1900		1	0,5	
1,80	30	140	2600		2	1	60
2,00	23	250	3200	10	3	1,5	56
2,20	16	400	3800	5	4	2	52
2,40	10	750	4500	3	6	3	44
{ 2,80	6	950	5000	2	8	4	38}
{ 2,60	3	1300	5400	1,5	10	5	32}
{ 2,70	0,5	1900	6000	1	12	6	26}

* Calcaires du Massif Armoricain

CORNEENNES

Masse volumique apparente (g/cm ³)	2,63
Porosité (%).....	0,2
Résistance à la compression (bar)	2200
Deval sec	18
Deval humide	10
Los Angelès (%)	15

GNEISS *

Masse volumique apparente (g/cm ³)	2,58 à 2,75
Porosité (%)	0,1 à 2
Résistance à la compression (bar)	1200 à 3000
Résistance à la traction (.Brésilien) (bar)	25 à 150
Vitesse du son (m/s)	2400 à 4000
Coefficient de polissage accéléré	0,55 à 0,62
Résistance à l'usure Dorry (cm/km)	0,60 à 0,80
Deval sec	12 à 18
Deval humide	6 à 9
Los Angelès (%)	15 à 30

Les leptynites et les orthogneiss ont des caractéristiques souvent meilleures

* Les gneiss (ou para-gneiss) sont d'anciennes roches sédimentaires alors que les orthogneiss sont d'anciennes roches éruptives.

Les principaux critères qui font qu'une roche donnée a de bonnes ou de mauvaises caractéristiques mécaniques sont les suivants :

- granulométrie : une roche à grains fins a de meilleures caractéristiques qu'une roche à grains grossiers (> 1 mm)

- cohésion entre les grains : cette cohésion peut être assurée soit par un ciment très résistant, soit par un bon engrenement des grains entre eux.

Des roches finement litées avec alternance de lits de différente nature minéralogique (par exemple, alternance de lits micacés et de lits quartzeux) donneront des granulats de qualité médiocre.

- composition minéralogique : la présence de certains minéraux tel que mica ou argile est un facteur défavorable pour la qualité du granulat.

De nombreux essais permettent de définir les caractéristiques, bonnes ou mauvaises, d'un granulat. Parmi ces essais, l'essai Micro-Deval qui mesure la résistance à l'usure et l'essai Los Angelès, qui mesure la fragilité sont les plus couramment employés. Les résultats de ces essais s'énoncent par un coefficient. Plus celui-ci est faible, meilleures sont les caractéristiques du granulat. Dans le cas présent, les formations géologiques retenues comme gisement potentiel sont susceptibles de fournir des granulats ayant des coefficients Los-Angelès < 25.

Il faut souligner qu'une bonne pierre de taille ne fait pas forcément un bon granulat routier ou a béton et réciproquement, les qualités exigées de l'un ou l'autre matériau n'étant pas les mêmes.

4.2 - BASSINS SEDIMENTAIRES PARISIEN ET AQUITAIN

Les caractéristiques géotechniques des calcaires jurassiques ne sont pas connues, il est donc difficile de dire si ils pourraient être utilisés à autre chose qu'à du remblai. Le pendage de ces formations est sub-horizontale avec des épaisseurs variables de 20 à 40m.

Les sables cénomaniens sont représentés par plusieurs formations, certaines essentiellement sableuses, d'autres sablo-graveleuses avec dragées de quartz de 1 à 2 cm mais toutes sont plus ou moins argileuses et ferrugineuses. Les épaisseurs varient de quelques mètres à plusieurs dizaines (jusqu'à 50 m). Elles comportent souvent des niveaux gréseux.

Elles sont surtout exploitées en Sarthe au Sud de la Ferté Bernard. La seule formation franchement graveleuse est constituée par les graviers de bases du Cénomaniens qui affleurent dans la région de LONGUE - JUELLES en Maine et Loire. Ce sont des graviers de quartz de granularité 0/20 à 0/30. Elle est très peu exploitée.

4.3 - FORMATIONS PLIOCENES

Ce sont des formations sablo-graveleuses, hétérogène, avec souvent des lentilles uniquement sableuses, toujours plus ou moins argileuses. La composition minéralogique est essentiellement quartzeuse. La granularité est variable de 0/5 à 0/30 voir 0/40. Elles sont principalement exploitées dans les régions de BLAIN (44), CHALLANS (85) et en Mayenne.

Elles se répartissent en deux grands type de gisements :

- des placages couvrant de vastes surfaces mais de faible épaisseur : 2 à 5 m. Ce type de gisement est relativement facile à cuber.
- des remplissages de dépressions, souvent d'origine tectonique. Dans ce type de gisement, l'épaisseur de gravier est extrêmement variable et peut varier très rapidement de quelques mètres à plusieurs dizaines (60 m dans le bassin de Nort S/Erdre). Le cubage de tels gisements nécessite évidemment des moyens importants en sondages et en géophysique et ceux qui sont suffisamment connus pour que l'on puisse avancer une estimation reste l'exception.

4.4 - FORMATIONS QUATERNAIRES

4.4.1 - Les terrasses de l'Huisne de la Sarthe et du Loir

Trois niveaux de terrasses, basse, moyenne et haute peuvent fournir des granulats, mais seule la basse terrasse, exceptionnellement la moyenne, est exploitée. Ces trois terrasses sont essentiellement composées de silex, de granularité 0/50 mais la moyenne terrasse est assez argileuse, ce qui implique un lavage du matériau et en outre, la géométrie du gisement est assez irrégulière.

Il faut toutefois préciser que les matériaux de la moyenne terrasse, une fois lavés, sont d'aussi bonne qualité que ceux de la basse terrasse. La haute terrasse est souvent très dégradée avec de faibles épaisseurs de matériau.

4.4.2 - Les terrasses de la Mayenne et de l'Oudon

Ces terrasses se différencient des précédentes, d'une part par une extension beaucoup plus réduite, mais surtout par un matériau différent. Elles sont en effet composées de galets de roches variées : granite, grès, quartzite, schiste, etc... et sont d'une granulométrie beaucoup plus hétérogène.

4.4.3 - Terrasses de la Loire

Localisées sur la rive Nord de la Loire, en face Saumur et le confluent de la Vienne, elles sont composées de sables grossiers ± argileux et graveleux.

4.4.4 - Sables de Loire (voir annexe 1)

Contrairement aux précédents, le sable de Loire a été essentiellement exploité dans le lit vif à l'aide de péniche équipée de bennes preneuses ou de suceuses, de suceuses sur pontons ou encore de draglines. Ce n'est que depuis quelques années que des exploitations ont été ouvertes à terre, dans le lit moyen. Les sables exploités en lit vif ont une granularité de l'ordre de 0/10.

Contrairement à ce qu'on pourrait croire, les ressources en sable du lit majeur sont très limitées en raison du mode d'alluvionnement de la Loire (voir annexe 1).

4.4.5 - Autres formations

Il faut mentionner deux autres formations, qui, si elles ne peuvent pas être utilisées en granulat à béton, ont par contre des utilisations en techniques routières :

- sables Sénonien et Eocène : ce sont des sables fins (0/1 à 0/2) quartzeux, parfois très propres, parfois ± argileux que l'on rencontre en Maine et Loire, Sarthe et Mayenne, avec des épaisseurs pouvant atteindre 15 m.

- les faluns : ce sont des sables calcaires, composés d'un amas de coquilles brisées. Ils comblent des dépressions, au Nord et au Sud de la Loire en Maine et Loire. Leur épaisseur peut atteindre une quinzaine de mètres.

4.4.6 - Sables marins

De très importants gisements de sables siliceux ont été trouvés au large des côtes. Leur cubage a été réalisé par l'IFREMER selon les critères suivants :

- profondeur : < 30 m
- teneur en coquille : < 30 %
- pas de frayères, de câbles sous-marins et à l'écart des routes maritimes et des champs de tir de la marine.

5 - REPARTITION DE LA PRODUCTION

Le tableau ci-après résume les principales caractéristiques de la production de granulats en Pays de Loire.

REPARTITION DE LA PRODUCTION DE GRANULAT EN PAYS DE LOIRE

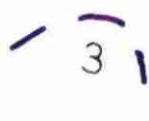
DEPARTEMENTS	ROCHES MASSIVES en tonnes	NOMBRE DE CARRIERES	SABLE ET GRAVIER en tonnes	NOMBRE DE CARRIERES
LOIRE ATLANTIQUE	7.040.000	34	76.000	21
MAINE ET LOIRE	3.983.000	16	1.213.000	36
MAYENNE	3.170.000	14	400.000	5
SARTHE	1.367.000	5	2.152.000	84
VENDEE	7.422.000	32	554.000	10
TOTAL 1	22.982.000	101	4.395.000	156
SABLE DE LOIRE 44 + 49			2.155.000	
SABLE MARIN 44 + 85			1.930.000	
TOTAL 2	22.982.000		8.480.000	
Calcaire tendre Faluns	123.000	7	475.000	13

Cette production se répartit en bassin de taille variable comme le montre la figure 2, les principaux pôles de consommation étant évidemment les grandes villes.

D'après une rapide enquête menée auprès des exploitants, il apparaît que certains secteurs sont exportateurs de matériaux. C'est en particulier le cas des secteurs 1-7-8-11 et 19 qui exportent des granulats de roche massive vers les départements limitrophes et pour le 1 et le 19, vers la région Parisienne. Les secteurs 4 et 13 exportent des sables et graviers vers les départements limitrophes. Enfin, les sables marins alimentent la Loire-Atlantique et la Bretagne, la Vendée et les Charentes.

LEGENDE



- ▲ *Carrière de roche massive*
- *Carrière de sable-gravier, falun*


 *Limite de bassin de production
n° du bassin*

Production globale du bassin de production

- ▲ *1-roche massive*
- *2-sable, gravier*
- ▲ *calcaires tendres*

Direction des exportations du bassin de production avec valeurs du tonnage exporté

-  *1-intra pays de loire*
-  *2-hors pays de loire*

 *Estimation des réserves autorisées d'un
secteur donné en années: 1 division=2ans
le nombre indique le tonnage (en milliers
de tonnes)*

? *Données sur les réserves insuffisantes*

Sur cette figure est également représentée la durée de vie estimée en fonction de la production 1990 des réserves autorisées par secteur (elle n'a pas été faite pour la Loire -secteur 10- puisque l'exploitation s'arrête en 1992). Si les carrières de roches massives n'ont pas de problème de réserve, par contre, certains secteurs fournisseur de graviers ont des réserves très faibles, en particulier le secteur 15, vallée de la Sarthe et de l'Huisne dont les gisements sont en voie d'épuisement avec une durée de vie de l'ordre de 6 ans.

6 - ESTIMATION DES RESERVES

Les réserves, selon que l'on s'intéresse aux roches meubles (graves alluvionnaires, faluns, sables) exploitées à la pelle, ou aux roches massives exploitées à l'explosif, ne peuvent pas être envisagées de la même façon, du moins dans le contexte des Pays de la Loire. En effet, les roches meubles, sauf exception, forment le plus souvent des gisements de faibles épaisseurs, entre 2 et 5 m, et leur exploitation entraîne une forte consommation de terrain. Par contre les roches massives, étant donnée la géométrie des gisements (voir § 3) peuvent être exploitées sur 60 m d'épaisseur, voir davantage.

A titre d'exemple, 20 ha de graves alluvionnaires représentent environ 1.000.000 de tonnes de matériau exploitable alors que la même surface en roche massive représente environ 17.000.000 de tonnes. On est donc amené, en ce qui concerne les roches meubles à prendre en compte l'ensemble du gisement (c'est la réserve géologique) et ensuite, à estimer quel pourcentage il sera possible d'exploiter effectivement (c'est-à-dire, la réserve potentielle) en plus des réserves déjà autorisées.

Avec les roches massives, seules sont à prendre en compte les réserves autorisées.

Une fois estimées les réserves et connaissant la production des carrières d'une région, il est possible d'estimer la durée de vie des carrières et de mettre en évidence les secteurs où peuvent surgir des problèmes à court ou moyen terme.

Une autre donnée à prendre en compte est celle de la date limite d'autorisation d'exploiter. En effet, sauf renouvellement de l'autorisation, la carrière doit cesser son activité à la date prévue, même si il lui reste des matériaux. A cet égard, le tableau ci-dessous montre qu'il existe une grande différence entre les carrières de roches massives et les exploitations de graves alluvionnaires.

LEGENDE



Cénomaniens



Alluvions



Pliocène



Monuments classés



Captages et prises d'eau



Sites écologiques



Vignobles



BRGM

50km

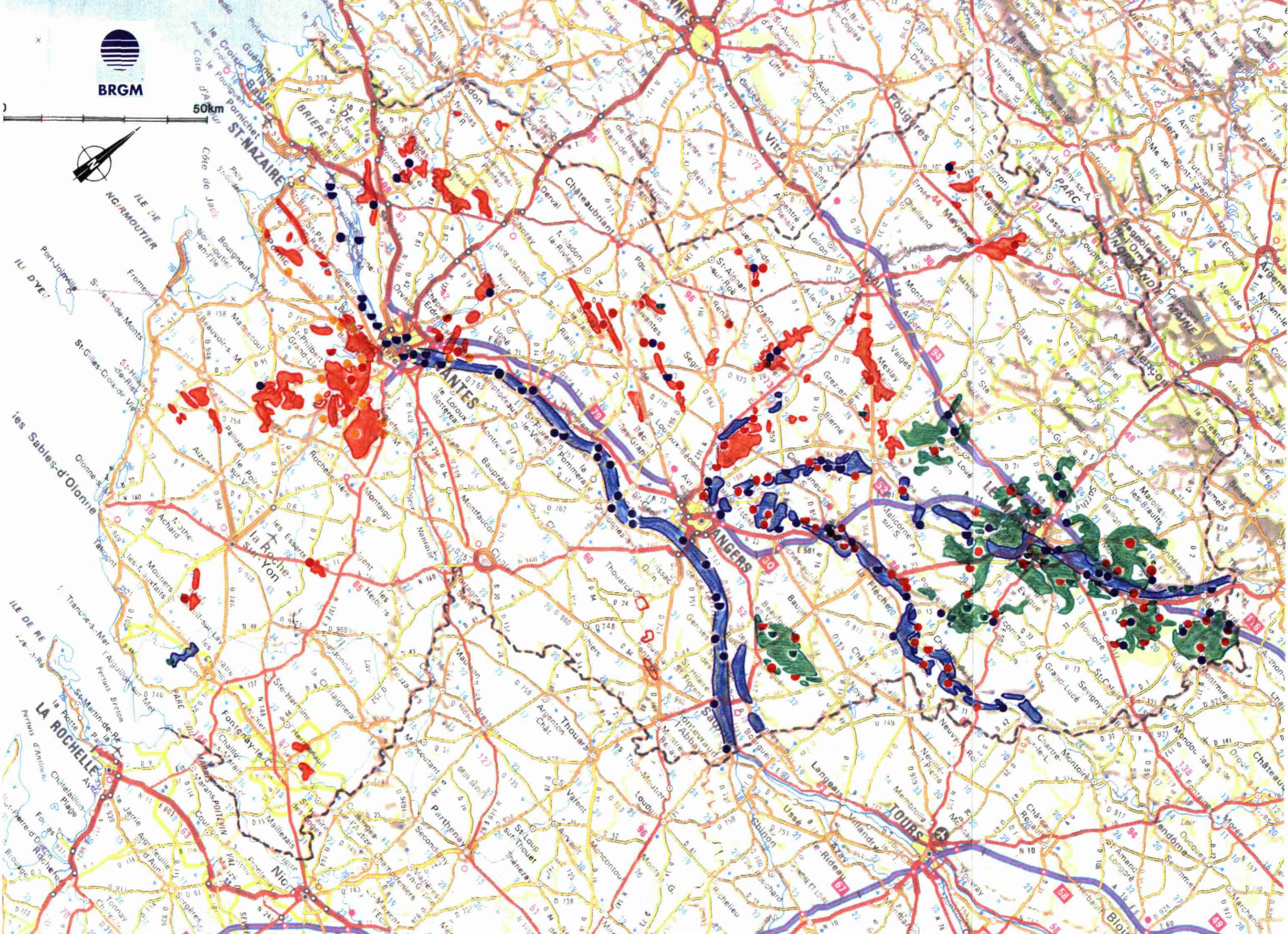


TABLEAU DES DUREES LEGALES D'EXPLOITATION

<u>ROCHES MASSIVES</u>		<u>SABLES ET GRAVIERS</u>	
< 5 ans	= 4 %	< 5 ans	= 42 %
5 à 10 ans	= 4 %	5 à 10 ans	= 29 %
10 à 20 ans	= 65 %	10 à 20 ans	= 22 %
> 20 ans	= 26 %	> 20 ans	= 6 %

On voit que si la plupart des carrières de roches massives n'ont pas, du point de vue légale, de risque de fermeture à court terme, il n'en est pas de même pour les sables et graviers, ce qui risque de poser des problèmes d'approvisionnement, puisque l'ensemble des gravières devant fermer d'ici 1995 produisent 1.608.000 T/an (chiffres 1990) soit 35 % de la production totale de sable terrestre (hors sable de Loire et sable marin) de la région. Le phénomène sera surtout sensible dans la Sarthe, où la fermeture de ces gravières va représenter 58 % de la production du département.

6.1 - ESTIMATION DES RESERVES DE SABLES ET GRAVIERS

La plupart des gisements de sables et graviers ont été étudiés et leurs réserves estimées au cours de différentes campagnes qui se sont déroulées de 1974 à 1981, la majorité de ces campagnes étant financées par la taxe parafiscale sur les granulats. Elles ont été faites soit par le BRGM seul, mais le plus souvent en association BRGM PAYS DE LA LOIRE et LRPC ANGERS. Enfin, l'une d'entre elle a été faite par GEOSCOP (fig. 3).

Les estimations qui ont été faites sont celles des réserves géologiques, mais on admet généralement que compte tenu de l'emprise des routes, des habitations, etc.... seulement 30 à 40 % de ces réserves pourraient théoriquement être exploitées. En fait, les problèmes fonciers et le fait que la plupart des communes soient couvertes par un Plan d'Occupation des Sols (1) amène à réduire considérablement ce chiffre. Une précédente étude faite sur le département de la Sarthe en 1989 montre que la part réservée à l'extension des carrières dans les P.O.S. varie de 2 à 9 % de la réserve géologique avec une moyenne de 5 %. C'est ce dernier chiffre qui a été retenu pour estimer les réserves potentielles, c'est-à-dire, celles qui pourront être réellement exploitées. Ceci, à condition bien entendu, que toutes les communes qui ont un gisement de sable sur leur territoire acceptent de réserver dans les P.O.S. quelques parcelles pour de futures carrières. Les tableaux ci-contre donnent les principales caractéristiques et les réserves des différents gisements.

(1) à titre indicatif, les communes couvertes par un P.O.S. en Loire-Atlantique et Maine et Loire, représentent respectivement 100 % et 70 %

TABLEAU RECAPITULATIF DES DIFFERENTS
TYPES DE GISEMENTS DE SABLE

Type de gisement	Nature du matériau	Granul.	Epais. en m.	Réserves Géol. millions de tonnes	Réserves pot. millions de tonnes	Observations
<u>LOIRE</u>						
lit vif	sable grossier propre	0/10				fin d'exploitation 1992
lit moyen îles	sable propre fin en surface		4 à 9	784,5 (523) (1)	39 (26)	
lit majeur	sable argileux lentilles d'argile		3 à 16	61,5 (41)	3 (2)	gisements hétérogènes
terrasses	sable grossier ± argileux et graveleux	50 à 70% > 5 mm	2 à 8	168 (112)	8,4 (5,6)	
entretien du chenal NANTES-ANGERS	sable grossier				0,15 (0,10/an)	
travaux pour l'écoulement des crues	sable grossier				7 à 8 (4,8 à 5,5)	soumis à autorisation préfectorale
<u>sables de mer</u>						
Paléo vallée de la Vilaine	sable siliceux coquille < 30 %				4.050 (2700)	
Banc de Guérande					4.050 (2700)	
Paléo vallée de la Loire					14.700 (9800)	3 gisements
Banc du Pilier					36 (24)	extension possible
Pertuis Breton et d'Antioche					4.200 (2800)	

(1) Les chiffres entre parenthèse donnent les volumes en millions de m³ (densité = 1,5)

TABLEAU RECAPITULATIF DES DIFFERENTS
TYPES DE GISEMENTS DE SABLE

Type de gisement	Nature du matériau	Granul.	Epais. en m.	Réserves Géol. millions de tonnes	Réserves pot. millions de tonnes	Observations
Alluvions de la Mayenne et de l'Oudon	graves ± argiles (grès, schistes, quartz, roches diverses)	0,25 à 0,40 + blocs	1 à 6	> 96 (>64)	4,8 (3,2)	
Pliocène de placage	graves sablo-argileuses	0,5 à 0,40	1 à 6	957 (638)	48 (32)	
Pliocène de Bassin	sables + argileux ou graves sablo-argileuse	0,5 à 0,40	5 à >60	?	?	Géométrie des gisements très mal connue
Cénomaniens (sables du Perche, du Mans, de Lamnay, etc)	sable ± argileux parfois graveleux, oxyde de fer		3 à 50	?	?	Réserves très importantes (zones boisées)
Graviers de base	sablo-graveleux (matière organique, oxyde de fer)	0/30	3 à 5 parfois > 10 m	277,5 (185)	13,8 (9,2)	(zones boisées)
Sénonien Eocène	sable fin siliceux ± argileux	0/2	10 à 15	?	?	Utilisable en technique routière
Falun	sable calcaire		2 à 14	103,5 (69)	5,1 (3,4)	Utilisable en technique routière

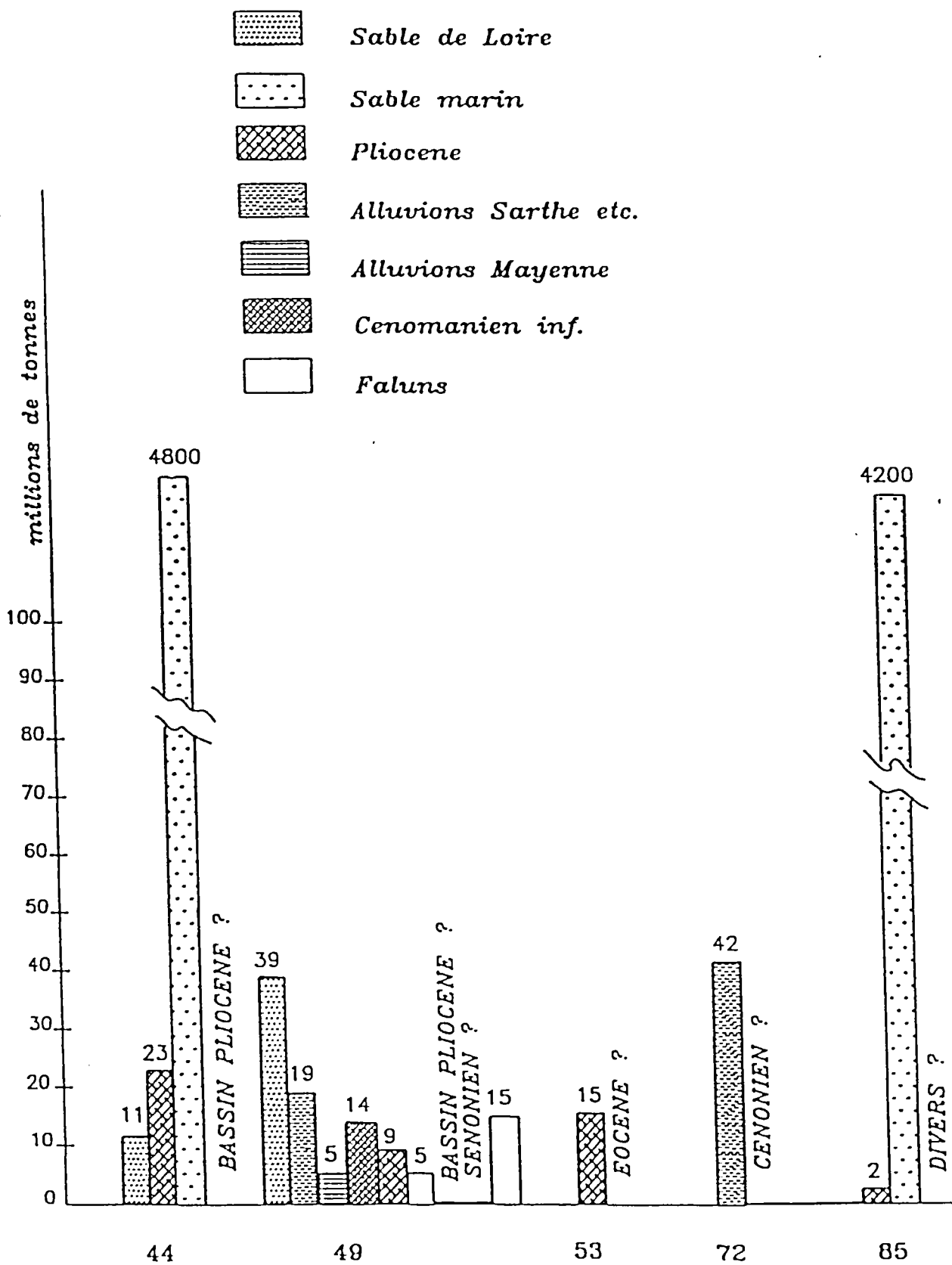
Total des réserves potentielles terrestres connues : (non compris travaux d'entretien du lit vif de la Loire et (faluns)

159 Mt soit entre 23 et 26 ans pour une production de 6 à 7 Mt/an (production 1990 non compris sable marin). A cela, on peut ajouter les bassins Pliocène et le Cénomaniens dont les réserves ne sont pas connues.

Total des réserves de sable marin : 27.681 Mt

Fig. 4

RESERVES POTENTIELLES DE SABLES ET GRAVIERS
PAR DEPARTEMENT
(en millions de tonnes)



On voit que les réserves de sables marins telles qu'elles ont été définies par l'IFREMER (voir § 4.4.6) sont sans commune mesure avec les réserves de sable terrestre, même augmentée du Cénomamien et des bassins Pliocène. La figure 4 montre la répartition des réserves par département. Celles-ci sont très inégalement réparties et si certains départements comme la Loire-Atlantique ou la Vendée peuvent faire appel aux sables marins, il n'en va pas de même pour la Mayenne et la Sarthe, où pour ce dernier, des problèmes cruciaux vont se poser à court terme nécessitant d'ores et déjà une réflexion à moyen et long terme, voire l'émergence de solution dans les toutes prochaines années.

6-2 - ESTIMATION DES RESERVES DE ROCHES MASSIVES

Ainsi que nous l'avons déjà vu, dans les roches massives, seules les réserves autorisées sont à prendre en compte.

Le tableau ci-dessous donne les réserves par département. Celles-ci sont d'ailleurs sous-estimées, faute de renseignements suffisants.

ESTIMATION DES RESERVES DE ROCHES MASSIVES

DEPARTEMENTS	RESERVES	
	en milliers de tonnes	en temps (1)
LOIRE ATLANTIQUE	> 91.642	> 13 ans
MAINE ET LOIRE	> 53.781	> 13 ans
MAYENNE	> 90.240	> 28 ans
SARTHE	43.619	48 ans (2)
VENDEE	> 382.621	> 51 ans
TOTAL	> 661.903	> 29 ans

(1) temps : réserves autorisées =

durée d'exploitation potentielle production annuelle (base 1990)

(2) voir rapport Etude technico-économique des réserves en granulat du département de la Sarthe -UNICEM - BRGM 1989

Ces chiffres montrent qu'il n'y a pas risque de pénurie dans le domaine des roches massives ce qui n'exclut pas pour autant l'apparition de problème à proximité des grandes villes ou dans le Nord de la Sarthe et de la Mayenne, soumises à la pression de la région parisienne, ce qui nécessite d'ores et déjà une réflexion à moyen terme afin qu'émergent des solutions dans les toutes prochaines années.

7 - IDENTIFICATION DES PROBLEMES POSES POUR L'APPROVISIONNEMENT EN GRANULAT

Un certain nombre d'éléments apparaissent qui risquent à court ou moyen terme, de soulever de gros problèmes dans l'approvisionnement de certains centres de consommation. Ces problèmes locaux risquent de se trouver encore aggravés par les énormes besoins en matériaux que vont susciter les grands travaux : autoroute Alençon - Le Mans - Tours
autoroute Nantes - Niort
autoroute Angers - Tours
TGV Le Mans - Angers
TGV Le Mans - Rennes
aéroport international.

Les principaux éléments perturbateurs sont les suivants :

- à court terme :

- 1) - arrêt de l'extraction des sables dans le lit vif de la Loire,
- 2) - épuisement des gisements de graves alluvionnaires autour du Mans,
- 3) - situation des carrières de roches massives dans la banlieue de Nantes.

- à moyen terme :

- 1) - l'absence de prise en compte dans les P.O.S. de l'élément "carrière" par certaines communes et notamment par celles qui ont des gisements actuellement non exploités sur leur territoire,
- 2) - le conflit de compétence entre l'exploitation d'eau et l'exploitation de matériau.

7.1 - CONSEQUENCE DE L'ARRET DES EXTRACTIONS DE SABLES EN LOIRE

En 1990, la Loire a produit sur les deux départements 44 et 49 : 2.155.000 T (respectivement 828.000 et 1.375.000 T) (en 1972, cette production était de l'ordre de 5 millions de tonnes au total). Ce sable d'excellente qualité est utilisé pour faire du béton ainsi que par les maraîchers qui en utilisent 200 à 250.000 T pour alléger, réchauffer et drainer les terres (1). Il a aussi été utilisé en énorme quantité pour faire des remblais (Ile Beaulieu, zones industrielles de la Basse-Loire, etc....). L'arrêt de l'extraction en 1992 va donc reporter la fourniture d'environ 2 MT (le service de la navigation estime que le seul entretien du chenal produira environ 150.000 T/an (2)), sur les sables terrestres.

Les réserves autorisées qui sont actuellement de 9 et 11 ans en Loire-Atlantique et Maine et Loire pour des productions respectivement de 76.000 et 1.213.000 T/an tombent à moins de 1 an en Loire-Atlantique et 5 ans en Maine et Loire.

Si l'on considère l'impact sur la surface de terrain consommé, cela représente 65 hectares/an pour un gisement de 2,5 à 3 m d'épaisseur (teneur d'environ 33.000 T/ha) à 27 hectares/an pour un gisement de 8 m d'épaisseur (teneur d'environ 78.000 T/ha). On voit que les conséquences ne sont pas négligeables et qu'au moins en ce qui concerne la Loire-Atlantique, une exploitation accrue des sables marins constituera pour le moins un choix certainement incontournable.

Il faut d'ailleurs considérer le recours aux sables terrestres comme une solution provisoire permettant la montée en puissance de l'exploitation des sables marins, puisque, on l'a vu précédemment, les réserves autorisées de sables terrestres sont en grande majorité inférieure à 10 ans et même à 5 ans pour près de 50 % des exploitations, et les réserves potentielles ne permettent pas un approvisionnement au-delà d'une vingtaine d'années.

-
- (1) Une étude à montré que des sables d'autres origines, moyennant qu'ils soient parfaitement propres et de granulométrie appropriée, pouvaient remplacer les sables de Loire.
 - (2) Les travaux pour l'écoulement des crues permettraient d'extraire 7 à 8 Mt sur 3 ou 4 ans, mais leur réalisation est trop aléatoire pour être prise en compte ici.

Ceci dit, le passage de l'exploitation des sables de Loire aux sables terrestres posent quelques problèmes techniques, qui sont résumés ci-dessous.

CONTRAINTES	SABLES DE LOIRE	SABLES TERRESTRES
Maitrise foncière	Néant - exploitation sur domaine public	obligatoire
Exploitation	par bateaux ou pontons flottants	pelles mécaniques, chargeurs, camions
Granulométrie	granulométrie régulière criblage minimum	granulométrie irrégulière - criblage obligatoire
Lavage	sable propre	matériaux ± argileux lavage obligatoire
Reconnaissance du gisement	néant	fortement recommandée
Etude d'impact	néant	obligatoire
Réaménagement	néant	obligatoire

7.2 - EPUISEMENT DES GISEMENTS DE GRAVES ALLUVIONNAIRES AUTOUR DU MANS

Le sujet a déjà été largement traité dans une précédente étude (Etude Technico Economique des ressources en granulat du département de la Sarthe - BRGM - UNICEM 1989). En résumé, on peut dire ceci :

- l'alimentation en granulat de l'agglomération Mancelle qui consomme environ 1.010.000 T/an de matériau est constituée à 75 % de graves alluvionnaires fournies par les terrasses de la Sarthe et de l'Huisne. Ces gisements sont en voie d'épuisement. Il reste environ 6 ans de réserves autorisées et environ une douzaine d'années de réserves potentielles. Une partie de la production a déjà commencé à se reporter sur la Vallée du Loir. Cette tendance ne va faire que s'amplifier au fur et à mesure de l'épuisement des gisements de la Sarthe et de l'Huisne. A cela s'ajoute la demande de l'agglomération Tourangelle qui est déjà de l'ordre de 358.000 T/an et qui va s'accroître en 1992, lors de l'arrêt des extractions de sables en Loire. Les réserves autorisées de la vallée du Loir étaient, d'environ 22 ans d'après les données de 1986 qui avaient servies de base à l'étude. Elles ne sont plus en 1990 que de 16 ans. En outre, si toute la production de la Sarthe et de l'Huisne se

reporte sur le Loir cela conduira à la consommation d'une quarantaine d'hectares par an, qui seront essentiellement des plans d'eau. Il va donc y avoir une pression de plus en plus forte sur les basses terrasses de cette vallée. Il serait donc souhaitable d'envisager la mise en exploitation des moyennes terrasses et du Cénomaniens bien que ce soit des gisements plus hétérogènes, argileux, qui nécessitent donc un lavage et une élaboration plus poussée et donc des matériaux plus chers. Toutefois, la solution la plus raisonnable, et la seule envisageable à long terme est le recours aux roches massives qui abondent dans le Nord et l'Ouest du département, mais dont certaines sont l'objet de contraintes importantes (forêt domaniale, parc régional, autorisation de défrichement).

7.3 - SITUATION DES CARRIERES DE ROCHES MASSIVES DANS LA BANLIEUE DE NANTES

La banlieue de Nantes compte 3 carrières qui fournissent environ 2 000 000 de t/an utilisées essentiellement dans l'agglomération nantaise. Ces carrières étaient à l'origine en rase campagne. Elles sont aujourd'hui en milieu fortement urbanisé, ce qui entraîne des rivalités de voisinage, et de fortes pressions s'exercent pour obtenir la fermeture de deux d'entre elles, ce qui risque de poser des problèmes sérieux pour l'approvisionnement de Nantes. Il manquera en effet 1 000 000 de tonnes par an.

Pour combler ce déficit deux solutions sont possibles :





- 1 - Comblement du déficit par les carrières existantes
- 2 - Déplacement des deux carrières en zones rurales.

lère solution : 9 carrières se trouvent entre 10 et 30 km (au-delà de 30 km, le transport double le prix du matériau) autour de Nantes. La plus proche est déjà sur une commune en voie d'urbanisation rapide et risque donc d'être soumise aux mêmes contraintes, surtout si elle doit augmenter sa production. Une autre ne dispose plus de beaucoup de réserve et en outre, sauf nouvelle autorisation, devra fermer ses portes dans les prochaines années. Ces deux cas exceptés, les 7 autres carrières, ont des durées de vie légale comprises entre 12 et 21 ans, et des réserves en matériau importantes. Elles pourraient donc théoriquement absorber ce surplus de production qui représente 140 à 150.000 t/an pour chacune. Pratiquement, le problème est plus complexe, car cela signifie que chacune de ces carrières augmente sa production actuelle de 15 % à 59 % selon les cas. Une telle augmentation de production ne se fait pas du jour au lendemain. Cela suppose un investissement en matériel, et même pour certaines carrières, une refonte complète de leur installation.




LEGENDE DES GITES POTENTIELS DE ROCHES DURES (≤ 25 Los Angeles)
 SECTEUR DANS UN RAYON DE 40 Km AUTOUR DE NANTES

-  1 Gneiss siliceux de l'Estunière
-  2 Gneiss du Greix
-  3 Orthogneiss et granite gneissique exploités à Rouans, Chauve, Sainte-Pazanne
-  4 Gneiss exploité à Donges
-  5 Mylonite et granite orienté exploités à Bouguenais, Cordemais, Herbignac
-  6 Leptynite et amphibolite de Paimboeuf exploités à Saint-Viaud
-  7 Leptynite et gneiss de la Ramee exploités à la Haye-Fouassière
-  8 Leptynite du Cellier exploité au Cellier et à Casson
-  9 Orthogneiss exploité à Petit-Mars
-  10 Amphibolite, éclogite et intercalations de gabbros et dolérite exploités à Saint-Philbert de Bouaine
-  11 Dolérite, gabbros exploités à Gorges
-  12 Microgranite et rhyolite
-  13 Calcaire paléozoïque exploité à Lire
-  14 Gneiss, leptynite du Pellerin exploités à Couéron et à Bouguenais
-  15 Cornéennes

LEGENDE (suite)

-  16 Spilite exploitée à Beaulieu/Layon, Ingrandes
-  17 Grès armoricain
-  18 Métagrauwacke de la série des Mauges exploitée à Chalonnnes
-  19 Granodiorite et diorite


Contraintes


-  Monument classé ou inscrit
-  Site classé ou inscrit
-  Puits, forage A.E.P.

Environnement


-  Etude biotope: Znieff existante ou en projet;
-  limites de secteur

Occupation du sol

-  Commune viticole


 Extension du vignoble

VERTOU

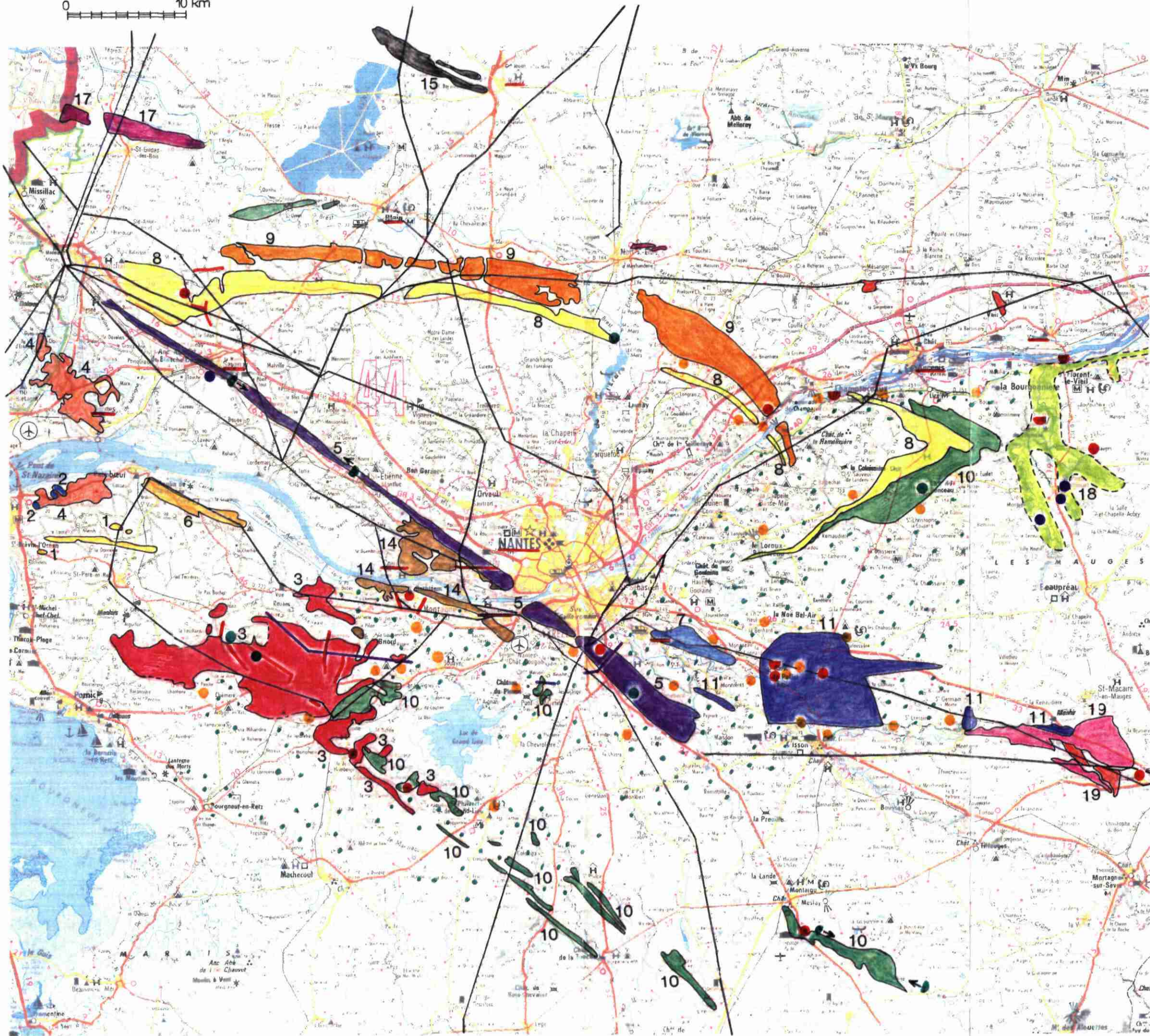
-  Tracé pipe-line

P.O.S. Toutes les communes de Loire-Atlantique sont couvertes par un P.O.S. à différent stade d'avancement

ANCENIS Traversée interdite aux poids lourds

-  Route communale interdite aux poids lourds

0 10 km



La 2ème solution consiste à déplacer les deux carrières en zone rurale, tout en restant à proximité de Nantes. Un examen de la carte ci-contre (fig. 5) montre que cela est pratiquement impossible en raison des diverses contraintes :

Contraintes géologiques :

Une étude effectuée en 1977 (possibilité d'alimentation en granulats de l'agglomération nantaise - BRGM Pays-de-la-Loire - L.R.P.C. Angers) avait montré que seules certaines formations géologiques étaient susceptibles de fournir des granulats ayant un coefficient Los Angeles < 25, c'est-à-dire des granulats de bonne à très bonne qualité. Ce sont ces formations qui figurent sur la carte ci-contre. Encore ne sont-elles pas uniformément exploitables. Localement l'hétérogénéité du gisement, la mauvaise qualité du matériau ou une trop forte découverte peuvent interdire l'exploitation.

Une autre contrainte importante est constituée par le vignoble du Muscadet classé en A.O.C. Une parcelle classée, même si elle n'est pas plantée de vigne ne peut avoir d'utilisation non agricole sans autorisation du Ministère de l'Agriculture. Il s'agit donc d'une contrainte très lourde qui a pratiquement pour effet de geler les gisements de gneiss de la Haie-Fouassière et le Gabbro du Pallet. Le seul secteur proche de Nantes, serait celui des Sorinières, sur la bordure Nord-Ouest de la forêt de Touffou, sous réserve de la bonne qualité du matériau, et bien que cette zone soit elle aussi en voie d'urbanisation. Si cette possibilité échouait, cela conduirait à reporter l'ouverture de nouvelles carrières soit vers le Nord, vers les communes de Petit Mars, St Mars du Désert, Casson (qui ont déjà des carrières), Héric, Bouvron, Campbon, ou vers le Sud dans le Pays de Retz (où il y a également des carrières). Dans tous les cas, ces nouvelles exploitations seront au minimum à 20 km de Nantes, avec en outre, pour le Pays de Retz, des routes très chargées en période estivale.

Enfin, il ne faut pas perdre de vue que l'ouverture d'une carrière importante (500 000 t/an) est une entreprise de longue haleine : constitution et acceptation du dossier, négociations foncières, étude du gisement et de l'installation, étude d'impact, etc...

En outre, étant donné l'importance de l'altération qui a sévit sur le Massif Armoricaïn, la roche totalement saine n'est généralement pas accessible avant 15 ou 20 mètres de profondeur. Il faut donc compter entre 3 et 5 ans, et un investissement dépassant 30 millions de francs entre le début des recherches et le moment où la carrière est en mesure de répondre aux besoins en quantité et surtout en qualité.

Enfin, dernier point, 1 Mt/an représente environ 26 000 voyages de camion de 38 tonnes, soit environ 100 voyages par jour ouvrable.

On voit donc que l'élimination des carrières de la banlieue nantaise constitue un problème majeur qui nécessitera beaucoup de réflexion et d'attention.

7.4 - ABSENCE DE PRISE EN COMPTE DANS LES P.O.S. DE L'ELEMENT
"CARRIERES" PAR LES COMMUNES QUI ONT DES GISEMENTS
NON-EXPLOITE SUR LEUR TERRITOIRE

L'examen des Plans d'Occupation des Sols montre que pratiquement, les seules communes qui prennent les carrières en compte dans leur P.O.S. sont celles qui ont déjà une exploitation en cours sur leur territoire. Cette absence de l'élément "carrière" dans les P.O.S. tient sans doute pour une part, au fait que les carrières, ont, à tort ou à raison, mauvaise réputation, mais sans doute, encore plus au fait que les communes sont souvent totalement ignorantes du potentiel de leur sous-sol. Ceci est très regrettable dans la mesure où les gisements de granulats n'étant pas renouvelables ils deviendront, par la force des choses, de plus en plus rare. Ne pas les réserver dans les P.O.S. risque de conduire à en geler un grand nombre de manière irréversible par la construction de lotissement ou d'équipement divers. Ceci est particulièrement dommageable dans le cas des sables et graviers qui pourraient dans bien des cas être exploités, le site pouvant ensuite être utilisé pour l'installation d'équipements divers.

7.5 - CONFLIT DE COMPETENCE ENTRE EXPLOITATION D'EAU ET
EXPLOITATION DE MATERIAU

L'exploitation d'un gisement pour l'eau ou pour les matériaux n'est pas un problème nouveau, mais il risque de se poser avec encore plus d'acuité dans les années à venir, surtout dans le lit moyen de la Loire et dans les bassins Pliocène. Il n'y a pas forcément incompatibilité entre ces deux types d'exploitation, mais chaque cas est un cas particulier qui doit être étudié en détail : bonne connaissance de la géométrie du gisement, du régime de la nappe et des risques de pollution ou d'interférence que l'exploitation de matériau peut induire sur l'exploitation d'eau. Ceci suppose des études minutieuses et ensuite un respect rigoureux des conditions d'exploitations des matériaux qui auront été définies à l'issue de ces études.

8 - INVESTIGATION - REFLEXION

L'alimentation en granulats de roches massives ne posent pas de problème dans la région des Pays de Loire, sauf le cas particulier des carrières de la banlieue nantaise, bien que des situations ponctuelles méritent attention (en particulier, la pression de la région parisienne sur la Mayenne et le Nord de la Sarthe) et que la situation actuelle globalement acceptable ne doit pas occulter le moyen et long terme. Les réserves globales reconnues en matériau sont abondantes, supérieures à 29 ans, pour une production de l'ordre de 23 MT/an et 91 % des carrières ont une durée de vie légale supérieure à 10 ans. Par contre, l'approvisionnement en sable et gravier, sauf recours massif aux sables marins, risque de devenir problématique à court terme, particulièrement en Sarthe où les réserves autorisées autour du Mans ne sont que de 6 ans. En outre, 42 % des carrières, verront leurs titres arriver à expiration sous 5 ans au plus sauf extension ou renouvellement des autorisations d'exploiter.

Cela représente 1.608.000 T/an ce qui ajouté aux 2.100.000 T/an de la Loire fait environ 50 % de la production totale.

Les réserves potentielles sont de 24 ans pour une production de 6 à 7 MT/an (4 à 5 Mm³, y compris les sables de Loire) mais ceci à condition que toutes les communes qui ont des gisements sur leurs sols acceptent de tenir compte des carrières dans leur P.O.S., ce qui pour l'instant est loin d'être le cas.

Si il n'y a pas de solution miracle, on peut du moins atténuer la pénurie en réservant les sables et graviers, même argileux, aux usages nobles. Il vaut mieux les laver que de les utiliser en tout venant, pour faire des remblais.

Le règlement du problème lié à l'approvisionnement en sable passe par :

- une reconversion des sablières intervenant actuellement dans le cours de la Loire,

- une meilleure utilisation du sable afin que ce matériau de qualité ne soit plus utilisé en remblais,

- le développement des carrières terrestres en place et l'ouverture de sites nouveaux,

- la valorisation des sables dits "de carrière" ("sous" produit du concassage), même dans le domaine agricole où leurs applications au maraîchage a donné des résultats performants à condition de fournir des sables très propres.

- par une nouvelle prise de conscience vis à vis des sables marins et tout d'abord la réalisation d'un livre blanc sur "cette pêche peu ordinaire" ne ménageant aucune investigation portant sur ses effets, les capacités de reconstitution, etc...

Le règlement du problème lié à l'approvisionnement en matériau concassé passe :

- en ce qui concerne le court terme par la mise en place rapide de relais aux exploitations les plus menacées de par leur environnement,

- en ce qui concerne le moyen terme par une prise de conscience générale de l'intérêt qu'il y a à considérer lors de l'élaboration des documents d'urbanisme les zones géologiquement intéressantes comme des éléments de la richesse nationale.

- d'une manière générale, par la mise en place de schémas départementaux de carrières qui intégreront les problèmes d'approvisionnement dans les départements de la Loire-Atlantique, du Maine et Loire et de la Sarthe.

- enfin, il est nécessaire d'engager dès à présent, une réflexion sur l'alimentation de la région parisienne, très forte consommatrice, à partir des gisements du Nord de la Sarthe et de la Mayenne.

9 - CONCLUSION

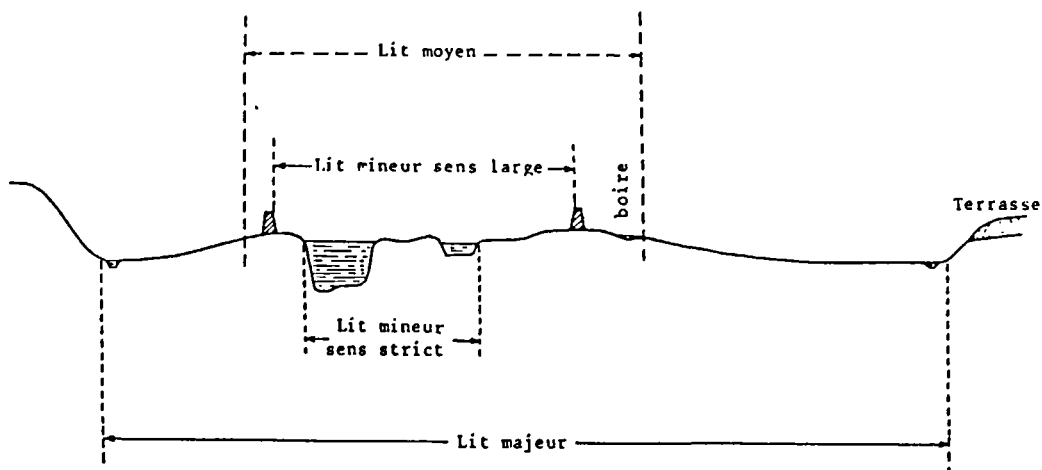
Dans ces conditions, chaque partie concernée doit se responsabiliser afin d'entamer localement les réflexions qui seront indispensables à la mise en place d'une politique de longue haleine dont l'objet sera d'assumer pour l'avenir les assises nécessaires au maintien de l'industrie extractive.

ANNEXES

ANNEXE

DESCRIPTION DU LIT DE LA LOIRE ET DE SON REMPLISSAGE ALLUVIAL

(d'après gisements de sables et graviers de la Basse Loire, BRGM - 75 SGN 196 BPL - JP. CLEMENT - Y. HERROUIN - JC. LIMASSET)



- Figure 1 -

Localisation des différents lits de la Loire

La figure ci-dessus schématise l'organisation du lit : transversalement, en allant du fleuve vers le coteau on peut distinguer actuellement quatre zones :

- le lit mineur où coule le fleuve actuel. C'est dans cette partie du lit que sont concentrés les sables les plus facilement exploitables. En période de moyennes et basses eaux, le lit mineur se limite tantôt à un chenal unique, tantôt, le plus souvent, à un chevelu de chenaux et de bras plus ou moins ensablés enveloppant les îles ;
- le lit mineur au sens large (s.l.), limité par les levées entre lesquelles coule le fleuve pendant les crues de plein bord, submergeant îles et berges. Le tracé des levées étant quelque peu arbitraire, la notion de lit mineur s.l. est artificielle et ne correspond pas à une limite géologique naturelle ;
- la zone d'alluvionnement sableux située au-delà des levées, correspondant pour l'essentiel à celle des "bourrelets de berge", ainsi qu'au remplissage de certaines boires par les sables transportés lors des crues. La limite externe n'en est pas toujours nette en raison du passage souvent progressif du dépôt des sables à celui des limons. En raison de son importance économique il convient toutefois de la distinguer, et nous lui donnerons par convention la dénomination de "lit moyen",
- le lit majeur, large localement de plus de 8 km (plus large encore si l'on inclut le domaine des terrasses anciennes) aujourd'hui remblayé par les alluvions du fleuve, ou parfois réduit à son lit actuel dans la traversée de cluses. Seules des crues exceptionnelles après rupture des digues peuvent envahir le lit majeur.

Essai de définition plus précise du lit moyen

Le lit moyen comprend les bandes sableuses qui encadrent le lit mineur. Leur formation est vraisemblablement le résultat de deux phénomènes différents :

- d'une part, le rattachement d'îles à la terre ferme par ensablement des bras secondaires ;

- d'autre part, l'action des crues qui seraient responsables de la formation du bourrelet sableux qu'on observe tout le long des rives du fleuve, sur le pourtour des grandes îles et le long de certaines "boires", anciens bras maintenant isolés dans la plaine. En effet, lorsque la Loire entre en crue, elle charrie une grande quantité de particules en suspension qui peuvent dépasser 1 mm de diamètre comme l'ont montré les études de Y. BABONAUX (1970). Dès lors que l'eau quitte le lit mineur pour se répandre dans la plaine, elle perd de sa vitesse et dépose ses éléments les plus grossiers, ne conservant que les limons qui vont se déposer plus loin, dans le Val. Le fait que les bourrelets soient constitués presque exclusivement de sable fin de moins de 1 mm de diamètre semble confirmer cette hypothèse.

(Le schéma n'est plus valable dans la zone de l'estuaire, à l'aval de NANTES où le mouvement des marées modifie complètement les phénomènes de sédimentation).

Les îles

Incluses ici dans le lit mineur, les petites îles peuvent s'apparenter en ce qui concerne la granulométrie et la nature du sable, aux franges marginales sableuses du lit moyen, lui-même souvent constitué en effet d'un chapelet d'anciennes îles.

Leurs berges, parfois érodées, laissent voir presque exclusivement du sable plus ou moins limoneux jusqu'au niveau de l'eau, sur une hauteur de 1 à 3 m, et sous un recouvrement arable généralement inférieur à 1 m. Les forages y ont démontré la présence de fortes épaisseurs de sable.

Dans les grandes îles comme à CHALONNES, la présence de sable en subsurface est moins évidente. On y retrouve certains caractères de lit majeur : recouvrement limoneux et grande platitude dans la zone médiane. L'existence de fortes épaisseurs de sable y est cependant démontré par quelques sondages.

Tentative d'explication de la profondeur du lit ancien de la Loire et de la nature de son remplissage alluvial.

Au Quaternaire ancien, au moment de la régression préflandrienne, le niveau de la mer était très en-dessous du niveau actuel (à -90 m au moins, peut-être à -160 m selon certains auteurs). pour rejoindre ce niveau de base, la Loire a dû creuser une large vallée, beaucoup plus profonde que l'actuelle. Ensuite, au fur et à mesure de la remontée du niveau marin, le fleuve a remblayé son lit.

La base du remplissage alluvial du lit ancien est constitué de sables et graviers qui témoignent d'une phase initiale d'alluvionnement de type torrentiel. Souvent très épais dans la région nantaise au sens large, ils se réduisent à une épaisseur de 3 à 4 m entre ANGERS et SAUMUR.

Ensuite le stationnement du niveau marin conduit le fleuve à serpenter dans sa vallée en méandres paresseux. A cette phase de sédimentation correspondent des vases compactes, de couleur sombre, noire ou vert-foncé, souvent riches en végétaux (feuilles, débris de bois), parfois mouchetées de taches bleues (vivianite). Elles sont toujours un peu sableuses. C'est cette proportion de sable qui explique la semi-perméabilité, très variable, de cette formation appelée "jalle" qui n'apparaît qu'à l'aval de MONTSOREAU. La phase terminale de l'alluvionnement marque une reprise de la sédimentation sableuse : en général sables argileux et limons dans le lit majeur, sables propres dans les lits moyen et mineur.

Quand on compare les coupes du lit de la Loire on s'aperçoit que les lentilles de "jalle" sont très souvent absentes, et en tous cas moins épaisses et moins nombreuses sous le lit mineur. Il n'est donc pas impossible qu'il y ait eu une certaine permanence de courants plus forts et donc de dépôts plus grossiers pendant toute la durée du remplissage de la vallée ancienne.

En bref, les alluvions comblant le lit ancien de la Loire sont constituées de haut en bas par :

- . des sables et des limons supérieurs argileux dans le lit majeur ;
- . des sables supérieurs propres dans les lits moyen et mineur ;
- . des vases argileuses compactes (jalle) toujours un peu sableuses en lentilles, souvent d'épaisseur moindre sur le lit mineur ;
- . des sables et graviers dits "de base des alluvions" d'épaisseur également irrégulière, et dont la granulométrie, comme celle des sables supérieurs, diminue d'amont en aval.

La figure ci-dessous illustre de façon schématique la disposition des alluvions

Localisation des différentes zones
retenues pour le calcul des cubages

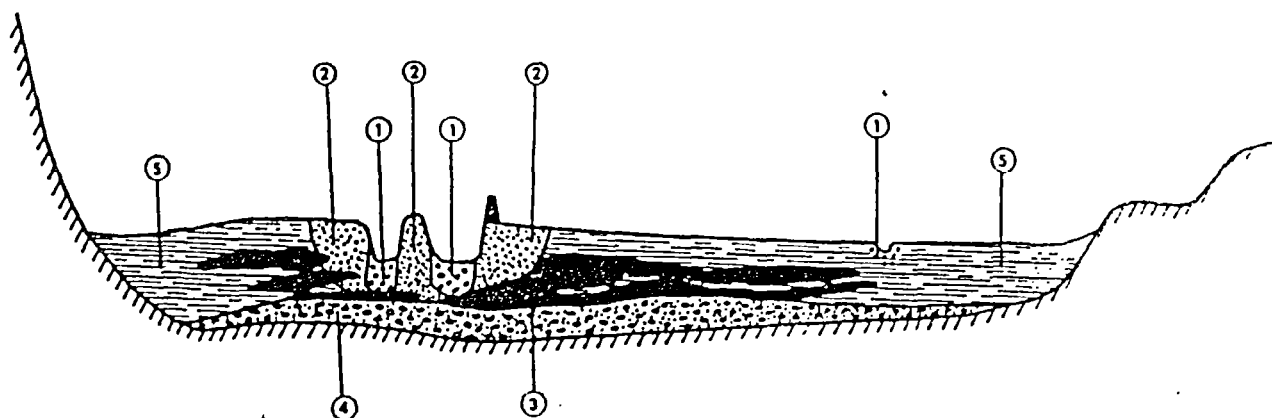


Figure 2 - organisation schématique du remplissage alluviale

- 1 - sable supérieur, grossier du lit mineur (chenal et bras mort éventuellement, boires du lit majeur)
- 2 - sable supérieur, fin (0/1) du lit moyen et des îles
- 3 - jalle : argile noire, sableuse, lenticulaire. Plus épaisse sous le lit majeur que sous le lit mineur
- 4 - sables et graviers de base, très grossiers, épaisseur très variable
- 5 - limons argileux plus ou moins sableux du lit majeur.