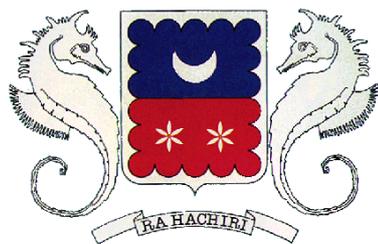


Collectivité Départementale de Mayotte



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



SCHÉMA DES CARRIÈRES DE MAYOTTE RAPPORT

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM (fiche 01RES110)

Juillet 2002
Rapport BRGM/RP-51723-FR
2002 MAYOTTE 02



Collectivité Départementale de Mayotte

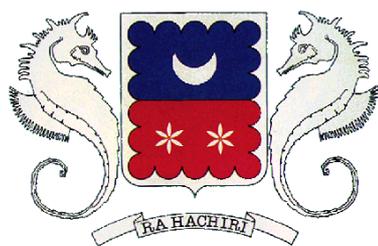


SCHÉMA DES CARRIÈRES DE MAYOTTE RAPPORT

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM (fiche 01RES110)

R. Mouron

Juillet 2002
Rapport BRGM/RP-51723-FR
2002 MAYOTTE 02



Mots-clés : Schéma des carrières, environnement, granulats, argile, pouzzolane, Mayotte

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

MOURON R. (2002) : Schéma des Carrières de Mayotte. – Rap. BRGM/RP 51723- FR – 2002 MAYOTTE 02, 63 p., 4 fig., 17 tab., 2 annexes

© BRGM, 2002

SOMMAIRE

PRÉAMBULE	5
RÈGLEMENTATION.....	6
1. Législation actuelle.....	6
1.1 Ordonnance n° 2000-914 du 18 septembre 2000	6
1.2 Loi n° 2001-616 du 11 juillet 2001	8
2. Rappel sur la législation des carrières en France métropolitaine.....	8
3. Propositions pour une application mahoraise de la législation sur les carrières	10
4. Schéma des carrières.....	12
4.1 Définition du mot "carrière"	12
4.2 Rappel sur la notion de schéma départemental des carrières.....	12
4.3 Propositions pour un schéma des carrières à Mayotte	13
LE MARCHÉ DES MATÉRIAUX À MAYOTTE.....	16
1. Préambule	16
2.Satisfaction des besoins actuels	16
2.1 Le poids de la population.....	16
2.2 La consommation actuelle en granulats	17
2.3 Consommation actuelle de "terre" pour blocs de terre comprimée (BTC).....	18
2.4 Importations - exportations.....	19
2.5 Substitution	20
3. Estimation des besoins à l'horizon 2010.....	21
3.1 Evolution de la population.....	21
3.2 Poids des grands travaux.....	23
LES RESSOURCES.....	25
1. Préambule	25
2. Les ressources mahoraises.....	26
2.1 Les laves massives "saines"	27
2.2 Les laves massives "altérées"	30
2.3 Les formations argileuses d'altération	31
2.4 Les roches à potentiel pouzzolanique	32
3 Carrières actuelles.....	34
4 Qualité des ressources.....	34
4.1 Granulats.....	34
4.2 Argiles.....	35

4.3 Roches à caractère pouzzolanique	36
5 Conclusion.....	37
LES TRANSPORTS	38
1. Transports routiers	38
1.1 Nuisances et inconvénients	38
1.2. Orientations à privilégier.....	38
2.Cabotage.....	39
3. Ouverture d'une carrière sur la côte ouest	39
LA PRÉSERVATION DE L'ENVIRONNEMENT.....	40
1. Préambule	40
2. Points de prélèvement d'eau potable	41
3. Sites archéologiques	42
4. Forêt.....	43
LES PROBLÈMES LIÉS À LA REMISE EN ÉTAT	45
1. Impact des carrières existantes sur l'environnement	45
1.1 Impacts de l'activité "carrière"	45
1.1.1 Impacts sur l'atmosphère	45
1.1.2. Impacts potentiels sur les paysages et le patrimoine culturel et cultuel.....	47
1.1.3. Impacts sur les milieux aquatiques.....	49
1.1.4. Impacts sur les milieux naturels	49
1.2 Potentialités de l'après-exploitation	49
2. Orientations à privilégier pour le réaménagement des carrières	49
2.1 Cadre général.....	49
2.2 Le choix du type de réaménagement	50
2.2.1 Les facteurs techniques	50
2.2.2 Les facteurs environnementaux.....	51
2.2.3 Les facteurs liés à la gestion.....	51
2.3 Principes généraux de remise en état	51
2.3.1 Les carrières en roches massives.....	51
2.3.2 Les carrières de roches meubles.....	57
2.4 Orientations pour Mayotte.....	58
ORIENTATIONS PRIORITAIRES ET OBJECTIFS À ATTEINDRE	59
BIBLIOGRAPHIE	62

LISTE DES FIGURES

Fig. 1	: Principe d'une carrière dite "en dent creuse".....	49
Fig. 2	: Les merlons végétalisés.....	54
Fig. 3	: Principe de reconstitution d'un sol.....	55
Fig. 4	: Talus hétérogène : habitat très diversifié = reconstitution d'un écosystème complexe = nombreuses espèces.....	58

LISTE DES TABLEAUX

Tabl. 1	: Evolution de la population, entre 1991 et 1997, sans double compte par commune.....	18
Tabl. 2	: Estimation de la consommation de granulats, par domaines d'utilisation, en 1997.....	19
Tabl. 3	: Importations mahoraises de ciment.....	20
Tabl. 4	: Principales importations de matériaux du BTP (hors ciments) pour la période mars 2000 – février 2001.....	21
Tabl. 5	: Evolution de la population mahoraise pour la période 1997 – 2010.....	23
Tabl. 6	: Augmentation de la consommation en granulats en fonction de la population, à l'horizon 2010.....	23
Tabl. 7	: Exemples de consommation de granulats selon l'infrastructure.....	25
Tabl. 8	: Principaux indices de roches volcaniques "saines".....	30
Tabl. 9	: Principales zones d'emprunt de laves volcaniques "altérées".....	32
Tabl. 10	: Résultats d'essais sur des matériaux argileux de Mayotte.....	33
Tabl. 11	: Principaux indices de roches à potentiel pouzzolanique.....	34
Tabl. 12	: Carrières en activité (permanente ou temporaire).....	35
Tabl. 13	: Caractéristiques géomécaniques de granulats produits à Mayotte, selon la carrière d'origine et la granulométrie.....	36
Tabl. 14	: Analyses diffractométriques des argiles de la butte est de Chirongui.....	37
Tabl. 15	: Points de prélèvement de surface d'eau potable à Mayotte.....	43
Tabl. 16	: Points de prélèvement d'eau potable par forage à Mayotte.....	43
Tabl. 17	: Sites archéologiques de Mayotte.....	44

PRÉAMBULE

Le Livre VI de la partie législative du Code de l'Environnement a rendu obligatoire la réalisation d'un Schéma des Carrières à Mayotte. Le présent schéma a été mis en œuvre avant que la législation ne l'impose. Il répondait à une volonté de la DIRAD (DIRection de l'Aménagement et du Développement) et de la Délégation à l'Environnement de trouver un consensus entre les ouvertures de carrière et la protection de l'environnement. Le BRGM, associé à un Comité de Pilotage, a été chargé de sa réalisation. La composition de ce Comité de Pilotage a été la suivante :

- **Préfecture**
- **Conseil Général**
- **Délégation à l'Environnement**
- **Direction de l'Agriculture et de la Forêt**
- **Direction de l'Equipement**
- **IEOM**
- **DTAC**
- **E.T.P.C.**
- **I.B.S.**
- **Société Riffay**
- **SIM**
- **SOGEA**

Le Comité de Pilotage a souhaité être associé à l'ensemble des thèmes étudiés et donc ne pas constituer de groupes de travail. 4 réunions se sont tenues dans les locaux de la Délégation à l'Environnement : les 25 mai 2000, 26 juillet 2000, 19 octobre 2000, 27 mars 2002. La dernière réunion de validation s'est tenue le 26 septembre 2002 à la Préfecture. Au cours de ces réunions, un certain nombre de ces services, détenteurs de données s'était engagé à les communiquer. Malheureusement cela ne s'est pas fait et hormis les données de production d'un carrier (ETPC), d'importations (en provenance du service des Douanes et de la Capitainerie de Longoni) ainsi que la mise à jour de la législation applicable à Mayotte (Délégation à l'Environnement), l'unique source, pour l'ensemble des autres données, a été le BRGM Antenne de Mayotte. Toutefois ces données ont été portées à la connaissance de tous les membres du Comité de Pilotage et aucune remarque ou observation n'a été formulée.

RÉGLEMENTATION

1. Législation actuelle

La législation sur les carrières actuellement applicable à Mayotte découle directement de la lecture du code de l'Environnement et de la loi 2001-616 du 11 juillet 2001.

1.1 Ordonnance n° 2000-914 du 18 septembre 2000

L'ordonnance n° 2000-914 du 18 septembre 2000, publiée au Journal Officiel du 21 septembre 2000, relative à la partie législative du code de l'environnement, précise, en son article 13, que cette dernière est applicable en Nouvelle-Calédonie, en Polynésie française, dans les territoires des îles Wallis et Futuna et des Terres australes françaises et à **Mayotte**.*

Les dispositions du code de l'environnement joint en annexe à cette ordonnance, stipulent que :

- **Dans le domaine des carrières :**
 - Livre VI, Titre V, Chapitre 5, article L. 655-1 rendant applicable à Mayotte plusieurs articles :
 - le L.511-1 dont le dernier paragraphe précise que "les dispositions du présent titre sont également applicables aux exploitations de carrières au sens des articles 1^{er} et 4 du code minier" ;
 - le L. 515.1 qui précise que "les exploitations de carrières sont soumises à l'autorisation administrative prévue à l'article L. 512.1 ("*Installations soumises à autorisation*") ;
 - le L. 515.2 instaurant une commission départementale des carrières ;
 - le L. 515.3 prévoyant un schéma départemental des carrières ;

* Cette ordonnance a abrogé, en son article 5 (paragraphe 33 et 34) les 2 ordonnances précédentes 92-1068 du 1^{er} octobre 1992 (imposant la réalisation d'une étude d'impact dans certains cas) et 92-1071 du 1^{er} octobre 1992 (rendant applicables à Mayotte, sous réserves de quelques ajustements, les dispositions applicables en métropole, à la date du 08 août 1992, de la loi 76-663 du 19 juillet 1976 modifiée, relative aux installations classées pour la protection de l'environnement et qui ne concernait pas les carrières inscrites au registre des ICPE par la loi n° 93-3 du 04 janvier 1993. C'est en se basant sur l'article 3 de cette ordonnance, qu'avait été pris l'arrêté n° 394 du 17 juin 1997 précisant la liste des ouvrages soumis à étude d'impact ainsi que les seuils relatifs aux carrières et affouillements : superficie supérieure à 1 000m² ou quantité de matériaux supérieure à 2 000 tonnes).

- le L. 515.4 rendant possible le refus d'une nouvelle autorisation si les obligations de remise en état d'une carrière précédemment autorisée ne sont pas satisfaites ;
- le L. 515.5 accordant un délai de 5 ans à compter du 14 juin 1994 pour la mise en conformité, vis-à-vis des obligations de garantie financière, des exploitations de carrières existantes à la date du décret rangeant les carrières dans la nomenclature prévue à l'article L. 511.2 ("nomenclature des installations classées établie par décret en Conseil d'Etat, pris sur le rapport du ministre chargé des installations classées après avis du Conseil supérieur des installations classées") ;
- le L. 515.6 précisant "qu'un décret en Conseil d'Etat déterminera les conditions particulières d'application aux exploitations de carrières des dispositions des articles L. 512.1 et L. 512.2 (*"Installations soumises à autorisation"*)" ;
- le L. 516.1 traitant des dispositions financières et prévoyant la constitution de garanties financières "destinées à assurer, suivant la nature des dangers ou inconvénients de chaque catégorie d'installations, la surveillance du site et le maintien en sécurité de l'installation, les interventions éventuelles en cas d'accident avant ou après fermeture, et la remise en état après fermeture".

- ***Dans le domaine des études d'impact***

- Livre VI, Titre V, Chapitre 1^{er}, article L. 651-5 : ... "les études préalables à la réalisation d'aménagements ou d'ouvrages qui, par leur importance de leurs dimensions ou leurs incidences sur le milieu naturel, peuvent porter atteinte à ce dernier, doivent comporter une étude d'impact permettant d'en apprécier les conséquences" ;
- Livre VI, Titre V, Chapitre 1^{er}, article L. 651-6 : "les modalités d'application de l'article L. 651-5, à l'exception de celles qui font l'objet de l'article L. 651-7, sont précisées par un décret en Conseil d'Etat. Celui-ci fixe notamment le contenu de l'étude d'impact qui comprend au minimum une analyse de l'état initial du site et de son environnement, l'étude des modifications que le projet y engendrerait et les mesures envisagées pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables pour l'environnement. Il fixe également les conditions dans lesquelles le ministre chargé de l'environnement pourra se saisir ou être saisi pour avis de toute étude d'impact" ;
- Livre VI, Titre V, Chapitre 1^{er}, article L. 651-7 : "Un arrêté du représentant du Gouvernement à Mayotte fixe :
 1. La liste des catégories d'aménagements, d'ouvrages et travaux dont la réalisation doit être précédée par une étude d'impact et les seuils et critères qui servent à les définir. Ces seuils ou critères pourront être modulés pour tenir compte de la sensibilité du milieu et des zones qui

bénéficient au titre de l'environnement d'une protection d'ordre législatif ou réglementaire ;

2. Les conditions dans lesquelles l'étude d'impact sera mise à la disposition du public" ;

1.2 Loi n° 2001-616 du 11 juillet 2001

La loi n° 2001-616 du 11 juillet 2001 relative à Mayotte (publiée au Journal Officiel n°161 du 13 juillet 2001) rend applicable à Mayotte le code de l'environnement

L'article 51 de cette loi modifie le Titre V du Livre VI du Code de l'environnement et en particulier :

- le paragraphe III, 1°, ajoute à la liste des articles applicables à Mayotte certains articles du titre II du Livre II, traitant de "Air et Atmosphère" ;
- le paragraphe IV, 1°, rend applicable à Mayotte, pour ce qui concerne de près ou de loin le thème "Carrières" les articles L. 310.1 (instaurant, à Mayotte, un inventaire départemental du patrimoine naturel), L. 321.8 ("les extractions de matériaux non visés à l'article 2 du code minier sont limitées ou interdites lorsqu'elles risquent de compromettre, directement ou indirectement, l'intégrité des plages, dunes littorales, falaises, marais, vasières, zones d'herbiers, frayères, gisements naturels de coquillages vivants et exploitations de cultures marines..."), L. 341.1 à L. 342.1 (sur les sites inscrits et classés et autres sites protégés), L. 350.1 (sur les paysages), L. 361.1 et L. 361.2 (sur les itinéraires de randonnée) ;
- le paragraphe V, 1°, rend applicable à Mayotte, sur le thème "Carrières" les articles L. 411.1 à L. 411.4 relatifs à la préservation du patrimoine biologique ;
- le paragraphe VI, 1°, rend applicable, parmi d'autres articles, à Mayotte, les articles L. 571.1 à L. 571.6 et L. 571.8 (lutte contre le bruit).

2. Rappel sur la législation des carrières en France métropolitaine

Afin de pouvoir comparer la situation des carrières à Mayotte avec ce qui passe en métropole, il est nécessaire de faire un bref rappel de l'évolution de cette législation.

- jusqu'en 1970, une simple déclaration avec récépissé à la mairie suffit. Cette notion de déclaration préalable a été introduite par la loi du 21 avril 1810 (avant cette date, les propriétaires pouvaient exploiter sans qu'il soit nécessaire d'obtenir une permission) ;
- de 1970 à 1979, l'ouverture de carrière est soumise à autorisation préfectorale préalable (loi du 2 janvier 1970). Le décret n° 71-792 du 20 septembre 1971 complète cette loi en

introduisant les premières dispositions relatives à la remise en état des lieux après exploitation ;

- de 1979 à 1993 le régime des carrières fait référence au décret n° 79-1108 du 20 décembre 1979. Ce décret rend obligatoire la mise à enquête publique de tous projets de carrière d'une superficie supérieure à 5 hectares ou d'une production annuelle maximale de plus de 150 000 tonnes. De plus, la demande d'autorisation comporte une étude d'impact au-dessus de ces seuils ou d'une notice dans les autres cas ;
- depuis 1994, les carrières sont considérées comme des installations classées et sont soumises à autorisation préfectorale avec enquête publique (loi n° 93-3 du 4 janvier 1993 dite loi "Saumade" et ordonnance n° 2000-914 du 18 septembre 2000, publiée au Journal Officiel du 21 septembre 2000 et relative à la partie législative du code de l'environnement).

La loi n° 93-3 du 4 janvier 1993 a transféré les carrières dans le champ d'application de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées. Ce nouveau régime est entré en vigueur le 14 juin 1994. Les principales clauses introduites concernent la généralisation du régime d'autorisation avec étude d'impact et enquête publique, la constitution de garanties financières, la limitation à 30 ans maximum des autorisations d'exploiter et la réalisation d'un schéma départemental des carrières.

Cette loi de 1993 a été complétée par un certain nombre de décrets :

- décret n° 94-484 du 9 juin 1994, modifiant le décret du 21 septembre 1977 pris en application de la loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement ;
- décret n° 94-485 du 9 juin 1994 inscrivant à la nomenclature des installations classées :
 - les exploitations de carrières au sens de l'article 4 du code minier ;
 - les opérations de dragages des cours d'eau et des plans d'eau (à l'exception des opérations présentant un caractère d'urgence destinées à assurer le libre écoulement des eaux) lorsque les matériaux sont utilisés et lorsqu'elles portent sur une quantité à extraire supérieure à 2000 tonnes ;
 - les affouillements de sols (à l'exception des affouillements rendus nécessaires pour l'implantation des constructions bénéficiant d'un permis de construire et des affouillements réalisés sur l'emprise des voies de communication), lorsque les matériaux prélevés sont utilisés à des fins autres que la réalisation de l'ouvrage sur l'emprise duquel ils ont été extraits et lorsque la superficie d'affouillement est supérieure à 1000 m² ou lorsque la quantité de matériaux à extraire est supérieure à 2000 tonnes ;
 - les exploitations, en vue de leur utilisation, des masses constituées par des haldes et terrils de mines et par des déchets d'exploitation de

carrières (à l'exception des cas visés à l'article 1er du décret n° 79-1109 du 20 décembre 1979 pris pour l'application de l'article 130 du code minier), lorsque la superficie d'exploitation est supérieure à 1000 m² ou lorsque la quantité de matériaux à extraire est supérieure à 2000 tonnes ;

- décret n° 94-486 du 9 juin 1994 traitant de la commission départementale des carrières ;
- décret n° 94-603 du 11 juillet 1994 précisant le contenu et la procédure d'élaboration du schéma départemental des carrières (les autorisations de carrières devront être compatibles avec les orientations et objectifs définis par le schéma) ;
- arrêté du 22 septembre 1994 traitant des exploitations de carrières et des installations de premier traitement des matériaux de carrières ;
- décret n° 96-18 du 5 janvier 1996 modifiant le décret n° 77-1133 du 21 septembre 1977, et précisant principalement la mise en place des garanties financières pour certaines activités, dont les carrières.

L'ordonnance n° 2000-914 du 18 septembre 2000, publiée au Journal Officiel du 21 septembre 2000 et relative à la partie législative du code de l'environnement reprend les termes de la loi n° 93-3 du 4 janvier 1993 (sauf son article 30 abrogé, excepté le quatrième alinéa du II).

3. Propositions pour une application mahoraise de la législation sur les carrières

La législation mahoraise relative aux carrières tend à se calquer sur la législation métropolitaine. Les dispositions de la partie législative du code de l'environnement soumettant les installations classées dont les carrières, à autorisation administrative, s'appliquent d'elles mêmes et remplacent toutes autres dispositions administratives.

Toute demande d'autorisation d'exploiter une carrière devra faire l'objet d'un dossier comprenant :

- un dossier de demande d'autorisation devant contenir au minimum :
 - un document par lequel le demandeur atteste être propriétaire du fonds ou tenir du propriétaire le droit de l'exploiter ;
 - l'indication de l'emplacement de la carrière, ses limites extrêmes et sa superficie, la ou les communes sur lesquelles doit avoir lieu l'exploitation, l'emplacement des installations et l'occupation du sol à la date de la demande d'autorisation ;
 - l'indication de la nature géologique et l'extension superficielle de la substance à extraire, l'épaisseur moyenne pour laquelle l'exploitation est projetée, la profondeur prévue, la hauteur totale du ou des fronts de taille, la nature et l'épaisseur moyenne des matériaux de recouvrement, leur volume, le volume totale

- des substances à extraire, la production annuelle moyenne prévue et la production maximale annuelle ;
- l'indication du mode d'exploitation, les moyens d'extraction et la destination de la substance à extraire ;
 - la date prévue pour la mise en exploitation de la carrière et la durée pour laquelle l'autorisation d'exploiter est demandée ;
 - si le demandeur bénéficie ou a bénéficié dans le passé d'autorisation d'exploitation de carrières, les dates desdites autorisations, les autorités qui les ont accordées, leur durée, les substances sur lesquelles elles portent et les communes où lesdites carrières sont situées ;
 - un mémoire exposant les risques que le projet fait courir à la sécurité publique et au personnel et justifiant les mesures prévues afin de prévenir et de limiter les risques en ce qui concerne tant la sécurité publique que la sécurité et l'hygiène du personnel ;
 - une carte au 1/25.000 ou à défaut au 1/50.000 sur laquelle sera indiqué l'emplacement de la carrière et des installations annexes.
- la réalisation d'une étude d'impact devant répondre aux 5 points suivants :
 - une analyse de l'état initial du site et de son environnement portant notamment sur les richesses naturelles et les espaces naturels agricoles, forestiers, maritimes ou de loisirs, ainsi que sur les biens matériels et le patrimoine culturel susceptibles d'être affectés par le projet ;
 - une analyse des effets directs et indirects, temporaires et permanents de l'installation sur l'environnement et en particulier sur les sites et paysages, la faune et la flore, les milieux naturels et les équilibres biologiques, sur la commodité du voisinage (bruits, vibrations, odeurs, émissions lumineuses) ou sur l'agriculture, l'hygiène, "la santé", la salubrité et la sécurité publiques, sur la protection des biens matériels et du patrimoine culturel. Cette analyse précisera également, en tant que de besoin, l'origine, la nature et la gravité des pollutions de l'air, de l'eau et des sols, le volume et le caractère polluant des déchets, le niveau acoustique des appareils qui seront employés ainsi que les vibrations qu'ils peuvent provoquer, le mode et les conditions d'approvisionnement en eau et d'utilisation de l'eau, si nécessaire ;
 - les raisons pour lesquelles, notamment du point de vue des préoccupations d'environnement, parmi les solutions envisagées, le projet présenté a été retenu ;
 - les mesures envisagées par le demandeur pour supprimer, limiter et si possible compenser les inconvénients de l'installation ainsi que l'estimation des dépenses correspondantes. Ces mesures font l'objet de descriptifs précisant les dispositions d'aménagement et d'exploitation prévues et leurs caractéristiques détaillées. Ces documents indiquent les performances attendues, notamment en ce qui concerne la protection des eaux souterraines, l'épuration et l'évacuation des eaux résiduelles et

des émanations gazeuses, ainsi que leur surveillance, l'élimination des déchets et résidus de l'exploitation, les conditions d'apport à l'installation des matières destinées à y être traitées, du transport des produits fabriqués et de l'utilisation rationnelle de l'énergie ;

- les conditions de remise en état du site après exploitation avec indication des coûts.

4. Schéma des carrières

4.1 Définition du mot "carrière"

Le décret n° 79-1108 du 20 décembre 1979 donne, en son article premier, paragraphe 2 la définition d'une carrière :

- "Est considéré comme exploitation de carrière l'extraction des substances visées à l'article 4 du Code minier à partir de leurs gîtes en vue de leur utilisation".

L'article 4 du Code minier (loi n° 77-620 du 16 juin 1977, art.2 – non applicable à Mayotte) stipule que sont considérés comme carrières les gîtes non mentionnés aux articles 2 et 3 (les gîtes mentionnés dans ces articles correspondent aux gîtes miniers et géothermiques). Très souvent la notion d'utilisation est remplacée par celle de commercialisation mais nous n'avons pu trouver trace de cette substitution dans la réglementation carrières.

En se basant sur cette définition toute exploitation de roche ou de terre ayant pour objectif l'utilisation des produits extraits doit être considérée comme étant une carrière. En particulier, au niveau de Mayotte, les prélèvements de "terre" entrant dans la confection des blocs de terre comprimée (BTC) répondent à cette définition et devraient donc être considérés comme des carrières.

4.2 Rappel sur la notion de schéma départemental des carrières

L'exploitation des carrières répond à un réel besoin économique mais constitue aussi un enjeu d'aménagement du territoire mahorais. Elle doit, d'une part, permettre de satisfaire les besoins actuels en assurant une disponibilité des ressources pour les générations futures et, d'autre part, préserver les intérêts majeurs de l'environnement tant dans le choix des sites que dans les techniques de réaménagement.

Le Code de l'environnement (articles L. 515.2 et L. 515.3 rendus applicables à Mayotte par l'article L. 655.1) prévoit la mise en place d'une commission départementale des carrières ainsi que la réalisation d'un schéma départemental des carrières.

Au niveau de la France métropolitaine et des départements d'Outre-Mer, le schéma départemental des carrières, prévu à l'article 8 de la loi n° 93-3 du 4 janvier 1993, modifiant la

loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 permet de concilier ces 2 thèmes, la satisfaction des besoins et la prise en compte de l'environnement :

"le schéma départemental des carrières définit les conditions générales d'implantation des carrières dans le département. Il prend en compte l'intérêt économique national, les ressources et les besoins en matériaux du département et des départements voisins, la protection des paysages, des sites et des milieux naturels sensibles, la nécessité d'une gestion équilibrée de l'espace, tout en favorisant une utilisation économe des matières premières. Il fixe les objectifs à atteindre en matière de remise en état et de réaménagement des sites.

Le schéma départemental des carrières est élaboré par la commission départementale des carrières et approuvé, après avis du conseil général, par le représentant de l'Etat dans le département. Il est rendu public dans des conditions fixées par décret.

Les autorisations d'exploitation de carrières délivrées au titre de la présente loi doivent être compatibles avec ce schéma".

4.3 Propositions pour un schéma des carrières à Mayotte

La réalisation d'un tel document au niveau de Mayotte est indispensable afin d'assurer une bonne gestion des ressources locales tout en préservant l'environnement. C'est la raison pour laquelle les services de la Préfecture ont décidé sa réalisation avant même qu'il ne soit imposé par la loi.

Ce schéma, après analyse sur les thèmes suivants :

- les ressources ;
- les besoins ;
- les modes d'approvisionnements ;
- les modalités de transport ;
- la protection du milieu environnemental ;

sera constitué d'une notice, d'un rapport et de documents graphiques.

• **la notice** présentera et résumera le schéma et permettra à des non-spécialistes de comprendre ses enjeux, ses orientations et ses objectifs ;

• **le rapport** intégrera l'ensemble des éléments définis ci-dessus et présentera :

- a) une analyse de la situation existante concernant, d'une part, les besoins du territoire et ses approvisionnements en matériaux de carrières et, d'autre part, l'impact des carrières existantes sur l'environnement ;
- b) un inventaire des ressources connues en matériaux de carrières en soulignant éventuellement l'intérêt particulier de certains gisements ;
- c) une évaluation des besoins locaux en matériaux de carrière dans les années à venir ;

- d) les orientations prioritaires et les objectifs à atteindre dans les modes d'approvisionnement de matériaux, afin de réduire l'impact des extractions sur l'environnement et de favoriser une utilisation économe des matières premières ;
- e) un examen des modalités de transport des matériaux de carrières et les orientations à privilégier dans ce domaine ;
- f) les zones dont la protection, compte-tenu de la qualité et de la fragilité de l'environnement, devra être privilégiée ;
- g) les orientations à privilégier dans le domaine du réaménagement des carrières ;

• **les documents graphiques** présenteront de façon simplifiée, mais explicite :

- les principaux gisements connus en matériaux de carrières ;
- les zones définies au f) ci-dessus ;
- l'implantation des carrières autorisées.

Le schéma fixera les orientations et objectifs qui devront être cohérents et compatibles avec les décisions concernant les carrières et les autres instruments planificateurs élaborés par les pouvoirs publics :

- le Schéma Régional d'Aménagement et de Développement du Territoire de Mayotte (SRADT) ;
- le Plan d'Aménagement et de Développement Durable (PADD) en cours d'élaboration ;
- les plans d'occupation du sol : lorsqu'un plan d'occupation des sols interdit l'exploitation de carrière et autorise, sur l'emplacement d'un gisement présentant un intérêt particulier, notamment un intérêt économique national, des usages du sol qui rendent pratiquement impossible son exploitation ultérieure, le plan d'occupation des sols peut être réformé, au besoin à l'aide d'une procédure d'intérêt général ; cette modification peut être mise en œuvre dès la publication du schéma départemental des carrières, sans attendre une demande d'exploitation de carrière ;
- et tout autre document de planification et d'aménagement

Le schéma sera ensuite soumis pendant deux mois à la consultation du public et approuvé, après avis du Conseil Général, par le représentant de l'Etat dans le territoire. La commission des carrières établira, au moins tous les trois ans, un rapport de suivi qui sera mis à la disposition du public.

Ce schéma sera révisé :

- lorsque son économie générale aura été modifiée, c'est-à-dire lorsque les conditions qui ont présidé à la définition de ses orientations et objectifs auront notablement évolué ;

Schéma des Carrières de Mayotte. Rapport

- lors de la publication d'autres documents de planification (en dehors des POS) incompatibles avec le schéma ;
- au terme d'un délai maximal de dix ans.

LE MARCHÉ DES MATÉRIAUX À MAYOTTE

1. Préambule

En 1999 le BRGM avait réalisé une étude portant sur "*L'inventaire et les perspectives de valorisation des roches et minéraux industriels à Mayotte*". 3 ressources possibles avaient été mises en évidence :

- les roches volcaniques "saines" ;
- les matériaux argileux ;
- les pouzzolanes et ponces.

En ce qui concerne les domaines actuels d'utilisation, cette étude en avait mis 2 en évidence :

- la production de granulats (pour béton et route) à partir de roches volcaniques "saines" et de ponces et pouzzolanes ;
- la production de blocs de terre comprimée (BTC) à partir de matériaux argileux et de sables (ou pouzzolanes).

Ces 2 domaines ne représentent pas les mêmes enjeux économiques pour la collectivité mais, peuvent tous les 2 générer des nuisances importantes au niveau de l'environnement.

Les autres produits de carrières, n'étant pas présents sur l'île, sont en totalité importés sous leur forme élaboré (ciment, verre, carrelage, sanitaire, etc).

2.Satisfaction des besoins actuels

2.1 Le poids de la population

L'île de Mayotte est composée de 71 villages répartis en 17 communes. Le dernier recensement remonte à 1997. Les résultats sont donnés dans le tableau n° 1 extrait de la revue "*Tableau Economique de Mayotte. 2000/2001*". Ce tableau montre un taux annuel de variation de la population, sur la période 1991 – 1997 de + 5,7 % en moyenne (variant de + 2,8 % à Boueni à + 9,1 % à Mamoudzou).

Commune	1991	1997	Taux annuel de variation 1991-1997 (en %)
Acoua	3 604	4 446	+ 3,5
Bandraboua	5 166	6 406	+ 3,6
Bandrélé	3 778	4 958	+ 4,7
Bouéni	3 959	4 673	+ 2,8
Chiconi	4 861	6 042	+ 3,7
Chirongui	4 121	5 144	+ 3,8
Dembéni	3 675	5 554	+ 7,1
Dzaoudzi	8 257	10 792	+ 4,5
Kani-Kéli	3 410	4 155	+ 3,3
Koungou	6 046	10 165	+ 9,1
Mamoudzou	20 307	32 733	+ 8,3
M'tsamboro	5 049	6 335	+ 3,8
M'tsangamouji	4 116	5 098	+ 3,6
Ouangani	3 191	4 838	+ 7,2
Pamandzi	5 370	7 040	+ 4,7
Sada	5 554	7 434	+ 5,0
Tsingoni	3 950	5 507	+ 5,7
Total	94 410	131 320	+ 5,7

Tabl 1 : Evolution de la population, entre 1991 et 1997, sans double compte par commune.

On peut remarquer que les 4 communes du nord-est de l'île (Mamoudzou, Koungou sur Grande-Terre et Dzaoudzi, Pamandzi sur Petite-Terre) représentent 60 730 habitants (soit 46,25 %). De même les communes situées au sud d'une ligne reliant Dembéni à Sada ne représentent que 36 756 habitants (soit 27,99 %). Ces 2 constatations démontrent l'important déséquilibre, observé en 1997, au niveau de la répartition de la population entre le nord et le sud de l'île.

2.2 La consommation actuelle en granulats

N'ayant pu obtenir des données que de la part d'une des deux entreprises productrices de granulats à Mayotte, les valeurs avancées ci-après proviennent d'extrapolations déduites des importations de ciment principalement (une autre méthode aurait consisté à prendre en compte les permis de construire mais l'importance de l'informel à Mayotte est telle que cette approche aurait été totalement erronée). L'étude de 1999 citée ci-dessus avait permis d'estimer la consommation mahoraise, en 1997, de granulats par domaines d'utilisation (cette estimation avait été établie à partir des importations de ciment de 1997 et d'estimations pour ce qui concerne le bitume). Nous avons actualisé cette consommation en 1998 et 2000. Les résultats sont regroupés dans le tableau n°2 :

Ce tableau appelle quelques remarques :

- pour l'estimation des granulats entrant dans la fabrication des bétons hydrauliques, nous avons considéré que la mise en œuvre d'une tonne de ciment mobilisait 6 tonnes de granulats ;

- pour l'estimation des granulat pour couches de roulement nous avons supposé une importation de bitume de 1 000 tonnes/an ;
- au niveau des granulats pour corps de chaussée, en 1997, il avait été considéré que la consommation de bitume correspondait à une chaussée neuve ne prenant pas en compte les réfections (la consommation estimée correspondait alors annuellement à 87,5 km d'une route de 6 m de large, ce qui paraissait beaucoup, le réseau routier revêtu, à Mayotte, n'étant que de 235 km : *Source : SRADT Mayotte juin 1997*). En 1998 et 2000, nous avons considéré que seulement 50 % des surfaces ayant reçu du bitume avaient nécessité des couches de fondation et de base ;
- au niveau des blocs de terre comprimée nous avons considéré que 50 % du sable utilisé provenaient du concassage de roches dures et 50 % de pouzzolanes.

	Consommation 1998		Consommation 2000	
	Tonnage (t)	Volume (m ³)	Tonnage (t)	Volume (m ³)
Bétons hydrauliques	330 000	180 000	350 000	195 000
Couches de roulement	19 000	10 500	19 000	10 500
Corps de chaussée	141 750	78 750	141 750	78 750
Blocs de terre comprimée	5 750	3 250	5 750	3 250
Total	496 500	272 500	516 500	287 500

Tabl 2 : Estimation de la consommation de granulats, par domaines d'utilisation, en 1998 et 2000.

Si on rapproche ces valeurs de l'unique chiffre de production en notre possession (350 000 t/an pour une entreprise), on peut remarquer une certaine cohérence, la différence provenant de la production de la seconde entreprise de production et du secteur informel.

Compte-tenu de ces remarques, on peut estimer la production mahoraise de granulats, en 1998, à 496 500 t/an, ce qui correspond à une **consommation annuelle par habitant de 3,72 t** (en prenant une population égale à 133 495 habitants conformément aux prévisions démographiques du SRADT). Par comparaison on peut rappeler que la consommation par habitant en France métropolitaine avait été, en 1997, de 6,1 t et qu'une étude réalisée en 1997 par le BRGM sur les besoins en granulats de l'île de la Réunion l'avait estimée à 5t/hab/an (le SDC de La Réunion avait estimé les besoins annuels en granulats variant entre 3,3 et 4,7 millions de tonnes, en fonction de la situation économique, ce qui correspond à des ratios compris entre 5 et 7,2 tonnes). En supposant une population mahoraise égale à 140 000 habitants en 2000, la consommation annuelle par habitant aurait peu changé (3,66 t).

2.3 Consommation actuelle de "terre" pour blocs de terre comprimée (BTC)

La "terre" utilisée est un mélange en proportions variables de graviers, sable, silt et argile, les proportions idéales étant de 65 à 75 % de sable et de 25 à 35 % d'argile. La fabrication de 90 BTC exige 2 brouettes (*notice technique n° 1.1 d'avril 1997 de la SIM*), soit 100 litres, de "terre". En 1997 la production mahoraise de BTC a été estimée à 3 millions de pièces ce qui correspond à une consommation d'environ 3 300 m³ de "terre".

2.4 Importations - exportations

Actuellement aucune importation ou exportation de granulats n'a lieu à Mayotte. Si les ressources de l'île (cf. chapitre Ressources) ne permettent pas d'envisager d'éventuelles exportations, la difficulté de trouver des roches massives de qualité et économiquement exploitables pourrait justifier, dans un futur plus ou moins lointain, des importations de granulats (en provenance de Madagascar ou des Comores par exemple).

Les seules importations actuellement réalisées à Mayotte, dans le domaine des matériaux de carrières, concernent des produits ayant déjà subi une transformation industrielle comme le ciment, les céramiques (carreaux de faïence, sanitaires, etc). Les importations de ciment sont rassemblées dans le tableau suivant (*Source : Statistiques du Port de Mayotte*) :

Année	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Importations de ciment (en t)	38 200	42 640	49 660	47 471	56 619	55 464	60 874

Tabl. 3 : Importations mahoraises de ciment.

A titre anecdotique, on peut noter une réexportation de 68 t de ciment en 2000.

La consommation de ciment croît régulièrement d'année en année, entraînant avec elle celle des granulats.

Pour ce qui est des autres produits du BTP importés, les statistiques, en provenance du Service des Douanes, pour la période mars 2000 – février 2001 sont résumés dans le tableau n° 4 :

N° nomenclature	Libellé	Importations en kg
2505-05-00	Sables siliceux et sables quartzeux	1 397
2505-90-00	Autres sables	197 789
2506-10-00	Quartz	215
2507-00-20, 2508-20-00, 2508-30-00, 2508-40-00	Kaolin, terres décolorantes et terres à foulon, argiles réfractaires et autres argiles	7 775
2509-00-00	Craie	90
2512-00-00	Farines siliceuses fossiles (kieselguhr, tripolite, diatomite) et autres terres siliceuses analogues, ...	62
2515-11-00	Marbres et travertins bruts ou dégrossis	75
2517-20-00	Macadam de laitier, de scories ou de déchets industriels similaires	3 230
2520-10-10	Plâtres de construction et autres	39 068
2522-10-00	Chaux vive	189
2522-20-00	Chaux éteinte	1 653
2713-20-00	Bitume de pétrole	95 950
6809-11-00	Planches, plaques, panneaux, carreaux et articles similaires, non ornementés revêtus ou renforcés de papier ou de carton uniquement et autres + autres ouvrages en plâtre	441 159

6810-11-90	Briques et blocs pour la construction non en béton léger	6 703
6810-19-90	Carreaux non béton	29 000
6810 91-10 et 90	Eléments préfabriqués pour le bâtiment ou le génie civil : éléments de planchers et autres	162
6904-10-00 et 90-00	Briques de construction et autres	10 169
6907-10-00	Carreaux et dalles de pavement ou revêtement, non vernissés ni émaillés en céramique : articles similaires, même de forme autre que carrée ou rectangulaire ...	347 617
6907-90-10, 91, 93 et 99	Carreaux doubles du type "Spaltplatten" , en grès, en faïence ou poterie fine et autres	1 246 116
6908-10-10 et 90	Carreaux et dalles de pavement ou revêtement, vernissés ou émaillés en céramique : articles similaires, même de forme autre que carrée ou rectangulaire, ... en terre commune ou autres	8 140
6908-90-11, 21, 29, 31, 51, 91, 93 et 99	Carreaux doubles du type "Spaltplatten" et autres, en grès, en faïence ou poterie fine ou autres	1 578 588
6910-10-00 et 90	Eviers, lavabos, colonne de lavabos, baignoires, bidets, cuvettes d'aisance, réservoirs de chasse, urinoirs et appareils fixes similaires pour usages sanitaires en céramique, porcelaine et autres	147 693
7019	Fibres de verre (y compris laine de verre) et ouvrages en ces matières (fils, tissus, par exemple	20 919

Sources : Service des Douanes.

**Tabl. 4 : Principales importation de matériaux du BTP (hors ciments)
pour la période mars 2000 – février 2001.**

A l'exception des produits en faïence ou céramique (carreaux, éviers, lavabos, etc.) les importation de produits du BTP sont peu importantes et leur fabrication sur place difficilement envisageable. Seule la fabrication de certains produits comme des carreaux ou des poteries en terre cuite pourrait être tentée.

Pour ce qui est des ciments, les chiffres globaux fournis par le Service des Douanes sur la période mars 2000 – février 2001 (53 775 tonnes) sont de 13 % plus faibles que ceux en provenance des services du port de Longoni (60 874 tonnes pour l'année 2000). En outre les données en provenance des Douanes en rangent 2 500 tonnes sous l'appellation "ciments non pulvérisés dits clinkers".

2.5 Substitution

L'île de Mayotte ne renferme aucun gisement, économiquement exploitable, de sables et graviers alluvionnaires roulés. La notion de substitution est associée au remplacement de ces sables et graviers alluvionnaires soit par des matériaux obtenus par concassage de roches massives soit par des sous-produits provenant d'activités industrielles (cendres volantes, mâchefers d'incinération d'ordures ménagères, etc.) soit par des matériaux de démolition.

A Mayotte la totalité des granulats utilisés est déjà obtenue par concassage de roches dures. Il n'existe pas d'unités industrielles générant des sous-produits pouvant se substituer aux

granulats. Même les "fraisats" routiers (matériaux provenant du démantèlement d'une chaussée lors de son renouvellement) sont généralement inutilisables compte-tenu des techniques anciennes de mise en œuvre (mise en place d'un revêtement épais de quelques centimètres sur des remblais hétérogènes constitués d'argiles rougeâtres et de blocs de basalte pouvant dépasser 20 cm).

Puisqu'il n'existe pas dans l'île de matériaux pouvant se substituer aux roches volcaniques concassées, les économies en granulats doivent être recherchées au niveau de leurs utilisations. Les 2 grands domaines d'utilisation des granulats sont le bâtiment et la route.

- Dans le domaine du bâtiment l'économie en granulats pourrait passer par un développement de la filière "terre" : BTC et briques en terre cuite (cette dernière activité n'existant plus dans l'île) ;
- Dans le domaine routier, il existe des méthodes permettant des traiter "in-situ" les sols en place évitant ainsi d'y substituer des granulats (traitement à la chaux de sols argileux) ou de valoriser des granulats de médiocre qualité (confection de graves-pouzzolanes-chaux). Ces possibilités ont été traitées dans le rapport BRGM R 40574 de mars 1999 *"Inventaire et possibilités de valorisation des matériaux naturels pour usage routier à Mayotte"* (paragraphe 7.3.3 : Traitements chimiques).

3. Estimation des besoins à l'horizon 2010

3.1 Evolution de la population

Les prévisions de l'INSEE pour 2010 varie de 230 000 habitants à 249 000 selon les hypothèses retenues (*Source : SRADT Mayotte de juin 1997*)

Commune	Population en 1997	Population en 2010 (hypothèse basse)	Variation (%)	Taux annuel de variation 1997-2010 (%)
Acoua	4 446	6 690	+ 50,47 %	+ 3,20
Bandraboua	6 406	9 915	+ 54,78 %	+ 3,45
Bandrélé	4 958	8 294	+ 67,29 %	+ 4,00
Bouéni	4 673	6 359	+ 36,08 %	+ 2,40
Chiconi	6 042	9 242	+ 52,96 %	+ 3,30
Chirongui	5 144	7 983	+ 55,19 %	+ 3,45
Dembéni	5 554	11 367	+ 104,66 %	+ 5,50
Dzaoudzi	10 792	16 915	+ 56,73 %	+ 3,50
Kani-Kéli	4 155	6 043	+ 45,44 %	+ 2,95
Koungou	10 165	22 818	+ 124,48 %	+ 6,45
Mamoudzou	32 733	64 961	+ 98,46 %	+ 5,40
M'tsamboro	6 335	9 990	+ 57,69 %	+ 3,55
M'tsangamouji	5 098	7 973	+ 56,39 %	+ 3,50
Ouangani	4 838	9 265	+ 91,50 %	+ 5,10

Commune	Population en 1997	Population en 2010 (hypothèse basse)	Variation (%)	Taux annuel de variation 1997-2010 (%)
Pamandzi	7 040	11 029	+ 56,66 %	+ 3,55
Sada	7 434	12 383	+ 66,57 %	+ 4,00
Tsingoni	5 507	9 551	+ 73,43 %	+ 4,30
Total	131 320	230 778	+ 75,74 %	+ 4,40

Tabl. 5 : Evolution de la population mahoraise pour la période 1997 – 2010.

L'examen de ce tableau amène un certain nombre de remarques :

- le taux annuel de variation de la population, qui était en moyenne de 5,7 % sur la période 1991-1997 a été revu à la baisse sur 1997-2010 (4,4 % pour l'hypothèse basse et 5,045 % pour l'hypothèse haute) ;
- si l'on projète le taux de 5,7 % (variation annuelle de la population) sur la période 1997-2010 on arrive à 270 000 habitants en 2010 (soit 8,4 % de plus que pour l'hypothèse haute).

La densité moyenne de la population était de 350 habitants au km² en 1997. En 2010 (dans l'hypothèse basse de l'INSEE) elle atteindra 617 habitants au km² avec un très fort déséquilibre géographique, la région de Mamoudzou, Koungou, et Petite-Terre représentant à elle seule 115 723 habitants (soit un peu plus de 50 %). Cette région est déjà la principale zone consommatrice de l'île et son poids dans l'économie mahoraise ira en augmentant.

Bien que son développement démographique soit moins important, la cote ouest (communes de M'tsangamouji, Tsingoni, Chiconi, Ouangani, et Sada) verra sa population passer de 29 392 à 48 414 habitants (soit une progression de près de 65 %) créant ainsi une zone de consommation potentielle pouvant justifier l'implantation de nouvelles unités industrielles.

A ces prévisions démographiques il convient d'ajouter l'immigration clandestine que l'INSEE estime à 1 000 personnes par an.

Aux effets de cette augmentation de la population sur la consommation de granulats, s'ajoutera l'amélioration de l'habitat et en premier lieu la résorption de l'habitat précaire. Nous avons estimé (cf. chapitre 2.2) que la consommation annuelle de granulats par habitant était, en 1998, de 3,72 t. En supposant que celle-ci passe à 5 t/an/hab. (valeur retenue à La Réunion et correspondant à une période de ralentissement de la croissance économique, comme indiquée dans le SDC de La Réunion) en 2010, la demande en granulats, selon les différentes hypothèses de l'INSEE, sera de :

	1998	Hypothèse basse	Hypothèse moyenne	Hypothèse haute	Hypothèse 5,7 %
Population	133 495	≈ 230 000	≈ 241 500	≈ 249 000	≈ 270 000
Ratio t/an/hab.	≈ 3,72	5	5	5	5
Consommation granulats (t)	496 500	1 150 000	1 207 500	1 250 000	1 350 000

Tabl. 6 : Augmentation de la consommation en granulats en fonction de la population, à l'horizon 2010.

D'ici 2010 la demande en granulats devrait doubler sur les seuls critères de l'expansion démographique et de l'amélioration de l'habitat.

3.2 Poids des grands travaux

La forte croissance démographique vue au paragraphe précédent aura pour conséquence une augmentation des besoins en matière d'habitat, d'équipements publics, de réseaux et d'infrastructures. Il ne s'agit toutefois pas de grands travaux ou de travaux exceptionnels, la prise en compte de l'augmentation de la population incluant la satisfaction de ces besoins.

Le XII^{ème} contrat de plan Etat – Mayotte 2000 – 2004, signé le 8 septembre 2000, concerne 76 opérations dont certaines seront consommatrices de granulats. Parmi ces dernières, les plus importantes sont :

- l'amélioration du réseau routier au sud de Mamoudzou (RN2 et liaison avec Sada) (C111/1);
- aménagement de la liaison Longoni – Bouyouni, nouvelle voie entre Bouyouni et Combani (C111/2) ;
- aménagement du port de Longoni avec création d'un deuxième quai (C112) ;
- aménagement des gares maritimes (C113) ;
- aménagement de l'aérogare (construction d'un deuxième bâtiment) (C114). A noter que l'agrandissement de la piste n'est pas mentionné dans le contrat de plan ;
- aide à la réalisation de lotissements communaux (besoins estimés à plus de 800 parcelles par an. C121) ;
- aménagement du front de mer de Mamoudzou (A231/1) ;
- aménagement de l'îlot Bouzi (A231/2) ;
- réhabilitation de la Maison du Gouverneur (A232) ;
- création d'une Maison de la mer : centre de l'écotourisme bleu à Bambo Ouest, commune de Bouéni (A233) ;
- construction d'une Maison des Plaisanciers à Dzaoudzi (A234/2) ;
- création d'une Maison du tourisme polyvalente et de 4 offices décentralisés (A236) ;
- extension de la prison (C151) ;
- retenue collinaire de l'Ourouvéni (C131) ;
- collecte et traitement des eaux usées des secteurs les plus denses de Mayotte (C132) ;
- construction d'un centre fiscal (C153) ;
- extension de la Préfecture (C152) ;
- constructions ou reconstruction de dispensaires (C212) ;
- construction de la maternité intercommunale du sud (C213/1), du centre (C213/2) et du nord (C213/3) ;
- reconstruction du service des urgences et de la radiologie (C213/4) et de différents services de l'hôpital (C213/5 à C213/12) ;
- construction du CFPA de Sada (B22)
- construction d'une maison de l'information et de la formation à Mamoudzou (B23) ;
- construction d'un centre culturel de 300 places modulables à 450 places (C144) ;
- construction de 2 gymnases (C141/1).

Tous ces projets (à l'exception de la retenue collinaire de l'Ourouvéni et du deuxième quai de Longoni constituant des "grands travaux") peuvent être assimilés à des travaux normaux d'entretien, de renouvellement ou de création déjà pris en compte, pour ce qui concerne les besoins futurs en granulats. Parmi les projets, le prolongement de la déviation de M'tsapéré jusqu'à Passamainty exigera des volumes importants de remblais et d'enrochements qui devront être recherchés dans l'actuelle carrière de Doujani.

Les grands travaux prévisibles d'ici 2010, et non prévus dans le contrat de plan, sont la construction de grands hôtels de luxe (déjà en cours), l'agrandissement de la piste de l'aéroport de Dzaoudzi, l'éventuelle nouvelle centrale électrique ou unité d'incinération des ordures ménagères, le problème pont reliant Petite à Grande-Terre, etc.

Afin de fixer les idées sur les consommations de granulats en fonction des types d'ouvrages, nous donnons dans le tableau ci-dessous quelques chiffres provenant de l'UNICEM (Union Nationale des Industries de Carrières Et Matériaux) et de certaines URPG (Union Régionale des Producteurs de Granulats) et extraits des Schémas Départementaux des Carrières du Val d'Oise, de la Meuse et des Vosges.

	Granulats utilisés, en tonnes		
	SDC Val d'Oise	SDC Meuse	SDC Vosges
1 m ³ de béton	1,9	1,9	1,9
1 t d'enrobés		0,95	0,95
Logement	150	150	150
Petit pont autoroutier			500
Pont moyen			1 000
Route ordinaire		8 000 à 10 000/km	12 000/km
Autoroute	30 000/km	20 000 à 30 000/km	18 000/km
Lycée	2 000 à 4 000	2 000 à 4 000	2 800
Voie ferrée	10 000/km		
TGV			9 000/km
Hôpital	2 000 à 4 000	2 000 à 4 000	4 800

Tabl. 7 : Exemples de consommation de granulats selon l'infrastructure.

LES RESSOURCES

1. Préambule

Les ressources en roches et minéraux industriels que l'on peut espérer trouver à Mayotte dépendent de l'histoire géologique de l'île. Aussi, un bref rappel des principales caractéristiques géologiques de l'île est-il indispensable.

Mayotte est une île volcanique dont les terrains les plus anciens connus à l'affleurement, ont environ 8 millions d'années (Miocène) alors que les derniers phénomènes volcaniques n'auraient que 0,5 million d'année (Pléistocène, voire Holocène).

Voilà 8 millions d'années, l'île a pris naissance par l'émergence de deux volcans boucliers (un au nord, l'autre au sud) posés sur le fond océanique par plus de 2 000 m. Au cours des temps géologiques, la composition des magmas a évolué vers des termes sous-saturés en silice donnant des laves beaucoup plus visqueuses : laves sombres à pyroxène ("ankaramites"), néphélinites, phonolites,... formant des dômes ou des aiguilles (comme le Choungui). Les deux volcans ont eu une évolution similaire avec apparition de coulées périphériques que l'on retrouve au niveau des crêtes actuelles. Cette évolution de l'île s'est accompagnée d'un enfoncement progressif dans l'océan.

Plus récemment, il y a environ 1,5 millions d'années, s'est mis en place le massif du Mtsapéré ainsi que d'épaisses coulées de basaltes téphritiques et ankaramitiques dans les vallées creusées par l'érosion.

Les dernières manifestations volcaniques, autour de 0,5 millions d'années n'ont concerné que la moitié nord de l'île. A proximité des côtes, un magma trachy-basaltique, enrichi en silice, a provoqué d'importantes éruptions explosives en mer qui ont donné naissance à des projections et à des écoulements pyroclastiques : brèches et tufs à cendres, scories, lapilli,... abondants dans la région de Petite-Terre mais dont les produits les plus fins (cendres), entraînés par les vents, se retrouvent sur une bonne partie de l'île (plateau de Combani, par exemple). Les fractions les plus grossières retombent près du cratère et donnent les pouzzolanes (exploitées à Kaouéni).

En résumé, les 4/5 des formations géologiques constituant l'île de Mayotte correspondent à des coulées de lave appartenant à une série alcaline fortement sous-saturée ayant subi des phénomènes d'altération plus ou moins importants, le 1/5 restant correspondant à des formations pyroclastiques.

En terme de ressource potentielle pour une valorisation industrielle ou artisanale, autant que la nature lithologique des formations, leur degré d'altération est une composante fondamentale dont il faut tenir compte.

L'altération des formations géologiques peut être définie comme l'ensemble de processus de transformation des roches, à la fois à partir d'agents naturels (eaux superficielles et circulations souterraines, vent, climat, végétation,...) et d'actions anthropiques (modes de culture, aménagements, déforestation, ... *Stieltjes, 1988*).

A Mayotte, les phénomènes d'altération ont deux origines :

- l'argilisation en masse des roches liée aux conditions climatiques :

le climat mahorais, de type tropical, est caractérisé par l'alternance de deux saisons, l'une sèche de mai à août, l'autre humide de novembre à mars, séparées par deux intersaisons. Ce climat chaud et humide provoque la transformation des roches, en particulier au niveau de la phase vitreuse pour donner des formations argileuses pouvant atteindre des dizaines de mètres d'épaisseur. Les formations argileuses ainsi formées sont le plus souvent riches en smectites (montmorillonite) et la proportion de kaolinite est le plus souvent réduite (*Stieltjes, 1988*). Cette argilisation peut affecter les laves sur des dizaines de mètres d'épaisseur avec des faciès ressemblant à la latérisation africaine ;

- l'altération fumerollienne :

ce type d'altération conduisant à la production, en plus ou moins grande quantité, d'argiles proches des kaolins n'est connue qu'autour de quelques massifs de phonolites. La présence de kaolin a été relevée dans 4 sites : à la presqu'île de Longoni, au sommet du Mtsapéré et sur son flanc sud-est et à Chirongui. D'autres sites doivent probablement exister à proximité des massifs ou intrusions phonolitiques.

2. Les ressources mahoraises

Trois grands types de ressources naturelles, résultant de l'évolution magmatique et volcanologique de l'île, peuvent être identifiés à Mayotte :

1. des laves volcaniques massives, de nature essentiellement basaltique ou phonolitique ;
2. des formations d'altération provenant de l'argilisation des laves ou produites par une activité hydrothermale (fumerollienne) ;
3. des formations pyroclastiques constituées essentiellement de scories et de tufs cendro-ponceux.

Le schéma des carrières de Mayotte sera constitué d'une notice, d'un rapport et de documents graphiques. Ces derniers présenteront les principaux gisements connus de matériaux de carrières, les zones dont la protection, compte-tenu de la qualité et de la fragilité de l'environnement, devra être privilégiée et l'implantation des carrières autorisées. La carte géologique de Mayotte au 1/50 000 ne prenant pas en compte les phénomènes d'altération, ne peut être utilisée pour la différenciation des gisements de roches "saines" des gisements de roches "altérées". Aussi la carte des ressources ne comportera que des indices ponctuels aussi bien de roches massives que de roches altérées.

2.1 Les laves massives "saines"

Ces laves, de nature basaltique ou phonolitique, sont actuellement exploitées à Mayotte pour la production de granulats et de pierres dimensionnelles (pour mémoire, nous rappellerons la définition que donne la norme AFNOR XP P 18-540 d'octobre 1997 du terme granulat : "ensemble de grains de dimensions comprises entre 0 mm et 125 mm").

Les granulats sont utilisés soit pour la réalisation ou l'entretien des routes soit pour la fabrication des bétons. Les indices de laves massives "saines" ont été recensés dans 2 rapports BRGM d'avril 1978 (*Inventaire des ressources en matériaux de Mayotte*) et décembre 1998 (*Inventaire et possibilités de valorisation des matériaux naturels pour usage routier à Mayotte*). Le tableau suivant synthétise les résultats de ces études :

N° site	Nom du site	Nature de la roche	Gisement	X	Y
1	Est M'Jago	basalte	lit d'un ruisseau	508,45	8597,15
2	Est M'Zamboro	basalte diaclasé	lit d'un ruisseau	507,45	8596,32
3	Nord Acua	phonolite	blocs	506,25	8594,00
4	Bouekoundrouni	formation scoriacée cohérente	extrémité presqu'île	507,00	8598,35
5	Sud M'Zamboro	basalte massif, scories	lits d'un ruisseau	506,45	8595,80
6	NW Bandaboi	basalte	lit de la rivière	512,85	8596,45
7	NW Bandaboi	basalte, phonolite	en amont du n° 6	511,15	8596,45
8	SW Dzumogné	basalte diaclasé	en rivière	511,30	8593,40
9	SW Dzumogné	phonolite massive	en rivière	510,85	8593,70
10	Sud Mitseni	phonolite massive et diaclasée	en rivière	515,05	8591,50
11	N M'Tsangamouji	phonolite	en rivière	509,25	8590,80
12	Sud Longoni	formation scoriacée	en rivière	517,20	8590,95
13	NW M'Tsangaboi	phonolite, scories	bordure de route, 2 carrières	511,10	8597,85
14	Handréma	basalte, scories	bordure de route	510,44	8597,62
15	Mtsahara	basalte, scories	bordure de route	509,42	8598,90
16	Mtsahara	basalte	falaise (Mlima Dziani Bolé)	509,00	8599,03
17	Mtsangadoua	phonolite	falaise	505,55	8594,80
18	Acoua	basalte	falaise	506,80	8593,98
19	Koungou	basalte	ancienne carrière	521,36	8591,42
20	Sud Koungou	basalte	carrière	522,04	8591,48
21	Magikavo Lamir	basalte en dalles	carrière	524,32	8590,30
22	S Magikavo II	phonolite	carrière	523,43	8591,07
23	E Magikavo II	laves, scories	bord de mer	524,26	8591,39
24	Chembeniumba	phonolite	blocs	507,55	8589,65
25	N M'Tsangamouji	laves	blocs	509,20	8589,30
26	E M'Tsangamouji	phonolite	bord de la route	510,40	8589,25
27	Chingoni	phonolite	en rivière (M'Rowale)	511,15	8586,55
28	Chingoni	phonolite	en rivière (Chirini)	510,90	8587,40
29	Combani	phonolite	en rivière (Ouroveni)	514,90	8586,25
30	Combani	phonolite	bord de route	514,00	8585,05
31	Combani	phonolite	en rivière (Haoutoungou)	513,40	8585,45

Schéma des Carrières de Mayotte. Rapport

N° site	Nom du site	Nature de la roche	Gisement	X	Y
32	M'Lima Combani	phonolite	blocs sur la crête	516,40	8584,20
33	E M'Tsangamouji	phonolite, scories	en rivière (M'Ro Batirini)	511,50	8589,20
34	W Massakini	phonolite	sur une colline	522,90	8590,25
35	Majimbini	phonolite	en ruisseau	520,30	8588,75
36	NW Kaweni	phonolite altérée, compacte	en rivière	523,00	8588,75
37	W M'Sapéré	phonolite	en rivière (M'Sapéré)	522,85	8586,90
38	W M'Sapéré	basalte	en rivière (M'Sapéré)	522,85	8586,45
39	W M'Sapéré	phonolite	en rivière (Majimbini)	521,25	8587,50
40	W M'Sapéré	phonolite diaclasée	en rivière	521,10	8587,15
41	Doujani	phonolite en dalles	carrière	522,41	8585,93
42	Doujani	phonolite	carrière	520,61	8586,50
43	Doujani	basalte	Bordure de chemin	521,35	8586,37
44	W M'Sapéré	phonolite diaclasée	en rivière	521,45	8586,50
45	SW Passamainti	phonolite altérée	bordure de route, carrière	522,55	8584,85
46	N Vahibe	phonolite	épandage de dalles	518,55	8587,95
47	E Majikavo I	basalte diaclasé scories soudées	bord de mer	525,40	8590,40
48	SE Massakini	basalte diaclasé scories soudées	bord de mer	525,65	8589,45
49	Koualé	basalte, scories	bordure route et rivière	519,80	8585,70
50	Koualé	basalte	bordure route accès Légion	520,47	8585,37
51	Koualé	basalte	proximité du précédent	520,89	8585,18
52	S Labattoir	basalte	carrière	529,50	8586,05
53	N Labattoir	scories ± soudées, basalte	carrière	529,60	8587,40
54	S Labattoir	scories soudées, basalte	deux pitons	529,60	8586,35
55	Boueni	phonolite	épandage de blocs	507,95	8573,86
56	N Boueni	laves, scories	escarpements bord de mer	508,83	8574,33
57	Chiconi	phonolite	2 coulées	512,05	8580,15
58	Coconi	phonolite massive	route de la station de traitement des eaux	513,24	8583,51
59	Barakani	phonolite	en rivière (Apandzo), carrières	513,68	8581,07
60	S Barakani	phonolite	en rivière (Ouangani)	513,90	8580,50
61	NE Barakani	basalte	proximité route	514,75	8582,05
62	S Mangajou	phonolite	en rivière	512,55	8579,85
63	SE Sada	phonolite	accumulation de blocs, falaise	511,30	8578,66
64	SE Sada	phonolite	en rivière (Doujani)	511,80	8578,55
65	SE Sada	phonolite	en rivière NW Piton Tchaourembo	513,20	8578,15
66	SE Sada	phonolite	en rivière W Piton Sehemo	514,95	8577,35
67	S Benara	phonolite diaclasée	en rivière (Mirereni)	517,85	8575,30
68	Poroani	basalte ± altéré	bordure route, carrière	514,36	8575,49
69	W Moinatrindi	phonolite	bord de mer	509,43	8574,37
70	Boungoundanavi	phonolite massive	2 pitons	510,05	8572,45

N° site	Nom du site	Nature de la roche	Gisement	X	Y
71	W Sohoa	scories soudées, lave massive		511,05	8582,92
72	S Benara	phonolite diaclasée, scories	en rivière (Saeva)	517,60	8575,80
73	W Moinatrindi	phonolite, scories tuf	bord de mer	509,75	8574,40
74	S Dembeni	phonolite diaclasée	en rivière (M'Ro Ouakombeni)	519,90	8579,30
75	S Dembeni	phonolite	en rivière (Koujouni)	519,55	8578,30
76	Iloni	basalte	bordure route, carrière	520,93	8578,92
77	SE Iloni	basalte diaclasé	bord de mer	521,25	8579,12
78	SE Iloni	phonolite altérée		521,60	8579,05
79	SE Bénara	phonolite diaclasée	en rivière (M'Ro Mouhou)	518,75	8575,00
80	W Bandélé	phonolite diaclasée	en rivière (M'Ro Dagoni)	519,90	8572,95
81	S Iloni	scories ± soudées	bordure de route	520,90	8579,35
82	Gogorakandza	basalte, scories	bord de mer	522,78	8578,10
83	Bambo Ouest	phonolite	bord de mer	509,27	8571,04
84	Mzouazia	basalte	falaise	510,50	8571,72
85	S Tsimkoura	phonolite diaclasée	dans le ruisseau	514,75	8569,25
86	S Chirongui	phonolite diaclasée	dans le ruisseau	516,20	8569,35
87	SW Boinatsa	phonolite	bord de mer	509,90	8568,10
88	NE Kani Kélé	phonolite, tuf	en rivière (Bolekani)	513,60	8568,60
89	Choungui Kélé	phonolite	colline	517,50	8567,75
90	Choungui Kélé	phonolite	colline	517,75	8568,35
91	Moutsamoudou	trachyte	bordure route, carrière	517,31	8568,91
92	Dapani	basalte diaclasé	en rivière (M'Ro Bé)	516,65	8567,10
93	SW Dapani	phonolite	bord de mer	516,60	8565,45
94	M'Bouini	basalte	en rivière (Bérambo)	514,80	8565,15
95	SE Dapani	basalte, scories	proximité mer	517,83	8565,87
96	SW Dapani	basalte, scories	collines	516,82	8564,80
97	Rassi Bandakouni	scories, tufs, phonolites	éperons	511,60	8564,40
98	Pamandzi	basalte fissuré	carrière	530,41	8586,30
99	Kangani	basalte	ancienne carrière (ressource épuisée)	520,38	8592,47
100	Paskélé	scories, tufs, phonolites	éperons	513,70	8563,90
101	Arasi	scories, tufs, phonolites	éperons	516,20	8563,40
102	Rassi Maousi Saziley Bé	scories, tufs, phonolites	éperons	518,90	8564,30

Tabl. 8 : Principaux indices de roches volcaniques "saines".

La répartition de ces sites n'est pas régulière au sein de l'île, la moitié nord (c'est-à-dire située au nord d'une ligne Sada – Dembeni) en comptant à elle seule 67. Tous ces indices n'ont pas la même valeur, certains correspondent à de petits affleurements, alors que pour d'autres, après études complémentaires, on pourrait envisager des ouvertures de carrières pour la production de granulats ou de pierres dimensionnelles.

Les ressources exploitables pour la production de pierres dimensionnelles sont les mêmes que celles utilisées pour la production de granulats (basaltes ou phonolites). Selon le débit de la roche, 2 variétés de pierres seront produites : des pierres plates ou lauzes et des pierres de type moellons

Les pierres dimensionnelles proviennent soit d'exploitations installées en pied de falaises ou sur d'anciennes carrières de granulats, soit de gros blocs situés le long des routes ou dans les champs.

Certains gisements mahorais présentent la particularité de se débiter naturellement en dalles ou lauzes, ce qui leur confère une plus value intéressante qui justifie leur protection en vue de leur utilisation comme pierres dimensionnelles.

2.2 Les laves massives "altérées"

Dans de très nombreux cas, les laves volcaniques sont altérées et se présentent sous la forme d'un mélange de blocs de lave, parfois scoriacée, dans une matrice très fine, essentiellement sableuse (parfois riche en matériaux argileux selon le degré d'altération), d'aspect terreux et de teinte généralement grise. Ces matériaux sont utilisés comme tout-venant lors de travaux routiers et les zones d'emprunt correspondantes sont recherchées les plus proches possibles des lieux d'utilisation. Selon la définition du mot carrière que nous avons donnée, on peut considérer ces zones de prélèvement comme des carrières temporaires, d'autant plus que les atteintes à l'environnement sont, le plus souvent, non négligeables. De très nombreux sites potentiels existent dans l'île, et leur mise en exploitation dépendra de la réalisation de travaux routiers à très faible distance. La remise en état de ces sites, après exploitation, devra être réalisée conformément aux recommandations du présent schéma. Le tableau ci-dessous dresse un inventaire non exhaustif de ces sites d'emprunt dont la réhabilitation pourrait être réalisée lors de prochains travaux routiers ou en les utilisant comme lieux de dépôts de déblais.

N° site	Localisation	Gisement	X	Y
1	S-O Kani-Bé, proximité CCT4	Blocs de lave altérée, matrice sableuse	511,96	8566,80
2	O Passamaïnti, proximité CCT3	Basalte altéré, débit en plaquettes, argile rougeâtre	520,83	8585,97
3	O Dzoumonyé, le long piste en terre	Basalte très altéré, matrice sablo-argileuse	512,00	8593,42
4	Entrée Poroani, proximité CCT5	Basalte altéré, argiles sableuses blanchâtres	514,36	8575,49
5	Extrémité nord de la RN1	Basalte altéré, friable, matrice sablo-gravelo-argileuse	508,98	8599,33
6	Sortie Mtsangadoua, droite RN1	Basalte altéré, matrice sablo-gravelo-argileuse	504,95	8594,13
7	Carrefour de Soulou	Lave altérée se débitant en petits blocs, zone revégétalisée	511,12	8589,31
8	Carrefour de Soulou, direction Tsingoni, CCT1	Blocs arrondis de basalte, gangue à dominante argileuse	510,98	8588,88

N° site	Localisation	Gisement	X	Y
9	Entre Longoni et Bouyouni, le long de la RN1	Cendres volcaniques blanchâtres, avec nombreux blocs de lave	516,58	8592,17
10	E Sohoa, utilisation pour déviation Chiconi	Blocs de basalte altéré dans gangue argileuse lgt sableuse	515,25	8582,58
11	N Sohoa, utilisation : couche de forme route d'accès à Sohoa	Basalte altéré, passées scoriacées	511,20	8582,85
12	Entrée Tsoundzou 1, le long de la RN2	Petits blocs de basalte très altéré, gangue très argileuse	522,40	8584,50

Tabl. 9 : Principales zones d'emprunt de laves volcaniques "altérées".

2.3 Les formations argileuses d'altération

Les formations argileuses présentes dans l'île peuvent avoir 2 origines : l'argilisation en masse des laves volcaniques en climat tropical et l'altération fumerollienne. Ces formations ont été utilisées dans 3 domaines :

- la fabrication de Blocs de Terre Comprimée (BTC) ;
- la fabrication de briques de terre cuite ;
- la fabrication de poteries artisanales.

Actuellement, seule demeure la fabrication de BTC, celle des poteries venant de disparaître dans la région de Sohoa et la fabrication de briques de terre cuite ayant disparu depuis 1995.

Pour ce qui est de la fabrication des BTC, on utilise un mélange de "terre" (mélange de graviers, sable, silt et argile), de dégraissant (sable ou pouzzolane), d'additif (ciment) et d'eau. Dans le concept même des Blocs de Terre Comprimée, le mélange de "terre" devait être recherché le plus prêt possible du lieu de fabrication (donc à proximité des villages). Aucune qualité particulière n'étant exigée de ce mélange. (les proportions des différents constituant étant fonction de la composition de ce mélange) la quasi-totalité des sols, au sens pédologique du terme, pourra être utilisée.

Pour ce qui est des briques de terre cuite et des poteries, il y a nécessité d'utiliser de véritables argiles, composées idéalement d'un mélange illite - kaolinite, à illite prédominante et avec un peu de smectite (< 10 %). En 1978 le BRGM avait reconnu 28 gisements d'argile répartis sur toute l'île et présentant des réserves compatibles avec une éventuelle exploitation. Sur les échantillons prélevés, les tests réalisés ont consisté en :

- la confection de barrettes de 10 x 5 x 3 cm ;
- leur cuisson au four électrique à 950° C ;
- des mesures de résistance mécanique des barrettes crues ou cuites à la presse portative Franklin (fendage entre pointes).

Les résultats de ces tests sont synthétisés dans le tableau ci-dessous, (nous avons ajouté un 29^{ème} site correspondant à la carrière d'argile rouge de Tsimkoura utilisée, en mélange, lors de la fabrication des briques en terre cuite et non retenue dans l'étude de 1978) :

N° Ech	X	Y	Nature du gisement	Couleur		Rupture échantillon (kg/cm ²)	
				Matériau cru	Matériau cuit	Matériau cru	Matériau cuit
1	506,20	8594,00	limon argilo-sableux	brun	marron	0,3	1,7
2	517,65	8593,40	phonolite décomposée	brun	marron clair	0,9	1,9
3	513,30	8586,90	argile latéritique	brun	marron	0,3	0,2
4	512,24	8587,30	argile latéritique	rouge brique	rouge brique	1,6	6,9
5	514,50	8585,20	argile latéritique	marron clair	marron	0,8	2,2
6	515,05	8587,25	limon argilo-sableux	brun jaunâtre	marron	0,6	7,7
7	515,15	8587,65	limon argilo-sableux	ocre	rose	0,5	1,8
8	515,55	8588,35	limon argilo-sableux	brun jaunâtre	marron	2,7	6,3
9	512,85	8584,70	limon argilo-sableux	brun	marron	0,4	17,8
10	513,35	8585,40	limon argilo-sableux	brun	marron	4,6	9,3
11	513,50	8583,60	tuf altéré	bariolé brun-ocre	marron	1,3	21,3
12	513,95	8583,74	limon argilo-sableux	marron foncé	marron	0,4	0,5
13	514,45	8583,70	tuf altéré	beige	rouge brique	3,4	9,3
14	518,20	8588,15	tuf altéré	brun gris	marron	6,4	13,2
15	508,32	8573,06	tuf altéré	brun	marron	2,2	11,8
16	509,80	8574,05	tuf altéré	bariolé ocre- gris	marron jaunâtre	1,0	8,2
17	511,80	8578,25	tuf altéré	bariolé ocre-gris	marron	1,2	15,0
18	511,30	8578,55	tuf altéré	bariolé rouge-ocre	ocre rosé	0,7*	10,7
19	511,55	8582,60	tuf altéré	rouge	rouge	3,3	11,5
20	511,30	8582,80	scories décomposées	gris foncé	marron	6,7	24,0
21	516,40	8581,75	limon argilo-sableux	bariolé ocre-noir	marron	2,5	9,5
22	517,80	8577,35	argile latéritique	marron	marron	0,2	1,5
23	521,10	8574,45	limon argilo-sableux	brun	marron	0,7	5,3
24	509,60	8571,75	tuf altéré	bariolé ocre-gris	marron clair	1,3	7,3*
25	511,05	8570,60	tuf altéré	bariolé ocre-rouge	marron	0,6*	14,0
26	516,20	8570,00	tuf altéré	bariolé ocre-gris	marron	1,4	8,5*
27	517,70	8566,10	scories décomposées	brun clair	marron	2,0	3,9*
28	514,87	8563,94	tuf décomposé	marron foncé	marron foncé	2,5	8,9*
29	514,00	8570,00	argile	rouge brique	rouge brique	non testé	

* : valeur non significative = échantillon diaclasé

**Tabl. 10 : Résultats d'essais sur des matériaux argileux de Mayotte.
(d'après rapport BRGM 78 REU 02).**

Le site n° 19 correspond vraisemblablement au lieu de prélèvement pour les poteries de Sohoa, le site n° 26 aux argiles kaoliniques de Chirongui.

2.4 Les roches à potentiel pouzzolanique

La pouzzolanicité ou effet pouzzolanique, peut se définir comme la capacité qu'ont certains matériaux, à température ambiante et en présence d'eau, à fixer l'oxyde de calcium (chaux) pour donner des composés stables possédant les propriétés hydrauliques du ciment (*Rocher, 1992*). La pouzzolanicité d'un matériau dépend de sa composition chimique (silice, alumine, chaux), du degré de vitrosité et de sa finesse (celle-ci pouvant être améliorée par broyage).

Dans un premier temps, elle dépend de la surface spécifique du matériau, ensuite elle est fonction de la teneur en silice "réactive" correspondant à la fraction vitreuse.

En France, on réserve le terme de pouzzolane à des roches naturelles correspondant à des projections (dites stromboliennes) volcaniques scoriacées, essentiellement basaltiques. Par extension, le terme de pouzzolane est parfois attribué à des matériaux naturels ou artificiels présentant des propriétés pouzzolaniques.

Les matériaux naturels qualifiés de pouzzolanes et de ponces dans le langage des carrières correspondent à des formations volcaniques pyroclastiques.

Les scories (pouzzolanes au sens français) sont généralement des retombées, de nature basaltique, formant des cônes, à l'aplomb d'une fissure éruptive. De nombreux cônes de scories (dans lesquels s'intercalent souvent des coulées de lave) se sont édifiés au cours de l'histoire géologique de Mayotte.

Les ponces se forment à partir de fragments d'un magma visqueux, très siliceux et riche en composants volatils dissous (en particulier de la vapeur d'eau) qui, projetés en l'air lors d'une éruption volcanique explosive, subissent une brutale chute de pression, ce qui produit un dégazage et la formation de bulles séparées par de minces parois de verre. Elles peuvent se mettre en place sous forme d'écoulements (coulées et déferlantes pyroclastiques) ou de retombées. A Mayotte, l'évolution du chimisme du magma au cours des 500 000 dernières années, a donné lieu à l'ouverture de cratères d'explosion (Kawéni, Dziani Dzaha,...) dont les parois et les alentours sont constitués de tufs pyroclastiques ponceux.

A Mayotte, beaucoup de formations pulvérulentes (en particulier dans le sud de l'île) sont appelées à tort "pouzzolanes" (aucun test n'ayant été réalisé afin de prouver leur pouzzolanité). Cette appellation est due à leur aspect et à leur couleur. Dans le tableau ci-dessous, parmi les affleurements de tufs pyroclastiques (scories non argilisées, ponces, cendres, etc.), seule la pouzzolanité des 3 premiers a été prouvée (*Rapport BRGM 78 REU 02*) :

N° site	Localisation	Nature de la roche	Gisement	X	Y
1	Kawéni	dépôts pyroclastiques cendro-graveleux	carrière	524,33	8589,85
2	Petite-Terre	tufs ponceux	affleurement	531,65	8586,98
3	Petite-Terre	tufs cendro-ponceux	tranchée (collège)	530,40	8585,23
4	Iloni	dépôts pyroclastiques, cendres plus ou moins argilisées	carrière	520,93	8578,92
5	Entre Hajangoua et Nyambadao	ponces plus ou moins argilisées	affleurement le long RN3	520,95	8576,65
6	Petite-Terre	ponces grises à rouges, passées friables	carrière	529,70	8587,48

Tabl. 11 : Principaux indices de roches à potentiel pouzzolanique.

3 Carrières actuelles

Au 1^{er} janvier 2002 seules 9 carrières dont 7 de granulats (ou de tout-venant) étaient en activité, parfois temporaire, sur l'île.

N° site	Localisation	Exploitant	Substance	Etat	X	Y
1	Koungou	ETPC	Basalte	Exploitée	522,04	8591,48
2	Petite-Terre (Pamandzi)	ETPC	Basalte fissuré	Exploitée	530,41	8586,30
3	Bandrélé (Moutsamoudou)	ETPC	Trachyte	Exploitée	517,29	8568,92
4	Iloni	ETPC	Basalte fissuré	Exploit temp.	520,93	8578,92
5	Doujani	DE	Phonolite	Exploitée	520,61	8586,50
6	Koungou	IBS	Basalte	Début exploit.	522,12	8591,72
7	Kangani	IBS	Basalte	Exploitée	520,78	8592,06
8	Petite-Terre	Riffay S.	Ponces	Exploit temp.	529,70	8587,48
9	Kawéni	Divers	Pouzzolane	Exploitée	524,33	8589,85

Tabl. 12 : Carrières en activité (permanente ou temporaire).

4 Qualité des ressources

4.1 Granulats

La qualité des granulats sera fonction du degré d'altération de la roche mère. Dans le rapport BRGM R 40574 " Inventaire et possibilités de valorisation des matériaux naturels à usage routier" certaines caractéristiques des granulats produits ont été données. Ces valeurs sont résumées dans le tableau 13.

	Koungou	Iloni	Moutsamoudou	Petite-Terre	Kangani*
Los Angeles (LA)	16,6 (6/10) 33,7 (0/31,5)	20,1 (10/25) 23,48 (0/31,5)	12,7 (0/31,5)	21,9 (6/10) 50,1 (0/50)	22,56 à 25,16 (0/50)
Micro Deval (MDE)	19 (6/10) 30 (0,31,5)	27,7 (10/25)	3,5 (10/14)	24,4 (6/10) 32,6 (0/50)	29,4 à 30,8 (0/50)
LA + MDE					53,36 à 54,56 (0/50)
Teneur en eau	1 à 1,8 %	1,8 % (10/25)	0,66 % (5/20) à 1,42 % (0/31,5)	1,04 % (4/6) à 2,3 % (0/31,5)	
Propreté superficielle	0,32 à 1,34 %	0,7 % (10/25)	0,26 (10/14) à 0,9 % (6/10)	1,08 % (6/10) à 4,38 % (4/6)	
VBS					1,74 % à 1,8 % (0/50)
ES à 10 % (piston) ES à 10 % (vue)	65 %	61,6 % (moy. sur 0/31,5)	71,9 % (0/31,5) 74,3% (0/6)	63,7 % (0/50) 72,5 % (0/31,5) 75,2 % (4/6)	36,9 % à 38 %

	Koungou	Iloni	Moutsamoudou	Petite-Terre	Kangani*
Pourcentage de fines (< 80 µm)	4,1 % (0/31,5)	4,38 % (0/31,5)	≈ 6,5 % (0/31,5 et 0/6)	4 % (4/6) 8 % (0/6) 2,1 % (0/31,5) 1,1 % (0/50)	3,7 % à 4,2 % (0/50)

* : ancienne carrière de Kangani

Tabl. 13 : Caractéristiques géomécaniques de granulats produits à Mayotte, selon la carrière d'origine et la granulométrie.

Au vue de ces résultats, il ressort une très grande hétérogénéité dans la qualité des granulats disponibles à Mayotte (par exemple les valeurs extrêmes du LA vont de 12,7, ce qui caractérisent un excellent granulat, à 50,1 ce qui est plus que médiocre). De même, au sein d'une même carrière, certaines caractéristiques varient suivant la granulométrie testée (LA passant du simple au double à Petite-Terre et Kangani, propreté superficielle multipliée par 4 à Petite-Terre, etc.). Les ES (Equivalent de Sable) restent, dans l'ensemble moyens (une seule valeur atteint les 75 %, les plus basses étant inférieures à 40 %).

Toutefois il y a à Mayotte possibilité de trouver des granulats de qualité, quelque soit le domaine d'utilisation mais cette recherche de la qualité peut engendrer des transports sur des distances relativement importantes (nécessité de faire venir des granulats de Moutsamoudou ou Koungou si l'on veut des granulats de qualité pour couche de roulement sur Petite-Terre, par exemple), ou nécessiter des traitements complémentaires (lavage ou ligne de traitement spécifique aux sables).

4.2 Argiles

L'étude de 1978 ("*Inventaire des ressources en matériaux de Mayotte*") concluait à la qualité médiocre des argiles latéritiques et de la phonolite décomposée, à la qualité variable des argiles alluvionnaires et à la qualité généralement bonne des argiles provenant de l'altération des tufs pyroclastiques ou des scories basaltiques.

Un de ces gisements a fait l'objet d'études détaillées. Il s'agit des argiles kaoliniques de Chirongui (site n° 26). Ce gisement est constitué de 3 buttes provenant de l'altération, vraisemblablement fumerollienne, de phonolites dans une zone fortement injectée de dykes et fracturée (Rocher et Stieltjes, 1982). Seule la butte située la plus à l'est du village présenterait une argile kaolinique de qualité acceptable et des réserves potentielles intéressantes (volume observé : 22 000 m³, volume possible : 50 000 m³). 4 échantillons ont été prélevés sur cette butte est, et des analyses diffractométriques ont été réalisées. Les résultats sont donnés dans le tableau 12 ci-après :

N° échantillon	Description	Kaolinite en %	Illite en %	Interstratification illite-smectite en %	Autres en %
29 211	Kaolinite de bonne qualité (sans plaquages, sans oxydes, sans résidus de roche mère)	100	Traces	-	-
			<i>Très mauvaise cristallinité</i>		
29 212	Mélange diffus ou kaolinite sous forme d'amas (kaolinite de bonne qualité)	100	-	-	-
			<i>Très mauvaise cristallinité</i>		
29 213	Masse d'argile rouge comprenant quelques résidus de la roche mère altérée en boules dans un réseau de diaclases	80	20	-	-
			<i>Très mauvaise cristallinité</i>		
29 214	Bloc éboulé de roche mère altérée en boules (lave porphyrique à pyroxène : téphriphonolite ?)	90	-	-	10 (chlorites)
			<i>Bonne cristallinité</i>		

Tabl. 14 : Analyses diffractométriques des argiles de la butte est de Chirongui.

L'urbanisation ayant atteint le pied de ces buttes, toute reprise d'exploitation semble difficile.

4.3 Roches à caractère pouzzolanique

Le caractère pouzzolanique de certaines formations présentes à Mayotte a été mis en évidence lors de l'étude BRGM d'avril 1978 ("*Inventaire des ressources en matériaux de Mayotte – Rapport BRGM 78 REU 02*"). Deux formations ont été testées : les "tufs de Mamutzu et de Pamanzi" correspondant aux dépôts pyroclastiques cendro-graveleux de Kawéni (actuellement exploités) et aux tufs cendro-ponceux de Petite-Terre. Les analyses effectuées sur les échantillons prélevés ont été réalisées conformément à la norme NF P 15-462 d'octobre 1964, pour une utilisation en ajout au clinker, et comparées avec un échantillon témoin constitué d'une pouzzolane du Latium (région d'Italie centrale). Les conclusions de cette étude ont été reprises dans le rapport BRGM R 40696 d'août 1999 : "*Inventaire et perspectives de valorisation des roches et minéraux industriels à Mayotte*" :

- "Les 2 échantillons de tufs de Mayotte présentent les propriétés chimiques caractéristiques de l'activité pouzzolanique..."

Les résultats des tests de réactivité aux alcalis réalisés sur les matériaux pulvérisés à environ 6 500 cm²/g Blaine confirment cette activité pouzzolanique.

La cinétique de mise en solution de SiO₂ et Al₂O₃ mettent en évidence une réactivité légèrement plus faible des tufs de Mayotte par rapport à la pouzzolane étalon du Latium. L'échantillon de tuf le plus intéressant est celui de Mamutzu dont la cinétique de mise en solution de la silice est très rapide et proche de la cinétique obtenue avec la pouzzolane du Latium...

La broyabilité du tuf de Mamutzu est supérieure à celle des pouzzolanes du Latium...

Les minéraux argileux n'ont pas été décelés dans les tufs de Mayotte...

Les phases vitreuses présentes en abondance dans les tufs de Mayotte sont, très probablement, à l'origine de l'activité pouzzolanique.

De ces essais il ressort que les tufs pyroclastiques actuellement exploités à Kaouéni sont de vraies pouzzolanes dotées de pouvoirs pouzzolaniques non valorisés actuellement" (l'étude de 1978 recommandait la réalisation d'essais de résistance mécanique en complément aux critères chimiques, essais qui, à notre connaissance, n'ont pas été réalisés).

5 Conclusion

Les ressources mahoraises en roches et minéraux industriels peuvent se classer en 3 grandes catégories :

- ◆ les roches volcaniques "saines" ou "altérées" actuellement exploitées pour la production de granulats, et qui pourraient, du moins pour certaines roches "saines", être utilisées pour la fabrication de laine de roche (nécessité alors d'importer de la chaux) ou de pierres ornementales polies (mais inconvenient de ne disposer que de roches d'une seule couleur). Mayotte est une île d'origine volcanique où l'altération des laves se manifeste par une argilisation en masse des roches, rendant difficile la découverte de gisements aptes à fournir des granulats de qualité. La demande en granulats devant plus que doubler d'ici 2010, les ressources locales ne pourront suffire à satisfaire de nouveaux débouchés ;
- ◆ des formations argileuses actuellement utilisées pour la fabrication de BTC (Brique de Terre Comprimée) et dans un passé récent, pour la réalisation de briques en terre cuite et de poteries. A l'exception de ces dernières, pour lesquelles la notion de qualité ne semble pas avoir été maîtrisée, les produits commercialisés ont montré qu'il était possible, avec les ressources mahoraises, de produire des matériaux de qualité adaptés aux exigences locales ;
- ◆ des roches à caractère pouzzolanique, actuellement utilisées pour la fabrication de BTC (comme dégraissant et où le caractère pouzzolanique est valorisé) ainsi que dans les travaux routiers (sans aucune valorisation du caractère pouzzolanique). Reconnues sur Kaouéni et Petite-Terre, ces formations, pour des raisons environnementales, ne peuvent être, et ne sont, exploitées qu'au niveau de Kaouéni. Elles représentent une richesse pour Mayotte, richesse qu'il serait judicieux de valoriser : ajout au clinker et broyage pour obtention de ciment pouzzolanique, fabrication de graves-pouzzolane-chaux, d'éléments en béton léger, réfractaire ou isolant, utilisation au niveau des plateaux absorbants et des lits bactériens des stations d'épuration, ...

LES TRANSPORTS

Mayotte étant une île de petite dimension (375 km²) le problème des transports de granulats ne se pose pas de la même façon que pour les autres départements français. En effet, les transports actuels se font par la route et il n'existe pas de solutions de remplacement, l'île ne possédant aucune voie de chemin de fer et le cabotage n'étant pas pratiqué actuellement.

Toutefois afin de limiter l'impact des transports routiers sur l'environnement, plusieurs possibilités peuvent être envisagées.

1. Transports routiers

1.1 Nuisances et inconvénients

Pour beaucoup d'activités industrielles, les transports de matières premières, de produits intermédiaires ou de produits finis peuvent générer, lorsqu'ils sont routiers, des nuisances d'autant plus importantes que la source en est mobile et située, le plus souvent, en dehors de zones d'exploitation.

Les nuisances liées au trafic entre la carrière et les grands axes routiers peuvent être très importantes lorsque des camions, pleins ou vides, doivent traverser des lieux habités en empruntant une voirie mal adaptée.

Les nuisances dues au transport routier ont principalement pour origine :

- les émissions sonores ;
- les émissions de poussières ;
- les vibrations ;
- la dégradation de voies publiques ;
- le risque de gêne pour les autres usagers ;
- la consommation d'énergie.

Elles sont essentiellement liées à la densité de circulation, au type et au tonnage des véhicules utilisés, à l'état et à la taille des voies empruntées et aux horaires de transport.

1.2. Orientations à privilégier

Les nuisances qu'engendre la circulation des camions devront être limitées. C'est la raison pour laquelle les dossiers d'ouverture de carrières doivent faire l'objet d'une étude des nuisances potentielles liées au transport des matériaux. A Mayotte, il semble difficile d'envisager un autre mode de transport que le transport routier (même si nous faisons allusion au paragraphe 2 aux possibilités que pourrait offrir le cabotage).

Quelques recommandations peuvent être énoncées afin de diminuer les impacts liés au transport routier :

- *favoriser l'exploitation de gisements de proximité pour les besoins importants et les grands travaux ;*
- *relier les carrières importantes par des voies spécifiques aux voies de circulation importantes afin d'éviter la traversée de zones habitées ;*
- *bâcher les bennes transportant des matériaux secs ou de petite granulométrie, afin de limiter les envols de poussières.*

2. Cabotage

Au premier abord cette solution peut faire sourire. Toutefois avant de la rejeter définitivement, il nous semble nécessaire de l'examiner dans le détail. A l'exception de Ouangani, les 16 autres communes de l'île se trouvent sur la côte (ou à proximité immédiate), seuls quelques villages sont situés à l'intérieur de l'île, les plus importants étant Combani, Kahani, Coconi, Barakani, Vahibé et Ongajou. Actuellement, chaque commune (ou village) dépend de la route pour la totalité de ses approvisionnements et l'évacuation de ses propres produits (y compris ses déchets). L'augmentation de la population d'ici 2010 entraînera un nombre de plus en plus grand de véhicules particuliers (à noter que lors du recensement de 1997, 15 % des ménages disposaient d'un véhicule contre 9 % en 1991) ainsi qu'une augmentation des transports de marchandises. Le réseau routier de l'île n'étant pas extensible à l'infini, il sera nécessaire de trouver des alternatives, au moins au transport routier des marchandises, d'où l'idée du cabotage. Sa mise en place exigera la création de quais de chargement – déchargement, d'aires de stockage, la constitution d'une flottille de "barges" prenant en compte le phénomène des marées, etc. Le transport des granulats pourrait s'intégrer dans un tel schéma.

3. Ouverture d'une carrière sur la côte ouest

Une autre solution pourrait consister à ouvrir une exploitation de granulats sur la côte ouest, dans la région de Sada par exemple. En effet les prévisions de population en l'an 2010 pour cette région, dans l'hypothèse basse de l'INSEE, sont de 48 414 habitants (*Source : SRADT Mayotte de juin 1997*) correspondant à une demande en granulats, sur la base d'un ratio de 5 t/an/hab, de 242 070 t/an (soit près de 49 % de la production estimée en 1998). De plus la réalisation dans cette région de la 3^{ème} retenue collinaire (au niveau du Mro Ourouvéni) nécessitera des enrochements qu'il faudra trouver localement.

LA PRÉSERVATION DE L'ENVIRONNEMENT

1. Préambule

Le Schéma des Carrières doit tenir compte des espaces protégés au titre de l'environnement, par contre les documents d'urbanisme (POS, ...) ne sont pas pris en compte car sujets à des évolutions fréquentes. Les règles d'urbanisme et notamment celles qui gèrent l'environnement s'appliquent par contre dans toute leur plénitude.

Au niveau métropolitain, les contraintes d'environnement ont été répertoriées et regroupées, le plus souvent, en trois grandes catégories :

- **Classe I - protection juridique forte : interdiction réglementaire ou découlant de règlements particuliers.** Cette classe comprend les espaces bénéficiant d'une protection juridique forte, au sein desquels l'exploitation des carrières est interdite. Cette interdiction pourra être explicite dans le texte juridique portant protection (interdiction réglementaire à caractère national ou interdiction découlant de règlements particuliers), ou se déduire de celui-ci (interdiction indirecte). C'est le cas *des zones de conservation de biotope, des réserves naturelles, des sites classés, des périmètres de protection immédiat et rapproché des points de prélèvement d'eau potable, etc.* ;
- **Classe II - protection non juridique forte : sensibilité très forte.** Cette classe comprend les espaces présentant un intérêt et une fragilité environnementale très importante, concernés par des mesures de protection, des inventaires scientifiques, ou d'autres démarches visant à signaler leur valeur patrimoniale. Des ouvertures de carrières peuvent y être autorisées sous réserve que l'étude d'impact démontre que le projet n'obère en rien l'intérêt du site : en particulier, des prescriptions très strictes pourront y être demandées. C'est le cas des *zones naturelles d'intérêt écologique, floristique et faunistique (ZNIEFF), des zones importantes pour la conservation des oiseaux (ZICO), des zones de protection spéciales (ZPS), etc.* ;
- **Classe III : zones particulières.** Cette classe comprend des espaces de grande sensibilité environnementale. A ce titre, les autorisations de carrières dans ces zones feront l'objet de prescriptions particulières adaptées au niveau d'intérêt et de fragilité du site.

Les orientations et objectifs des SDAGE et SAGE existants pouvant concerner les carrières doivent également être pris en compte.

A Mayotte, il n'est pas encore possible d'appliquer ce classement, les différentes contraintes n'ayant pas encore fait l'objet d'études précises. L'article 51 (Chapitre III) de la loi n° 2001-616 du 11 juillet 2001 modifiant le Titre V du Livre VI du Code de l'environnement rend applicable à Mayotte certains articles instaurant :

- un inventaire départemental du "patrimoine naturel recensant les sites, paysages et milieux naturels" ;
- une interdiction (ou une limitation) "d'extraire des matériaux non visés à l'article 2 du code minier (substances minières) lorsqu'elle risque de compromettre, directement ou

indirectement, l'intégrité des plages, dunes littorales, falaises, marais, vasières, zones d'herbiers, frayères, gisements naturels de coquillages vivants et exploitations de cultures marines" ;

- un inventaire des sites inscrits et classés : "monuments naturels et sites" ;
- des protections pour "des territoires remarquables par leur intérêt paysager" ;
- la préservation du patrimoine biologique lorsque "les nécessités de sa préservation justifient la conservation d'espèces animales non domestiques ou végétales non cultivées ...".

La prise en compte des contraintes environnementales, prévue dans la circulaire du 11 janvier 1995 relative au schéma départemental des carrières, ne pourra être effective à Mayotte qu'après l'établissement de ces contraintes (règlement et cartographie). Comme il a été dit à la fin du chapitre "Réglementation", le schéma des carrières sera révisé lorsque son économie générale aura été modifiée, c'est-à-dire lorsque les conditions qui ont présidé à la définition de ses orientations et objectifs auront notablement évolué. Chaque fois qu'une contrainte aura été définie et rendue opposable, elle sera intégrée au schéma et ses conséquences sur ce dernier indiquées.

Cependant, et même si elles ne sont pas toujours opposables, certaines "contraintes" sont connues et méritent d'être prises en compte.

2. Points de prélèvement d'eau potable

Les points de prélèvement d'eau potable correspondent soit à des prélèvements en rivière, soit à des forages. La législation prévoit que tous ces points soient dotés de périmètre de protection (périmètres de protection immédiat, rapproché et éloigné). La possibilité d'ouvrir des carrières à l'intérieur de ces périmètres est prévue dans le règlement correspondant. En première approche, on peut considérer que les carrières seront strictement interdites à l'intérieur des périmètres immédiat et rapproché et soumises à avis de l'Hydrogéologue agréé pour le périmètre éloigné. Les points de prélèvement d'eau potable, actuels et dans un futur proche (forages devant être mis en exploitation suite à la campagne 1999 – 2000 de recherche d'eau), sont regroupés dans le tableau 13 ci après :

Nature	Localisation	Désignation	Etat	X	Y	N° site
Prélèvement de surface	Apandzo	P7	Exploité	514,60	8 581,42	1
	Bandazia	G9	Exploité	510,96	8 589,56	2
	Batirini	G8	Exploité	511,11	8 588,97	3
	Boungoumouhe	G10	Exploité	510,43	8 589,50	4
	Bouyouni bas	A5	Exploité	515,11	8 591,32	5
	Bouyouni haut	A5H	Exploité	516,02	8 589,93	6
	Comba drain	D12	Exploité	515,94	8 585,62	7
	Dembéni bas	C7	Exploité	518,98	8.580,80	8
	Dembéni haut	C7H	Exploité	517,37	8 579,66	9
	Dzoumogné	A2	Exploité	511,96	8 593,90	10
	Dzoumogné est	A2-D3	Exploité	511,75	8 593,69	11
	Dzoumogné ouest	A2H	Exploité	511,37	8 594,67	12
	Gouloué	C3	Exploité	520,57	8 586,25	13
	Kwalé haut	C4H	Exploité	518,40	8 584,94	14

Prélèvement de surface	Longoni	A9H	Exploité	517,65	8 592,14	15
	Meresse	A4	Exploité	514,46	8 592,67	16
	M'gombani	A10	Exploité	519,13	8 592,57	17
	Mouala	G5H	Exploité	515,49	8 588,45	18
	Mougohoni	A2-D4	Exploité	512,49	8 593,67	19
	M'rwalé	G6H	Exploité	511,78	8 586,91	20
	M'tsangamouji	G12H (M4)	Exploité	509,14	8 590,13	21
	Ourovéni	G5	Exploité	512,94	8 583,70	22
	Soulou	G7	Exploité	511,38	8 587,96	23

Tabl. 15 : Points de prélèvement de surface d'eau potable à Mayotte.

Nature	Localisation	Désignation	Etat	X	Y	N° site
Forages	Kawéni	1230-7X-0011 F1	Exploité	523,71	8 588,78	F1
	Kawéni	1230-7X-0012 F2	Exploité	523,75	8 588,94	F2
	Kawéni	1230-7X-0020	Non exploité	524,06	8 589,26	F3
	Kawéni	1230-7X-0021	Non exploité	523,605	8 589,49	F4
	Béja	1230-6X-0014	Non exploité	511,44	8 590,22	F5
	Koualé	1230-7X0022	Exploité	519,97	8 585,46	F6
	Tsararano	1231-3X-0021	Non exploité	518,50	8 580,80	F7
	Mréréni	1231-2X-0035	Non exploité	516,88	8 573,39	F8
	Mronabeja	1231-6X-0032	Non exploité	513,47	8 565,63	F9
	Mtsangamouji	1230-6X-0017	Non exploité	509,36	8 590,57	F10
	Mtsangamouji	1230-6X-0016	Non exploité	509,27	8 590,38	F11

Tabl. 16 : Points de prélèvement d'eau potable par forage à Mayotte.

3. Sites archéologiques

Les informations qui suivent sont extraites du "*Répertoire des sites archéologiques de Mayotte*" de H.-D. Liszkowski. Les sites retenus ont été classés en 3 périodes :

- la période archaïque (VIII^e – XIII^e s.) : 4 sites ;
- la période de Transition (XIV^e – XV^e s.) : 3 sites ;
- la période Classique (XVI^e – XVIII^e s.) : 7 sites.

Les données relatives à ces sites sont synthétisées dans le tableau 17 ci-après :

Période	Localisation	X	Y	N° site
Archaique VIII ^e – XIII ^e s.	Koungou	522,24	8592,72	1
	Majikavo	524,48	8591,02	2.1
		524,45	8590,95	2.2
		524,46	8590,81	2.3
	Dembeni	519,30	8581,27	3.1
		519,82	8581,13	3.2
	Bagamoyo	529,24	8588,22	4.1
		528,70	8587,64	4.2
Transition XIV ^e – XV ^e s.	Polé	530,07	8588,21	5
	Mtsamboro	507,30	8596,40	6
	Soulou	510,82	8587,42	7
Classique XVI ^e – XVIII ^e s.	Dzaoudzi	Le site a disparu		
	Mirandole	528,75	8587,38	8
	Maouéni	513,90	8592,97	9
	Tsingoni	511,30	8586,37	10
	Domwéli	510,94	8580,06	11
	Jimawé	Non repérable sur la carte		
	Bandrélé-Mjini	520,59	8573,17	12

Tabl. 17 : Sites archéologiques de Mayotte.

Les coordonnées géographiques de ces sites ne sont données qu'à titre indicatif, leur implantation ayant été faite à partir des indications et des extraits de carte inclus dans le répertoire.

4. Forêt

2 documents cartographiques prennent en compte des "réserves forestières" : les cartes IGN au 1/50000 et 1/25000 (références 4410 nord : Mamoudzou et 4410 sud : Sada) ainsi que le SRADT de Mayotte. Après renseignements auprès des Administrations concernées (DAF et Délégation à l'environnement) il apparaît que ces "réserves forestières" ne font l'objet d'aucune protection réglementaire opposable aux tiers.

Le SRADT découpe le territoire mahorais en un certain nombre d'espaces : espaces agricoles de protection forte, espaces à vocation naturelle, espaces naturels de protection forte, espaces naturels remarquables du littoral. Bien que cartographiés (mais non géo-référencés), ces espaces ne sont pas repris dans le rapport d'accompagnement ce qui n'a pas permis de les prendre en compte dans le présent schéma (l'absence de géo-référencement en rendant impossible toute représentation cartographique fiable).

Les limites des "réserves forestières" portées sur les cartes IGN (et donc géo-référencées) ne correspondent à aucun des espaces cartographiés dans le SRADT. Le SdC devant être compatible avec le SRADT, nous ne les avons donc pas pris en compte (en outre l'absence de tout règlement opposable n'aurait pas permis de les classer comme "contraintes" mais seulement de parler de "sensibilités environnementales").

Il existe à Mayotte un certain nombre de "ces sensibilités environnementales" qui mériterait d'être érigé en contraintes avec représentation cartographique précise et règlement opposable aux tiers (et qui prendrait en compte la notion de carrières). Le Code de l'Environnement, dans ses articles applicables à Mayotte, en prévoit d'ailleurs la réalisation. Le Schéma des Carrières devra être complété au fur et à mesure de l'élaboration de ces documents (rapport et carte).

LES PROBLÈMES LIÉS À LA REMISE EN ÉTAT

1. Impact des carrières existantes sur l'environnement

D'une façon générale, les carrières, par leur nature et par les moyens de production mis en œuvre, ont un impact certain sur l'environnement. Toutefois des exploitations bien conduites peuvent s'intégrer à l'environnement et présenter, à terme, une évolution des lieux valorisante. Il y a donc lieu d'examiner séparément les impacts durant l'exploitation et les impacts après exploitation.

1.1 Impacts de l'activité "carrière"

Les atteintes que peuvent porter les carrières à l'environnement sont variables selon les sites, et le public y est de plus en plus sensible. Ceci d'autant plus que les réserves de certains matériaux s'épuisent, les carrières se rapprochent de plus en plus de l'urbanisation existante. Pour faciliter l'analyse, elles ont été classées en quatre catégories :

- effets sur l'atmosphère : bruits, vibrations, poussières ;
- effets sur les paysages ;
- effets sur les milieux aquatiques : eaux superficielles et souterraines et écosystèmes associés ;
- effets sur les milieux naturels : habitat, faune, flore.

1.1.1 Impacts sur l'atmosphère

a) bruits

Dans les carrières, on peut distinguer :

- les émissions sonores dues aux installations de traitement des matériaux qui sont à l'origine d'un bruit continu et répétitif ; à leur source leur niveau sonore avoisine 100 dB ;
- les émissions sonores "impulsionnelles" et brèves, de valeurs beaucoup plus fortes généralement (tirs de mines) ;
- les émissions sonores provoquées par la circulation des engins de transport des matériaux.

La propagation des bruits est fortement liée à la climatologie (vents dominants, gradient thermique, pluie, brouillard) et à la topographie des lieux.

La réduction des émissions doit être une préoccupation essentielle compte-tenu de la sensibilité des populations proches, (à titre d'exemple, et si cela est possible, l'emploi de pelle hydraulique peut être préférable à des tirs de mines). De fait, très souvent, le choix doit être fait entre bruit ponctuel et bruit continu, le premier n'étant pas forcément celui qui engendre le plus de désagréments.

Pour réduire les émissions sonores provoquées par l'abattage et le transport, on pourra prendre les mesures suivantes :

- profiter de la topographie naturelle (creux et buttes) pour l'orientation du front de taille ;
- réduire le roulage dans la carrière (utilisation de convoyeurs) ;
- procéder aux tirs à jours et heures fixes, après informations des riverains et en utilisant des détonateurs à micro-retards.

Dans le cas des installations de traitement, on pourra :

- s'éloigner au maximum des riverains ;
- interposer un écran (merlon de terre, boisé ou non) entre la source et les riverains ;
- agir sur la conception des machines (mise en place de toiles caoutchouc sur les surfaces métalliques soumises à des projections de pierres) ;
- voire enfermer totalement les matériels bruyants dans des bâtiments ou des capotages.

b) vibrations

Les vibrations du sol sont ressenties comme une gêne par les personnes et peuvent causer des dégâts aux constructions, à partir de certains seuils. Deux types de mouvements caractérisent principalement les vibrations générées par les carrières :

- les mouvements stationnaires liés à l'activité des unités de traitement des matériaux ;
- les mouvements transitoires liés aux tirs de mines, qui ne concernent que les carrières de roches massives.

En ce qui concerne le premier type de mouvement (mouvement stationnaire), leur propagation dépend en grande partie de la nature géologique des terrains traversés ; leur fréquence s'établit dans une fourchette comprise entre 5 et 10 Hz. Les déplacements éventuels associés à ce type de vibrations sont quasi-inexistants.

Le niveau des vibrations induites par un tir (mouvement transitoire) en un point donné est fonction de la charge d'explosifs tirée instantanément (par numéro de retard) et du sens d'orientation des tirs vis-à-vis des habitations, de la distance au lieu d'explosion et de la nature des terrains traversés.

Pour y remédier, on pourra :

- exécuter les tirs à jours et heures fixes ;
- réduire la charge unitaire en utilisant des détonateurs électriques à micro-retards qui engendrent des vibrations perçues séparément, sans accroissement de l'amplitude maximale ;
- orienter les fronts d'abattage de manière adaptée à la fissuration et au pendage des couches ;
- éventuellement utiliser divers autres procédés de minage (prédécoupage, barrières de trous forés, ...).

c) projections

Lors des tirs de mines, des incidents peuvent intervenir et certains peuvent se traduire par des projections de blocs. Ces projections intempestives, dues à une mauvaise interaction roche-explosif, sont heureusement rares dans les exploitations bien conduites.

Afin d'y remédier, on pourra :

- choisir l'explosif et le positionner en mettant à profit les plans de discontinuité ;
- tenir compte des fractures naturelles et du pendage des plans de stratification pour orienter les fronts d'abattage ;
- répartir, le cas échéant, la charge explosive afin d'éviter les projections dues aux zones de moindre résistance.

d) poussières

Les poussières constituent la principale source de pollution de l'air lors de l'exploitation des carrières. Elles sont occasionnées par le transport et le traitement des matériaux et, dans le cas de carrières de roches massives, par la foration des trous de mine et l'abattage de la roche. Comme dans le cas du bruit, l'importance des émissions de poussières dépend de la topographie et de la granulométrie des éléments véhiculés. Les émissions de poussières peuvent avoir des conséquences sur la sécurité publique, la santé des personnes, l'esthétique des paysages et des monuments, la faune et la flore.

L'isolement de la carrière n'est pas une protection absolue. En effet, la gêne vient surtout, par temps sec, de la traversée des agglomérations par les camions transportant les matériaux.

Pour y remédier, on pourra :

- mettre en place des écrans naturels ou artificiels (front de taille concave, écrans végétaux, levées de terre, ...) ;
- aménager les stockages (limitation de la hauteur, stockage des matériaux fins abrités, ...) ;
- utiliser des convoyeurs ;
- limiter la vitesse de roulage ;
- arroser les pistes de circulation et les stocks par temps sec ;
- revêtir les pistes de circulation ;
- utiliser des outils de foration équipés de dépoussiérage autonome ;
- intégrer les données météorologiques (direction et force des vents dominants) dans le plan d'exploitation de la carrière ;
- au niveau des installations de traitement, mettre en place des dispositifs de captage ou des moyens de rétention des poussières au niveau des points d'émission (alimentation de l'installation, concasseurs et cribles primaires, postes des étages secondaires et éventuellement tertiaires, etc.).

1.1.2. Impacts potentiels sur les paysages et le patrimoine culturel et cultuel

L'activité "carrière" a un impact certain sur les paysages en fonction de la topographie des lieux (reliefs, plaines, ...), de la nature du gisement exploité (roches massives, terres argileuses, pouzzolane) et des techniques d'exploitation utilisées. La suppression du couvert végétal, l'apparition d'installations de traitement, de stocks de matériaux, d'engins

d'extraction et de chargement modifient obligatoirement l'aspect initial du site concerné par une carrière. Chaque espace concerné constitue donc un cas particulier, notamment en fonction de la diversité des paysages, du degré d'artificialisation, des perceptions depuis les routes, les monuments, ...

Dans le cas de Mayotte, les exploitations sont situées à flanc de coteau et leur l'impact visuel sur les paysages s'apprécie :

- depuis les flancs de la vallée (vision à moyenne et longue distance des routes, villages) ;
- depuis le fond de la vallée (vision à courte distance limitée par les écrans végétaux).

En outre l'évaluation de l'impact visuel doit prendre en compte la fréquentation des sites d'observations. Les points de vue depuis les flancs de vallées n'ont pas nécessairement une même valeur.

La multiplication de carrières dans une même zone peut conduire à un effet de "mitage" très dommageable du point de vue paysager.

Une façon de diminuer l'impact visuel d'une carrière est de privilégier le mode d'exploitation dit "en dent creuse". Lorsque cela sera possible, l'implantation de la carrière sera faite au sommet d'un plateau ou d'une colline élevée. Son accès ne se fera pas face au front de taille mais en biais (entrée dite "en sifflet") afin de laisser en place un merlon qui masquera l'entrée de la carrière et la partie basse du front de taille.

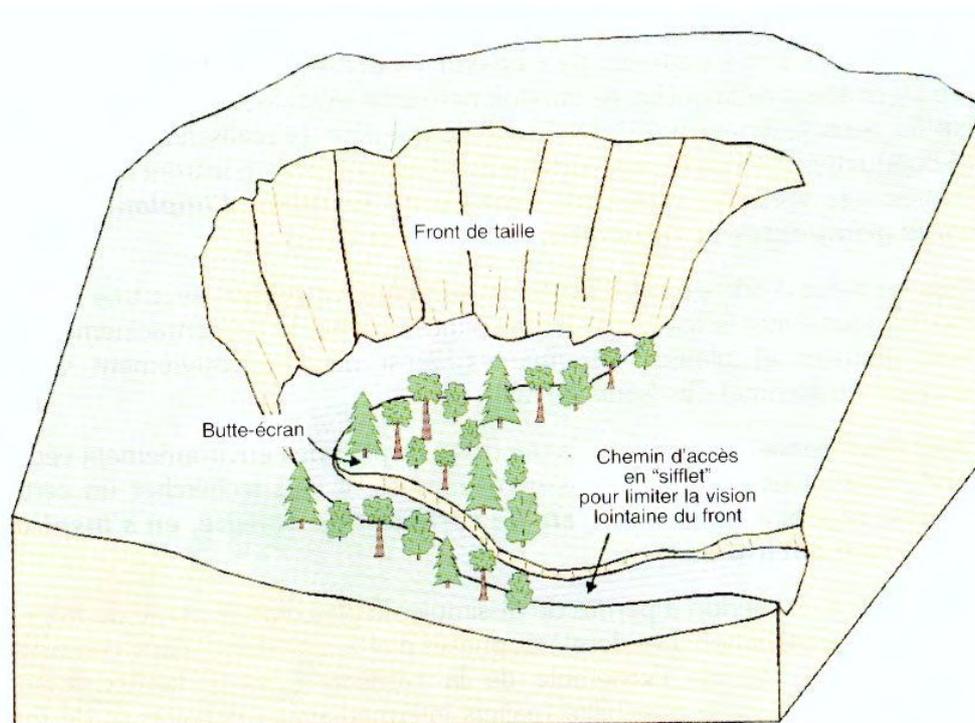


Fig.1 : Principe d'une carrière dite "en dent creuse" (d'après la brochure : "Remise en état des carrières" du Ministère de l'Environnement).

En ce qui concerne le patrimoine culturel et culturel, les extractions peuvent notamment être à l'origine de la destruction de sites archéologiques ou de dommages aux édifices (émissions de

poussières, vibrations). Mais elles peuvent aussi être à l'origine de découvertes archéologiques enrichissantes pour la collectivité.

1.1.3. Impacts sur les milieux aquatiques

Dans le cas des exploitations en roches massives, les impacts potentiels résultent principalement des émissions de poussières qui peuvent entraîner des perturbations de la qualité des eaux de ruissellement et du milieu aquatique récepteur (fossés, ravines, ruisseau, lagon, etc.).

1.1.4. Impacts sur les milieux naturels

Pour ce qui concerne les roches massives, l'impact écologique est, pour le territoire mahorais, la disparition des zones boisées et l'apparition, à terme, de padzas. Cependant il est possible de reconstituer partiellement ou totalement ces milieux en permettant une recolonisation spontanée par une végétation pionnière.

1.2 Potentialités de l'après-exploitation

On peut assimiler ces potentialités à des impacts positifs dès lors qu'elles sont développées dans un cadre structuré répondant à de véritables besoins et en fonction d'un équilibre général :

- la carrière peut être le moyen de mettre en valeur le milieu écologique préexistant, le front de taille donnant à un sentier de découverte ou un GR un attrait supplémentaire ;
- une carrière peut devenir un haut-lieu de la connaissance des structures géologiques ;
- une exploitation peut participer à l'amélioration, à la réhabilitation d'un espace en participant au reboisement d'une zone dénudée.

2. Orientations à privilégier pour le réaménagement des carrières

2.1 Cadre général

L'exploitation d'une carrière constitue une occupation temporaire du sol. A son issue, cet espace doit retrouver sa vocation d'origine ou une utilisation précisée dans le projet. Afin de fixer les idées, on peut rappeler les définitions suivantes :

- **remise en état** : ensemble des travaux destinés à effacer, ou limiter, les traces de l'exploitation et à favoriser la réinsertion des terrains dans le site, ou plus généralement, dans le milieu environnant. Seule la remise en état est à la charge du carrier ;
- **réaménagement** : opération qui suppose la mise en place d'un processus complémentaire à la remise en état, dépassant le cadre de l'exploitation de la carrière et relevant de la seule volonté du propriétaire ou du futur gestionnaire du foncier. Il apporte à la zone exploitée une vocation nouvelle créatrice d'avantages d'ordre économique ou écologique ;

- **réhabilitation** : opération de remise en état et, éventuellement, de réaménagement concernant certaines carrières anciennes qui, n'ayant pas, ou mal, été remises en état, constituent des sites dégradés et présentent des risques potentiels.

La remise en état d'une carrière en fin d'exploitation doit conduire à faire oublier, à terme, que le site a été l'objet d'une extraction. Ainsi, si la remise en état prévoit une restitution paysagère, celle-ci doit s'insérer dans l'environnement paysager (typologie du relief, choix des essences, ...). Si la remise en état doit intégrer un projet d'aménagement, le site restitué devra *in fine* pouvoir être perçu comme ayant été modelé pour accueillir le dit projet. Toute artificialisation du paysage devra être proscrite. Exceptionnellement, dans le cadre d'un projet pédagogique, des éléments d'une ancienne exploitation pourront être conservés (mémoire collective, aspects géologiques,...).

L'objectif de la remise en état est donc multiple :

- mettre en sécurité le site (limiter les risques de chutes de blocs, d'éboulements, ...)
- redonner une vocation au site qui ne doit pas devenir une friche mais doit être réaffecté à d'autres usages (agricole, touristique, loisirs, écologique, ...)
- assurer un environnement satisfaisant en recréant un cadre de vie adapté au milieu et cohérent avec l'aménagement du secteur ;
- faciliter l'acceptation des exploitations de carrières.

Le législateur a indiqué les principes et les règles de base de la remise en état. Il appartient au pétitionnaire de rechercher et de proposer les mesures et solutions adaptées qui tiennent compte de l'environnement du site. C'est dans le cadre de l'étude d'impact qu'il devra justifier le parti choisi et présenter un projet réaliste, crédible, suffisamment précis et cohérent avec les projets locaux.

Le Code de l'environnement ayant prévu qu'à Mayotte les exploitations de carrières sont soumises à autorisation administrative (article L. 651-7), la définition et les prescriptions relatives à la remise en état devront se faire au moment de l'octroi de l'autorisation de chaque carrière et seront précisées dans l'arrêté préfectoral d'autorisation.

2.2 Le choix du type de réaménagement

De nombreuses possibilités d'aménagement existent mais le choix n'est pas toujours aisé et est en général conditionné par de nombreux facteurs.

2.2.1 Les facteurs techniques

Les caractéristiques mêmes du site conditionnent sa remise en état.

L'épaisseur de la découverte joue également un rôle déterminant, les stocks de découverte permettant, selon leur quantité, d'aller du remodelage au remblaiement partiel du site.

Dans le cas d'exploitations de roches massives, comme c'est le cas à Mayotte, la nature de la roche influe directement sur le réaménagement. Une roche dure implique la persistance d'un

front de taille alors qu'une roche meuble permet un remodelage plus important et donc un retour à un état proche de l'état initial.

2.2.2 Les facteurs environnementaux

La remise en état doit être cohérente avec le contexte dans lequel s'inscrit le site. Le choix ne sera donc pas le même en secteur rural qu'en secteur urbain. Il est possible d'inclure dans le règlement des P.O.S. un article autorisant l'implantation des carrières à la condition que le réaménagement prévu respecte le choix de la commune, quant au devenir de la zone.

L'insertion du réaménagement dans le paysage revêt un caractère primordial. Le degré d'exploitation du secteur (mitage) doit être un facteur important dans la décision finale.

L'exploitation de «nouveaux» secteurs pose le problème du choix du type des premiers réaménagements car ceux-ci auront une influence sur les suivants.

2.2.3 Les facteurs liés à la gestion

L'expérience montre que la pérennité de la gestion du site après exploitation est un point fondamental dans tous les cas de figure, aussi il convient de privilégier l'option de réaménagement qui offre les meilleures garanties de gestion après remise en état et réaménagement éventuel (maître d'ouvrage, crédibilité technique et financière du projet tant en investissement qu'en fonctionnement, ...).

2.3 Principes généraux de remise en état

Dans la mesure du possible, la préférence doit être accordée à l'aménagement qui ira dans le sens d'un retour à l'équilibre naturel antérieur, faisant appel à la flore et à la faune indigène.

Dans tous les cas une bonne remise en état des sols, pour être pleinement efficace, devra toujours être guidée par l'objectif d'aménagements ultérieurs.

Les carrières ouvertes sur le l'île de Mayotte sont essentiellement des carrières de roches massives (basaltes, phonolites, ponces) et dans une moindre mesure des carrières de roches meubles (pouzzolane et "terres" pour BTC).

2.3.1 Les carrières en roches massives

Les carrières de roches massives sont le plus souvent ouvertes à flanc de coteau (chaque fois que cela sera possible, l'exploitation en "dent creuse" ou le maintien d'écran naturel sera recherchée), laissant en fin d'activité des fronts de taille et des carreaux à réhabiliter. A Mayotte la totalité des carrières produisant des granulats est de ce type. Leur remise en état devra permettre de concilier la sécurité et l'intégration dans le paysage. Cela nécessitera :

- d'assurer la stabilité des fronts sur le long terme ;
- d'assurer l'intégration des fronts de taille de grande hauteur dans les lignes de force de l'entité paysagère locale ;
- de limiter la hauteur des fronts en créant d'éventuels gradins intermédiaires ;

- de casser la monotonie des gradins horizontaux qui soulignent le front de la carrière par une alternance d'éboulis ;
- de revégétaliser les banquettes et fronts de taille par la plantation d'essences locales adaptées au milieu.

a) stabilisation et aménagement des fronts

La première cause de l'instabilité d'une paroi rocheuse se trouve dans les discontinuités et les hétérogénéités affectant la roche. Un des objectifs de la remise en état sera la mise en sécurité du front de taille de manière à éviter tous risques d'accidents. Pour cela plusieurs techniques existent :

- des protections mécaniques comme la pose de grillage ou la projection de béton, ... ;
- des purges naturelles du front de taille ;
- des reprises de terrassement : talutage, ... ;
- des purges à l'explosif dont le dernier tir peut être laissé en place, créant ainsi un talus en pied de paroi, en interdisant l'approche ;
- le balisage en sommet ou la pose d'une clôture.

Ces solutions peuvent être combinées entre elles.

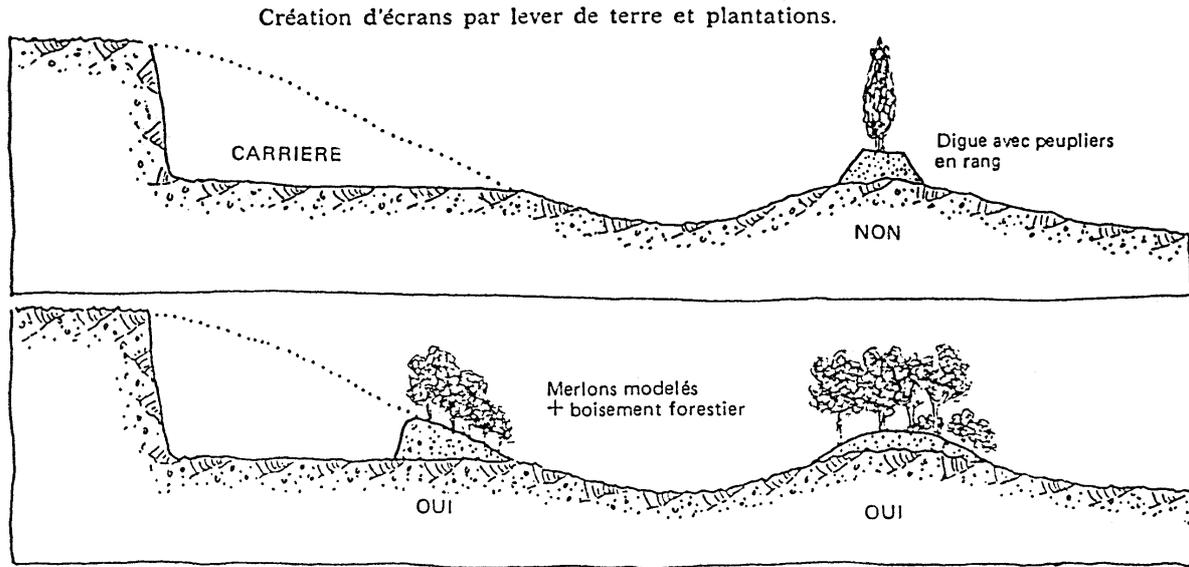
Après la stabilisation du front, une phase de végétalisation peut être envisagée. A cette fin, la hauteur du front doit se présenter subdivisée en banquettes. Les plantations se feront sur un sol reconstitué (les principes essentiels de reconstitution d'un sol seront vus dans le chapitre "Aménagement du carreau").

Dans des sites de grandes dimensions on peut utiliser un traitement par projection hydraulique d'un mélange composé de graines et d'activateur biologique pour stimuler la pousse de plantes couvrantes, grimpantes et tombantes.

Pour réduire encore l'impact visuel un merlon végétalisé peut être créé à l'avant du front (fig 2). L'idéal étant de le mettre en place au début de l'exploitation.

En fin de travaux ce merlon peut :

- soit être conservé pour continuer à jouer son rôle d'écran. C'est le cas des carrières dont l'impact visuel est fort ;
- soit être retiré si sa fonction était essentiellement de réduire les nuisances temporaires de l'exploitation (bruit, poussière, installations, ...).



NB : la notion de peupliers ne s'applique pas à Mayotte mais pourrait être remplacée par des essences locales.

Fig. 2 : Les merlons végétalisés (d'après L.C.P.C., 1980).

b) aménagement du carreau

Quelque que soit le choix du réaménagement final la remise en état du site impose la reconstitution d'un sol.

Le cas idéal est le transfert direct des terres de découverte sur la partie à remettre en état pour éviter au maximum tout stockage. Les couches sont répandues au ripper (engin à chenilles muni d'une griffe) de manière à ne pas compacter le sol.

La reconstitution du sol est détaillée dans une étude du CEMAGREF Nancy.

⇒ Niveau 1 : Remblayage et remodelage

Les matériaux, généralement les éléments grossiers des stériles, doivent être inertes et non fermentescibles afin de ne pas contaminer la nappe phréatique. Ces matériaux sont hétérogènes et grossiers ce qui va empêcher la montée capillaire. La couche supérieure devra donc être composée de particules plus fines.

⇒ Niveau 2 : Apport de matière à dominante minérale

Cette couche constituera le sol proprement dit. Constituée d'éléments fins, elle permettra la prospection racinaire. Elle peut être formée par des stériles de découverte (horizons minéraux initiaux), de stériles d'exploitation ou de matériaux d'apport répondant aux conditions exposées précédemment.

⇒ Niveau 3 : Apport de matière à dominante organique

Cette couche de surface est représentée par la terre végétale du site ou de la terre importée. Des amendements organiques sont possibles si nécessaire.

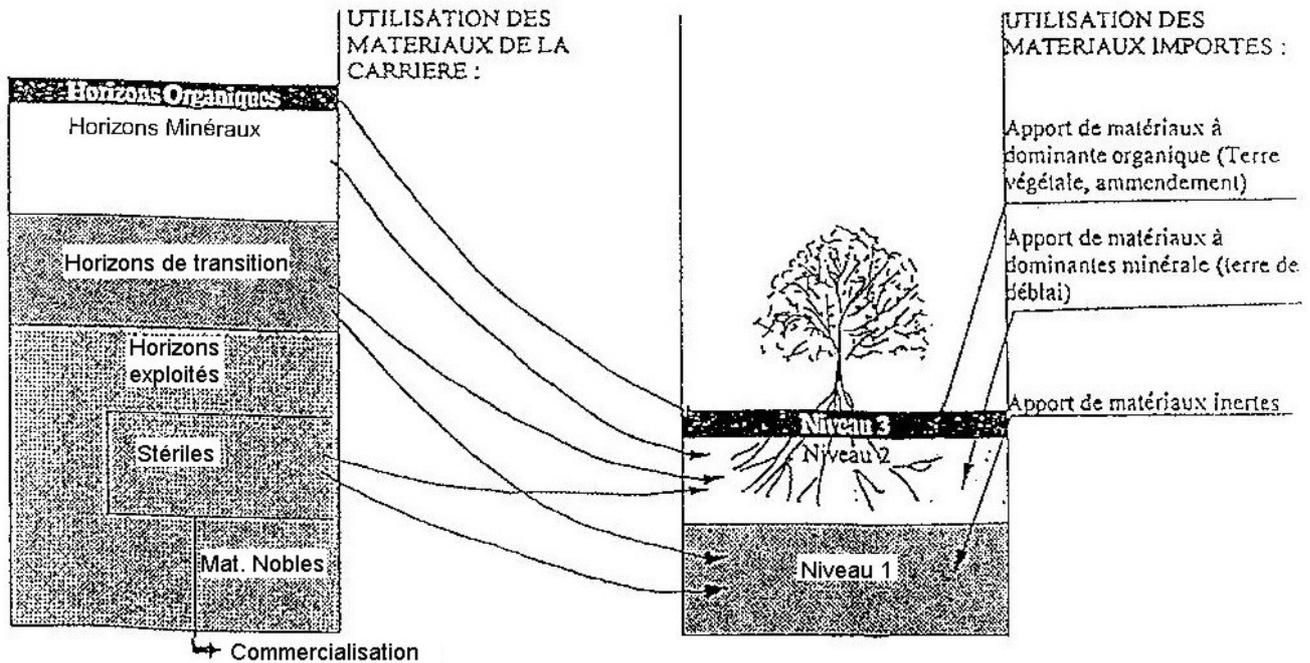


Fig. 3 : Principe de reconstitution d'un sol (CEMAGREF, 1984).

Avant la disposition de ces différentes couches, le carreau devra être remodelé de façon à favoriser l'écoulement général des excès d'eau.

Les principes généraux suivants devront être respectés (extraits de "Réaménagement forestier des carrières de granulats. Cemagref –Comité de la Taxe parafiscale sur les Granulats – mars 2000") :

- la remise en état du sol est l'une des étapes fondamentales du succès ou de l'échec d'un réaménagement forestier.

Le sol mahorais présente généralement des horizons organiques peu épais (quelques centimètres) qui au mieux peuvent être décapés tous ensemble (quand leur épaisseur totale a plus de 0,20 m) ou sinon doivent être décapés avec l'horizon organo-minéral ;

- Le décapage doit être réalisé de préférence avec une pelle mécanique sur chenille, les boteurs ou bulldozers qui poussent le sol sont fortement déconseillés.

Le décapage du sol doit avoir lieu en conditions sèches ;

- l'horizon organo-minéral et l'horizon minéral doivent être stockés séparément.

Le stockage provoque des modifications physiques et chimiques dans les sols mais n'induit pas de modifications irréversibles. Elles peuvent être facilement corrigées par des amendements ou une fertilisation. Les manipulations du sol en mauvaises conditions

peuvent elles, provoquer des destructions durables de la structure du sol (compaction, destruction de la porosité, ...).

Le stockage doit être établi sur un emplacement sain, au besoin drainé, en tas de 2,5 m de haut pour l'horizon organo-minéral et 3,5 m pour les stériles. Le sommet du tas doit avoir une pente de 5 % et être ensemencé. Des durées de stockage de 2 à 3 ans ne nuisent pas au réaménagement ultérieur ;

- les épaisseurs du remblai et du sol à remettre en place doivent amener l'espace racinaire en dehors de la zone de battement de la nappe phréatique. Le niveau du sol reconstitué doit donc être au moins à 1 m au-dessus du niveau de la crue décennale de la nappe ;
- une espèce au système racinaire traçant ne sera pas installée sur un sol très perméable. Une espèce à système racinaire pivotant et profond ne sera pas installée sur une banquette de roche compacte même recouverte de terre végétale ;
- les remblais doivent être disposés en fond de fouille, les plus grossiers et les moins perméables au fond et les plus graveleux et les plus perméables au-dessus. Le toit du remblai doit être modelé de manière à permettre l'évacuation des eaux de pluie ;
- les reconstitutions de l'horizon minéral et de l'horizon organo-minéral doivent être effectuées avec le même soin en ce qui concerne l'absence de compactage des différentes couches remises en place :
 - ***le sol ne doit être manipulé qu'en condition sèche (en dessous de la limite de plasticité) ;***
 - ***les engins transportant la terre ne doivent circuler que sur les futures voies de desserte ;***
 - ***la remise en place des terres doit être effectuée si possible avec un dumper et une pelle sur chenille ;***
 - ***si un scraper doit être utilisé, il ne doit pas rouler sur les horizons supérieurs et chaque couche déposée doit être rippée pour la décompacter ;***
- le sol, avant mise en place de la plantation, ne doit pas présenter de zone compactée dans ses 2 premiers mètres. Un sous-solage profond (1 m) dans certains sols peut être efficace ;
- toute zone de compaction non détruite avant la plantation sera la cause :
 - d'une limitation de la zone de prospection des racines en créant une barrière physique à leur croissance ;
 - d'une source d'hydromorphie et d'engorgement superficiel ;
- l'utilisation des fines de décantation (dans la cas où les granulats seraient lavés avant commercialisation) est à promouvoir en testant les meilleures conditions de manipulation et de mélange à l'horizon minéral afin d'augmenter la réserve utile des sols.

Remarque : Comme c'est souvent le cas, la quantité de matériaux nécessaire à la reconstitution d'un sol est souvent insuffisante et la qualité médiocre dans une perspective de reboisement ou d'exploitation agricole. L'utilisation de compost pourrait alors être une bonne alternative.

Dans certains cas la carrière peut être complètement remblayée en utilisant les stériles d'exploitation et des matériaux importés. Cette méthode permet de supprimer toutes traces d'exploitation. Cette technique trouve tout son intérêt à Mayotte dans le cadre du plan de gestion des déblais inertes.

c) utilisation possible du site après remise en état

Une fois la stabilisation des fronts et la reconstitution du sol effectuées, le site peut faire l'objet de divers aménagements (agriculture, aire de repos, sentier de découverte, parcours sportif et même lieu de spectacle, ...).

Ceci n'est pas du ressort de l'exploitant dont le rôle est cependant de préparer le site à accueillir sa future affectation.

d) une solution intéressante : "le Réaménagement vert"

L'objectif de cette option est de restituer le site à la nature en laissant s'exprimer les potentialités écologiques du milieu. Une telle approche s'inscrit dans une perspective de développement durable.

Comme précédemment la stabilisation des fronts et la reconstitution du sol doivent être effectuées. Cependant quelques variantes sont à souligner par rapport aux autres possibilités d'aménagement :

- une "bonne" colonisation par la végétation d'une carrière abandonnée suppose qu'une importante surface du site soit recouverte de matériaux meubles, pas "trop grossiers" (les terres de découverte et d'autres stériles sont généralement suffisamment abondants) ; toutes les différences de pente, d'épaisseur, de compactage, de substratum plus ou moins imperméable et de type de granulométrie créent autant de conditions favorables pour tel ou tel groupement végétal, telle ou telle évolution. Pour rendre optimum les potentialités écologiques du site, il faut choisir judicieusement des zones qui seront laissées telles quelles afin de favoriser l'implantation d'espèces pionnières.

Quelques plantations seront effectuées pour intégrer le plus rapidement possible le site dans le paysage avant que la nature reprenne peu à peu ses droits.

Ceci est d'autant plus intéressant que dans le cas des carrières ouvertes à Mayotte, chaque étape de la recolonisation peut présenter un intérêt particulier. Les premiers stades de la recolonisation sont marqués par l'apparition d'espèces originales et même de groupements pionniers rares, appelés à disparaître car remplacés par des groupements plus évolués. Cependant on peut maintenir ces stades initiaux en les rajeunissant régulièrement. Cela nécessite un suivi par des organismes agréés ce qui souligne une nouvelle fois l'importance de la gestion des sites après exploitation.

Les terres de découverte doivent être réutilisées dans un délai assez court, cette terre est biologiquement active et favorise l'implantation des espèces initialement présentes sur le site. Les groupements végétaux préexistants sont d'autant plus avantageux qu'ils sont adaptés aux conditions locales.

Il faut réaliser les régallages de matériaux meubles en automne ou en hiver : c'est le repos végétatif ; les plantes annuelles disparaissent ; les terrassements ne détruisent qu'un minimum de formes de vie, celles qui subsistent seront prêtes à démarrer au printemps suivant ;

- pour encore augmenter la diversité des lieux, des zones humides plus ou moins temporaires peuvent être conservés au niveau des zones imperméables ;
- le niveau d'intérêt écologique atteint par ce type de site est fortement lié à la qualité de l'environnement dans lequel il se trouve.

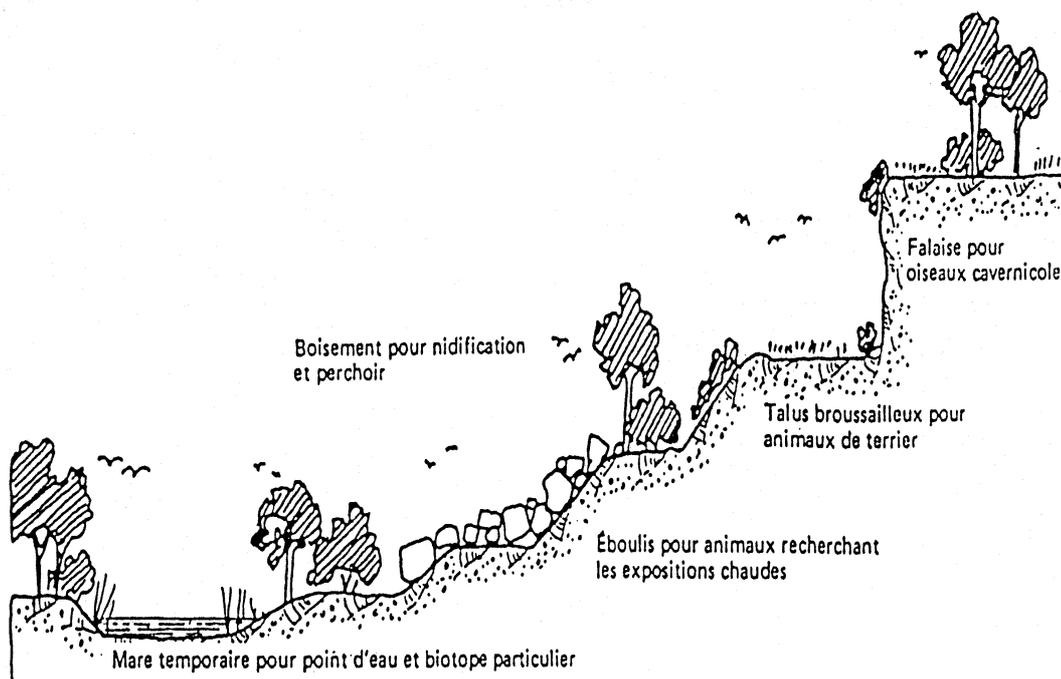


Fig. 4 : Talus hétérogène : habitat très diversifié = reconstitution d'un écosystème complexe = nombreuses espèces.

2.3.2 Les carrières de roches meubles

Dans le cas de carrières de roches meubles ("terres" pour BTC, pouzzolanes, argiles) on peut réaliser un modelé important en fonction des paysages voisins. Cela permet une meilleure intégration après exploitation. Cependant quelques précautions sont à prendre pour la réussite des travaux :

- les eaux de ruissellement doivent être interceptées en amont (grâce à des fossés) et un drainage inférieur doit assurer l'évacuation des eaux infiltrées ;
- la pente doit être de l'ordre de 1 pour 2 ou 3 ;
- la couverture au sol : un enherbement général est conseillé pour limiter tout entraînement de particules de terre. Il est indispensable de prévoir des travaux d'entretien pour éviter les glissements de terrains.

2.4 Orientations pour Mayotte

Les principales carrières de Mayotte sont ouvertes à flanc de massifs, dans des roches dures générant des fronts de taille de plusieurs dizaines de mètres de haut, avec des banquettes intermédiaires (Koungou, Moutsamoudou par exemple). Aucune ne bénéficie de merlons ou d'écrans paysagers. Il n'y a pas eu encore à Mayotte de carrières dont l'exploitation soit terminée et qui ait fait l'objet d'une remise en état avec "reforestation" (celle de Majikavo Koropa étant passée directement du stade de l'exploitation à celui du réaménagement en plateforme industrielle - fabrication de BPE et produits en béton).

La disparition de la forêt mahoraise, dans le cadre de certaines pratiques agricoles (cultures sur brûlis par exemple), s'est traduite par l'apparition de padzas entraînant la peur que la remise en état des carrières aboutisse à des zones dénudées similaires. Il y a donc nécessité de réussir la revégétalisation des anciennes carrières (banquettes et carreau).

Les sols mahorais n'étant pas très riches en terre végétale, il y aura nécessité soit à y ajouter du compost, soit à y planter des espèces peu exigeantes et à croissance rapide. L'expérience menée depuis 1989 de reboisement de certains sites transformés en padzas par l'introduction dans l'île de l'Acacia Mangium (espèce en provenance d'Australie) pourrait servir d'exemple. En effet cette espèce résiste bien au manque d'eau (donnée importante car la remise en état terminée, le carrier quitte le site et se pose alors le problème de l'entretien, même si on peut le lui imposer durant la première saison) et sa prolifération rapide permet de reconstituer la couverture végétale. Cette espèce n'ayant une durée de vie que d'une vingtaine d'années permettra la mise en place d'essence plus "noble" comme le jacquier, le manguier, le badamier, le bois noir, etc.

ORIENTATIONS PRIORITAIRES ET OBJECTIFS À ATTEINDRE

L'exploitation des carrières constitue un réel intérêt économique mais aussi un enjeu d'aménagement du territoire. Elle doit, d'une part, correspondre au strict besoin en permettant ainsi une disponibilité pour les générations futures et, d'autre part, préserver les intérêts majeurs de l'environnement tant dans le choix des moyens de transport que dans le choix des sites ou dans les techniques de réaménagement.

L'analyse des besoins et des ressources à Mayotte permet de faire les constats ci-après.

Géologiquement, Mayotte est une île volcanique où les formations basaltiques ou phonolitiques sont très fréquemment altérées. Il y a donc de grandes difficultés à trouver des gisements de taille économiquement exploitable et présentant les qualités requises pour la production de granulats et d'enrochements.

D'un autre côté, la population de l'île doit presque doubler entre 1997 et 2010 entraînant une consommation accrue de matériaux de construction, et principalement de granulats (les autres matériaux étant pour la plupart importés, l'accroissement de la demande sera satisfait par une augmentation des importations). Dans le domaine des granulats, nous avons estimé que la demande fera plus que doublée d'ici 2010 (sur les seuls critères de l'expansion démographique et de l'amélioration de l'habitat). Les carrières actuelles pourront absorber une partie de cette demande mais il est impératif de pérenniser, dès aujourd'hui, les moyens à mettre en œuvre qui permettront de la satisfaire totalement. Plusieurs voies sont possibles :

- ***mise en évidence de nouveaux gisements*** que l'on réservera à la production de granulats. Cette "protection" pourra se faire lors de l'élaboration des POS ou par acquisition des terrains ;
- ***recherche d'économies possibles dans l'utilisation des granulats.*** L'industrie mahoraise ne génère pas de sous-produits susceptibles de pouvoir venir en substitution aux granulats. Les matériaux de démolition ne peuvent être réutilisés, même après traitement, car produits en trop petite quantité et dispersés dans l'île. La construction de nouvelles routes ou l'entretien des anciennes continuera à consommer des granulats (l'estimation faite, pour 1997, avait montré que la répartition des granulats entre béton et routes était de l'ordre de 50-50). Toutefois certaines pratiques, non mises en œuvre actuellement dans l'île (graves-pouzzolanes-chaux par exemple ou traitement à la chaux de sols argileux évitant ainsi leur remplacement par des granulats) permettraient d'économiser des granulats dans le domaine routier. Ces pratiques sont cependant dérogatoires par rapport aux habitudes mais non par rapport aux normes qui ne fixent pas les conditions techniques d'utilisation d'un matériau donné pour la construction d'un ouvrage en fonction de son usage. Dans le domaine des bétons, puisqu'il n'est pas possible de trouver une substitution mahoraise aux granulats, il faut rechercher les économies dans une substitution aux produits en béton, et ces derniers existent déjà à Mayotte (ou ont existé dans un passé récent). Les BTC (Briques en Terre Comprimée) ainsi que les briques en terre cuite, lorsqu'elles étaient disponibles dans l'île, en se substituant aux parpaings en béton participent, ou ont participé,

aux économies de granulats. La difficulté de plus en plus grande à trouver de nouvelles ressources en roches dures de qualité, pourrait justifier un regain d'intérêt pour ces matériaux trop facilement décriés ;

- **recours à des importations de pays voisins.** Bien que pouvant prêter à sourire, cette solution mériterait d'être étudiée avant d'être éventuellement rejetée. Madagascar et les Comores possèdent des gisements de roches dures propres à fournir des granulats de qualité (moyennant, dans certains cas, une modernisation des outils de production). Leur prix de revient local, moins élevé qu'à Mayotte, pourrait peut être compenser le coût du transport. Et même si cela était, il serait alors nécessaire de prendre en compte d'autres éléments comme les capacités de stockage au niveau des ports d'embarquement et de déchargement, les ruptures de charge entre la carrière et le port puis entre le port et les zones d'utilisation (ou de stockages intermédiaires, etc.). Dans un autre contexte économique, des "super quarries" existent dans certains pays du nord de l'Europe (Ecosse, Pays Scandinaves), en bordure de côte (possibilités de charger des minéraliers directement par convoyeurs) et livrent leurs produits (granulats d'excellentes qualités) dans d'autres pays où les exploitations posent problèmes (un tel cas s'est déjà produit en France métropolitaine avec livraison au Havre pour un acheminement sur Paris via la Seine).

La pérennisation de l'approvisionnement en granulats de qualité à Mayotte passera peut être par une combinaison de ces 3 possibilités (et éventuellement d'autres à venir).

Pour ce qui est des **transports**, le doublement de la production de granulats entre 1997 et 2010, n'ira pas sans poser de gros problèmes. Le seul moyen de transport existant actuellement dans l'île est le transport routier et les solutions pour l'améliorer consiste à ouvrir une carrière sur le côté ouest (région de Sada) et à envisager la possibilité de développer le cabotage entre les différentes villes côtières de Mayotte.

Dans le domaine de l'**environnement**, l'étude a mis en évidence l'absence de documents opposables au tiers. La loi n° 2001-616 du 11 juillet 2001 relative à Mayotte prévoit la réalisation d'inventaires sur le patrimoine naturel, les sites classés, etc. La protection de l'environnement à Mayotte ne pourra réellement être prise en compte que lorsque ces documents (cartes et règlement) auront été établis et qu'ils pourront alors être intégrés dans le Schéma des Carrières

Le respect de ces orientations devra être vérifié au moins tous les trois ans à l'aide d'outils d'évaluation des différents projets. Ces outils, indicateurs, grilles d'analyse, devront être mis au point au cours de l'année 2003, en liaison avec les professionnels.

Conformément aux dispositions de l'article 5 du décret 94-603 du 11 juillet 1994 relatif au schéma départemental des carrières, la Commission Départementale des Carrières établit périodiquement et au moins tous les trois ans un rapport sur l'application du schéma départemental des carrières.

Compte-tenu des difficultés qu'éprouve Mayotte pour maintenir une production en granulats de qualité, il faut tout mettre en œuvre pour mobiliser ces ressources, dans le respect des conditions d'implantation et de réaménagement proposées, et essayer de se libérer des contraintes qui pourraient être introduites par les Plans d'Occupation des Sols.

Les recommandations et objectifs à atteindre ne pourront se traduire dans les faits que par un partenariat entre les acteurs économiques, scientifiques et de l'Etat, au niveau de la Collectivité départementale, pour :

- rechercher la rationalité d'emploi des granulats aujourd'hui fabriqués ;
- promouvoir l'utilisation de matériaux ou de techniques permettant d'économiser les granulats ;
- organiser l'évolution technique de façon à permettre un développement industriel durable contribuant à la richesse locale ;
- avoir des éléments techniques afin de définir des prescriptions adaptées aux granulats produits à Mayotte en fonction des utilisations possibles ;
- mettre en place une structure qui définisse les orientations et objectifs prioritaires à atteindre, en complément à ceux énoncés dans le présent rapport.

Pour mettre en place un tel partenariat, la création d'un

centre technique des matériaux

s'avère indispensable. Il pourrait, en plus des tâches ci-dessus énumérées et sous l'autorité de la Commission Départementale des Carrières (dont la création à Mayotte est prévue à l'article. 655.1, Livre VI, Titre V, Chapitre 5 rendant applicable à Mayotte l'article L. 515.2) être chargé du suivi et de la mise à jour du Schéma des Carrières.

BIBLIOGRAPHIE

AFNOR (1997) – Norme XP p 18-540. Granulats : définition, conformité, spécifications, octobre 1997.

BILLARD G (1978) – Inventaire des ressources en matériaux de Mayotte ; Rapport BRGM 81 REU 26.

DIRECTION DE L'EQUIPEMENT – Capitainerie de Longoni (2001) – Statistiques portuaires 2000 – Port de Mayotte.

IEDOM (2001) – Mayotte en 2000. Rapport Annuel 2000.

INSEE (2000) – Tableau Economique de Mayotte. Edition 2000-2001 (Données disponibles au 30 juin 2000).

LISZKOWSKI H.D. (1997) – Répertoire des sites archéologiques de Mayotte.

MOURON R., RANÇON J. Ph. (1999) – Inventaire et possibilités de valorisation des matériaux naturels pour usage routier à Mayotte. Rapport BRGM R 40574 / 99 REU 11.

MOURON R., RANÇON J. Ph. (1999) – Inventaire et perspectives de valorisation des roches et minéraux industriels à Mayotte. Rapport BRGM R 40696 / 99 REU 23.

ODENT B., LANSIART M. (1999) – Remise en état des carrières : principes généraux, recommandations techniques et exemples par type d'exploitation. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

ROCHER P., STIELTJES L.(1982) – Les argiles kaoliniques de Chirongui (Mayotte) pour la production de terres cuites (briques, tuiles). Conditions d'exploitabilité. Cubature des gisements. Rapport BRGM 82 REU 12.

S.R.A.D.T. (1998) – Schéma Régional d'Aménagement et de Développement du Territoire de Mayotte.

STIELTJES L. (1981) – Recherche de gisements de terre pour la fabrication de briques compressées crues dans l'île de Mayotte (Comores). Rapport BRGM 81 REU 26.

STIELTJES L. (1982) – Inventaire et recherche de gîtes de sables à Mayotte. Rapport BRGM 82 REU 04.

STIELTJES L.(1988) – Carte géologique à 1/50 000 de Mayotte et notice explicative. Edition BRGM.

VANPEENE-BRUHIER S. (2000) – Réaménagement forestier des carrières de granulats. Comité de la Taxe Parafiscale sur les Granulats

BRGM
Antenne de Mayotte
9, centre Amatoula – Z.I. de Kawéni
B.P. 1398
97600 Mamoudzou
Tél : 02 69 61 28 13 ; Fax : 02 69 61 28 15