



Ministère de l'Economie,
des Finances et
de l'Industrie

DOCUMENT PUBLIC

***Réflexions pour un réaménagement des
carrières en roche massive à Mayotte***

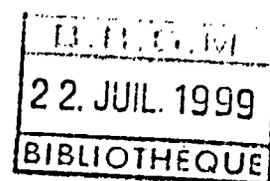
Etude réalisée dans le cadre des actions de Service Public du BRGM 98-A-010

**avril 1999
Rapport R 40587
99 SGR/OI 12**



BRGM

L'ENTREPRISE AU SERVICE DE LA TERRE



Mots clés : Aménagement pédagogique, Base de loisir, Carrières, Mayotte, Milieux physiques et humains, Réaménagement, Roches massives, Sécurité, Végétalisation

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

Rançon J.P., (1998) – Réflexions pour un réaménagement des carrières en roche massive à Mayotte. Rapport BRGM R 40587 / 99 SGR/OI 12, 14 p., 5 fig.

Synthèse

Dans le cadre de sa mission de Service public, le Service géologique régional océan Indien du BRGM apporte un appui technique à la Délégation à l'Environnement de Mayotte. Afin d'aider la Délégation à l'Environnement à établir un cahier des charges destiné aux exploitants et portant sur la réhabilitation et le réaménagement des carrières, des éléments de réflexion sont fournis dans le présent rapport.

Ces éléments de réflexion tirés d'un savoir-faire et de pratiques en usage sur le territoire métropolitain et à La Réunion, prennent, bien sûr, en compte, les spécificités (administratives, naturelles,..) de Mayotte.

Sont présentés :

- les principes de remise en état des sites ;
- les techniques à mettre en oeuvre pour la remise en état et la mise en sécurité ;
- les différents types de réaménagement envisageables (retour à un état de nature / aménagements nouveaux) ;
- des recommandations pour un réaménagement adapté au milieu (agricole, péri-urbain, forestier,...) et une prise en compte précoce dans tout projet d'ouverture de carrière de la réhabilitation du site.

Sommaire

SYNTHÈSE	3
1. CONTEXTE ADMINISTRATIF ET OBJET DU RAPPORT	5
2. LES CARRIÈRES EN ROCHE MASSIVE À MAYOTTE	5
3. PRINCIPE DE LA REMISE EN ÉTAT DES SITES ET DE LEUR RÉAMÉNAGEMENT	6
4. TYPES DE RÉAMÉNAGEMENT POUR UNE CARRIÈRE EN ROCHE MASSIVE	7
4.1 TRAVAIL DE PRÉPARATION DU NOUVEL USAGE.....	7
4.1.1 Terrassements.....	7
4.1.2 Mise en sécurité.....	8
4.1.2 Stabilisation et revégétalisation des fronts d'exploitation.....	9
4.2 POSSIBILITÉS D'AMÉNAGEMENTS NOUVEAUX	11
4.2.1 A usage d'habitat.....	11
4.2.2 Aménagements pédagogiques.....	11
4.2.3 Bases de loisir.....	11
5. RECOMMANDATIONS POUR UN RÉAMÉNAGEMENT ADAPTÉ AU MILIEU	12
6. RECOMMANDATIONS D'ORDRE GÉNÉRAL	14

Liste des figures

Figure 1 : Remodelage des fronts de taille (d'après rapport BRGM R 38789 SMN/PEA-95)	16
Figure 2 : Principe de réaménagement de carrières en roche massive (source : étude "Carrières et paysages")	17
Figure 3 : Stabilisation des banquettes (d'après rapport BRGM R 38786 SMN/PEA-95)...	18
Figure 4 : Réaménagement d'une carrière de roche massive : l'impact paysager (d'après rapport BRGM R 38786 SMN/PEA-95).....	19
Figure 5 : exemple de l'aménagement d'une carrière en site à vocation pédagogique : le puy de Lemptégy dans le département du Puy de Dôme	20

1. Contexte administratif et objet du rapport

L'arrêté ministériel du 22 septembre 1994, impliquant la remise en état et la sécurisation des carrières après exploitation ne s'applique pas à Mayotte. Seul, un texte datant de 1903, du temps de l'administration française aux Comores et à Madagascar, soumet les carrières à un "régime de déclaration et à la surveillance de l'administration".

Aujourd'hui, se pose avec acuité, le problème du réaménagement/réhabilitation et de la mise en sécurité de plusieurs sites d'exploitation de carrières en roche massive. Jusqu'à présent, aucune des carrières ni aucun site d'extraction occasionnel n'a fait l'objet, à Mayotte, de remise en état en cours d'exploitation (remise en état partielle et phasée) ou après exploitation (remise en état totale et définitive). La volonté des pouvoirs publics est que ces sites, notablement dégradés et présentant des risques potentiels pour la sécurité et l'environnement, soient réhabilités, en fin de vie.

Vis à vis de la problématique énoncée plus haut, la Délégation à l'Environnement de Mayotte a demandé au Service géologique régional océan Indien du BRGM, dans le cadre de son appui technique (fiche de Service public 1998 n° 98A010) de l'aider à établir les éléments d'un cahier des charges destiné aux exploitants.

A cet égard, le présent dossier présente des techniques et des exemples pris à La Réunion et sur le territoire métropolitain, adapté au contexte physique des carrières en roche massive de Mayotte.

2. Les carrières en roche massive à Mayotte

Du point de vue de la remise en état des lieux, nous assimilerons aux roches massives toutes les roches cohérentes : coulées et intrusions de lave, empilements de coulées et de niveaux scoriacés, pyroclastites soudées,... En effet, ces différentes formations géologiques du paysage mahorais, offrent quand on les entaille des talus verticaux.

Sans compter les multiples sites mineurs d'extraction ou de grattage répartis sur l'île, en décembre 1998, deux carriers, ETPC et IBS, exploitaient 5 carrières pérennes de roche massive produisant des granulats à usage du BTP :

- la carrière IBS de Majikavo Lamir ;
- la carrière ETPC de Koungou ;

- la carrière ETPC d'Iloni ;
- la carrière ETPC de Moutsamoudou ;
- la carrière ETPC à Petite Terre.

On peut également citer trois autres carrières de roches massives, actuellement abandonnées :

- l'ancienne carrière IBS à Kangani ;
- l'ancienne carrière ETPC à Majikavo Koropa ;
- l'ancienne carrière Colas à Koungou.

3. Principe de la remise en état des sites et de leur réaménagement

On peut ériger en principe que la qualité de la remise en état d'une carrière s'évalue en fonction de son degré d'insertion dans l'environnement.

La prise en compte dès le début du projet, de la remise en état finale, doit faciliter la planification de l'exploitation en permettant au carrier de gérer avec plus d'efficacité le transfert des volumes de matériaux remués, en limitant, en particulier, le stockage puis la reprise de la terre végétale et des stériles e découverte. Il faut insister sur l'importance de cette remise en état coordonnée à l'exploitation qui permet de modeler progressivement le futur paysage en limitant autant que possible les coûts.

La remise en état des sols après l'exploitation aura pour but d'effacer le plus possible les traces de l'activité humaine en intégrant au mieux le site dans son environnement en reconstituant un paysage. L'idéal est de ramener les terrains de l'exploitation à leur vocation initiale, surtout lorsque celle-ci était agricole. Ceci est parfois possible, même durant la vie de l'exploitation, mais, la plupart du temps, il faut procéder à un réaménagement avec une vocation nouvelle.

Si certaines carrières, aujourd'hui abandonnées, devaient être réexploitées, il conviendrait alors de procéder à une remise en état et une mise en sécurité avant toute reprise d'activité.

Les opérations de réaménagement ne doivent pas être confondues avec la remise en état, bien qu'elles en constituent le prolongement. Pour aboutir à un résultat acceptable, un

ensemble de travaux d'aménagement sont nécessaires permettant de reprendre possession de l'espace et de minimiser les nuisances et les risques relictuels.

Plusieurs étapes se présentent alors :

- concevoir une utilisation pour l'espace à aménager en accord avec un besoin existant ou latent ;
- trouver un maître d'ouvrage qui sera l'utilisateur et le gestionnaire de l'espace réhabilité ;
- rechercher l'équilibre financier tant en termes d'investissement que de coûts d'exploitation pour le projet proposé.

Les trois étapes sont, en fait, imbriquées, et pas faciles à satisfaire. Une étude d'impact par un bureau d'études spécialisé, serait tout à fait utile à une bonne définition des conditions du réaménagement.

4. Types de réaménagement pour une carrière en roche massive

4.1 TRAVAIL DE PREPARATION DU NOUVEL USAGE

4.1.1 Terrassements

Avant de débiter les travaux de terrassement, il est nécessaire de réaliser une opération de nettoyage sur l'ensemble du site avec démontage et évacuation de toute l'installation de concassage-criblage et, d'une manière plus générale, de toutes les infrastructures liées à l'exploitation et qui n'ont plus d'utilité tels que les socles bétonnés des concasseurs, les murs de soutènement, etc. La déstructuration du site de production sera finalisée par la suppression de toutes les pistes internes.

Les opérations de terrassement répondent à plusieurs objectifs :

- mettre le site en sécurité, en évitant les ruptures de topographie, les risques d'éboulement, de chutes de blocs,...

- affirmer la nouvelle topographie du site en « brisant » les lignes géométriques des fronts de taille, en créant des talus ou des berges en pente douce et en redistribuant harmonieusement les volumes souvent importants de matériaux stériles restant du site originel ;
- restituer le site au milieu naturel environnant, en mettant en place les terres végétales pour créer les conditions pédologiques favorables à la revégétalisation du site ;
- faciliter l'écoulement et la circulation des eaux de surface.

Dans tous les cas, les travaux de terrassement veilleront à assurer un raccordement progressif entre l'ancienne zone exploitée et le naturel environnant. Ce travail est fondamental et conditionne souvent pour une large part la qualité globale de la remise en état.

4.1.2 Mise en sécurité

Le degré de mise en sécurité sera déterminé en fonction de la vocation ultérieure du site (zone naturelle, site touristique fréquenté,...). Cette mise en sécurité n'est pas aisée à obtenir, car il n'y a pas de mesures infaillibles à proposer. On peut envisager deux types de méthodes pour protéger le public :

- une première, directe, consistant à conforter les zones instables ou à remodeler les fronts (purges manuelles, création de risbermes, exceptionnellement - car méthode coûteuse - parades mécaniques telles que pose de grillage métallique, ancrages passifs,...) ;
- une seconde, indirecte, permettant d'isoler ou d'interdire les zones dangereuses.

Sécurité à la base des fronts

Lorsque la pente est raide (supérieure à 75°), ce qui est le cas de nombreux fronts de taille, il peut y avoir chute de pierres et de blocs directement jusqu'au pied du talus, sans impact intermédiaire. La stabilité des talus définitifs doit être assurée, notamment par la création de banquettes (risbermes).

Dans certains cas, un front de taille peut présenter une variation de pente. La probabilité d'impacts intermédiaires sur le talus inférieur, avec rebondissement donnant aux éléments rocheux une composante horizontale, la propulsant loin du talus, est alors beaucoup plus élevée. Dans cette configuration géométrique, on doit privilégier le reprofilage de talus verticaux avec des risbermes intermédiaires plus larges.

En n'oubliant pas la purge manuelle à conduire, en fin d'exploitation, un piège à blocs peut également être installé en pied de talus. Sa largeur dépend :

- de la pente du front de taille ;
- de la hauteur du front de taille.

Pour un front de 15 à 20 m de hauteur ayant une pente de 80 à 90°, la largeur du piège sera de l'ordre de 5 m. L'écran aura une hauteur de 1,50 m environ.

Le cône d'éboulis ou de blocs tirés à l'explosif, éventuellement présent à la base des fronts, doit être équipé d'un petit écran servant à intercepter les blocs détachés des parois et pouvant rouler sur le cône. Des arbres peuvent également y être plantés.

Les stériles provenant de l'enlèvement des terrains meubles de couverture constituent, de manière générale, des volumes conséquents à Mayotte, en raison de l'altération importante des formations géologiques. Leur stabilité et leur sensibilité à l'érosion devront être examinés.

Protection du sommet des fronts

Toute circulation au sommet d'une paroi verticale est toujours dangereuse. A tout instant, coups de vent, glissades, vertiges, peuvent être fatals.

Suivant l'état de la falaise (nature du matériau, fissuration, altération), il est nécessaire de définir la distance de sécurité. Cette distance doit être supérieure à 2 m, même pour une falaise jugée très stable.

Un balisage en sommet d'abrupt constitue une bonne mesure conservatoire. Le type de balisage et sa fréquence seront choisis en fonction du site environnant et du danger présenté :

- balisage haut et continu dans les zones particulièrement dangereuses ;
- balisage discontinu, tels des enrochements, dans les zones de danger moindre.

D'autres dispositifs de protection sont envisageables : clôture basse doublée d'une végétation basse, balisage par petite levée de terre empruntée à la découverte,...

L'espace entre le balisage et le front de taille doit, dans tous les cas, être dégagé pour que le promeneur puisse voir le bord de la falaise sans avoir à s'approcher. En particulier, les arbres dont les racines créent des fissures sont à proscrire.

4.1.2 Stabilisation et revégétalisation des fronts d'exploitation

La revégétalisation d'une carrière peut offrir des difficultés à Mayotte, en raison :

- de la pauvreté des sols et notamment du manque de terre végétale ;
- de la difficulté de mobiliser une ressource en eau, la plupart du temps faible et éloignée, mais absolument nécessaire dans les premiers temps de la végétalisation ;
- de problèmes d'accès et d'entretien des sites éloignés du réseau routier asphalté, à moyen terme, si les anciennes pistes sont laissées à l'abandon.

En particulier, la revégétalisation des banquettes de roches massives est l'une des grandes difficultés des réaménagements. Cette opération présente, au moins, deux objectifs :

- contribuer à stabiliser les fronts de taille, et donc apporter un élément de mise en sécurité ;
- mais, surtout, atténuer, voire faire disparaître l'impact visuel de la carrière.

Pour ceci, plusieurs techniques peuvent être conjuguées, chacune ayant une action spécifique.

L'écrêtement du nez des fronts de taille (voir figure 1) permet, à la fois, de minimiser les risques de chutes de personnes, de diminuer l'impact paysager, de favoriser la recolonisation végétale, et, d'amener des matériaux meubles sur les banquettes, constituant ainsi un milieu perméable;

Afin d'assurer une insertion paysagère satisfaisante, on doit éviter, dans la mesure du possible, des réaménagements trop typés (gradins, banquettes, talus rectilignes,...).

La prise d'avis d'un paysagiste professionnel pour garantir l'intégration de l'ancienne carrière dans le paysage est à conseiller. Cette expertise permettra :

- de définir les types de milieux à recréer à court et moyen termes ;
- de concevoir le plan de répartition et d'implantation des espèces ;
- d'établir les conditions de plantation.

Les risbermes sont l'élément essentiel des réaménagements de carrières en roche massive : elles permettent un reboisement des talus et, ainsi, une meilleure intégration paysagère.

Pour assurer cette intégration, la forme des fronts de taille pourra être retravaillée (voir figure 2).

La revégétalisation des risbermes nécessite souvent, pour que les végétaux puissent s'implanter, de reconstituer un pseudo-profil pédologique par remblayage, avec apport de terre végétale, drainage, et des systèmes pour préserver ces apports (voir figure 3). Les espèces végétales à utiliser sont issues des flores localement implantées, en tenant compte de l'exposition de la carrière, des conditions climatiques locales (zone sèche ou humide), de leur port grimpant, tombant, rampant ou autre, suivant l'effet recherché sur le plan visuel (voir figure 4).

En se basant sur l'expérience de la DAF, appliquée, en particulier, au verdissement des talus routiers, des essences telles que le vétiver pourraient être recommandées.

Dans le cas particulier des carrières de scories (exemple de la carrière de M. Riffay, à Petite Terre), l'impact paysager très fort provoqué par la couleur rouge des matériaux, peut être atténué, voire anihilé par un reboisement intensif.

4.2 POSSIBILITES D'AMENAGEMENTS NOUVEAUX

4.2.1 A usage d'habitat

Certaines anciennes carrières ayant des carreaux sub-horizontaux et situées à proximité de zones déjà habitées, pourraient accueillir, sous conditions, des habitations et/ou des bâtiments, l'existence de plates-formes étant une opportunité à Mayotte où les terrains plats sont rares. Ceci ne peut se faire sans avoir particulièrement mis l'accent sur les aspects sécuritaires portant, en particulier, sur une distance suffisante des fronts de taille et la stabilité de la plate-forme à aménager (notamment celles constituées de remblais).

4.2.2 Aménagements pédagogiques

Certaines carrières qui présentent un intérêt géologique ou esthétique particulier, peuvent avoir un usage didactique dès lors qu'une prise en charge en est assurée par une Association (par exemple, Association culturelle ayant une démarche patrimoniale). En contexte volcanique, citons la valorisation de la carrière du Puy de Lemptegy, dans le département du Puy de Dôme, ouverte dans un cône strombolien et désormais dédiée à l'illustration du fonctionnement et des produits de ce type d'appareil volcanique (voir figure 5)

A Mayotte, de tels sites d'extraction existent au sein de structures ou de formations volcaniques particulièrement intéressantes : pyroclastites de Pamandzi, coulées basaltiques ou phonolitiques à débit en orgues, en plaquettes,....

4.2.3 Bases de loisir

Compte-tenu de la proximité des carrières en roche massive de Mayotte des zones habitées et du développement touristique attendu dans l'île, cette possibilité d'aménagement peut être envisagée. Plusieurs types d'aménagement sont possibles, allant de la simple zone de promenade à des ensembles polyvalents complexes dont les surfaces sont variables.

Les aménagements en base de loisir permettent de profiter, à la fois de la morphologie souvent intéressante des parois rocheuses apparentes, de la disponibilité de blocs, et de la possibilité de rendre imperméable le fond de la carrière pour y implanter un plan d'eau (cette option est toutefois difficile à imaginer à Mayotte où l'eau libre est rare), conduisant, ainsi, à des aires de loisir de grande qualité esthétique.

5. Recommandations pour un réaménagement adapté au milieu

Hormis le type de carrière (en fosse, à flanc de coteau,...) et la nature du matériau extrait, le réaménagement des carrières doit intégrer les recommandations spécifiques au nouvel usage du site après arrêt de l'extraction.

Par ailleurs, lorsque le paysage environnant une carrière n'est pas entièrement végétal, il paraît souhaitable que les propositions de cicatrisation visent à reconstituer sur le front, une trame végétale et minérale similaire à celle des alentours.

En milieu agricole, le réaménagement doit permettre une remise en culture satisfaisante des parcelles, ce qui impose :

- une épaisseur minimale du sol rapporté ;
- une bonne fertilité de ce sol et une pierrosité peu élevée ;
- un aplanissement du terrain et un découpage parcellaire adapté ;
- une portance minimale du sol pour garantir le passage d'engins agricoles ;
- une restauration des chemins d'accès, des fossés ou des drains ;
- l'implantation éventuelle de haies ou murets anti-érosifs.

Ces recommandations sont à examiner, au cas par cas, avec les interlocuteurs et administrations concernées : agriculteurs, propriétaire(s) du foncier, DAF,...

En milieu périurbain et urbain, le réaménagement conduit, la plupart du temps, à donner un nouvel usage au terrain, différent de celui qu'il avait avant la création de la carrière. L'accent portera sur :

- la maîtrise des eaux pluviales ;
- la stabilité des talus (sécurité du public) ;
- la fonctionnalité du site ;
- l'intégration dans un plan d'aménagement urbain,...

Ces recommandations sont à examiner avec les services de la Direction de l'Équipement et des communes concernées.

En milieu naturel forestier, les modalités du reboisement intégreront :

- la nature du sol, sa fertilité et sa stabilité ;
- les dispositifs de lutte contre l'érosion (fascinage des talus et des pentes) ;
- le choix des essences à réintroduire et leur exploitation ultérieure ;
- l'arrosage des plants lors de la phase d'ensemencement ou de démarrage de la plantation (les essences choisies devant être adaptées au climat sec de Mayotte) ;
- l'entretien régulier du site de reboisement (éclaircissement, débroussaillage, arrachage des pestes végétales,...) ;
- les aspects faunistiques (points de nidification, par exemple,...).

Ces recommandations sont à examiner avec la DAF, la Délégation à l'Environnement,...

Dans d'autres contextes naturels particuliers (friches, padzas, zones humides, zones minérales littorales,...), la réhabilitation tiendra compte :

- des espèces végétales et animales reconnues dans le milieu environnant (réintroduction éventuelle d'espèces endémiques ou rares, aménagement de points de nidification,...) ;
- des conditions hydrologiques à recréer ;
- de la suppression des pestes végétales ;
- des conditions de fréquentation du site (accès interdit, accès pédestre, accès public,...).

Ces recommandations sont à examiner avec la DAF, la Délégation à l'Environnement, les associations,...

6. Recommandations d'ordre général

Chaque site constituant un cas particulier, il sera nécessaire de conduire dans un cadre réglementaire une étude d'impact. Celle-ci :

- permettra de faire un état des lieux (description du site, niveau de danger, dégradations à l'environnement, pollutions éventuelles,...) ;
- inclura un schéma d'exploitation ;
- définira, en étroite concertation avec l'exploitant, le propriétaire du site et les pouvoirs publics, plusieurs scénarios possibles de remise en état et réaménagement.

Seront également pris en compte dans le projet de réaménagement, les voies d'accès aux carrières, en raison de leur dégradation souvent importante par le passage des engins et camions de transport des matériaux (pistes et voirie défoncées, ravinées,...).

Un point complet sera à faire sur l'historique économique de la carrière : quel propriétaire ? quel exploitant ?..., dans un objectif de prise en charge des frais de réhabilitation.

Par ailleurs, pour de futurs sites d'extraction, la prise en compte très en amont (lors des phases de conception) de l'environnement et du devenir possible du site de la part de l'exploitant, constituerait un réel investissement en générant de réelles économies sur le coût de la remise en état. Dès ce stade préliminaire, l'évaluation financière de la réhabilitation du site après exploitation, doit être faite, afin que les pouvoirs publics puissent s'assurer de la pertinence technico-économique de la solution préconisée et la valider.

Les dispositions à prendre pour préserver l'environnement et assurer la sécurité du site doivent constituer une préoccupation permanente qui naît avec le projet et ne s'achève qu'avec la remise en état des lieux et, notamment :

- lors du choix des modalités d'exploitation ;
- tout au long de l'exploitation, à travers les modifications d'extraction, les difficultés rencontrées,...

FIGURES

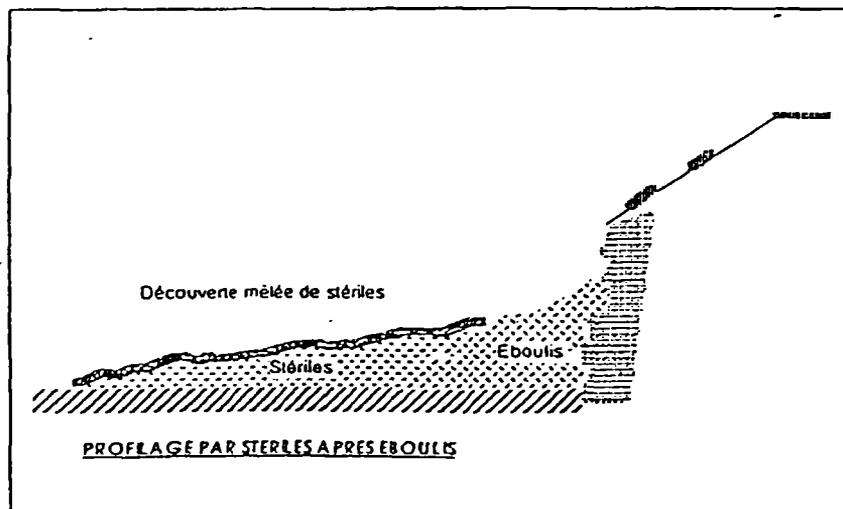
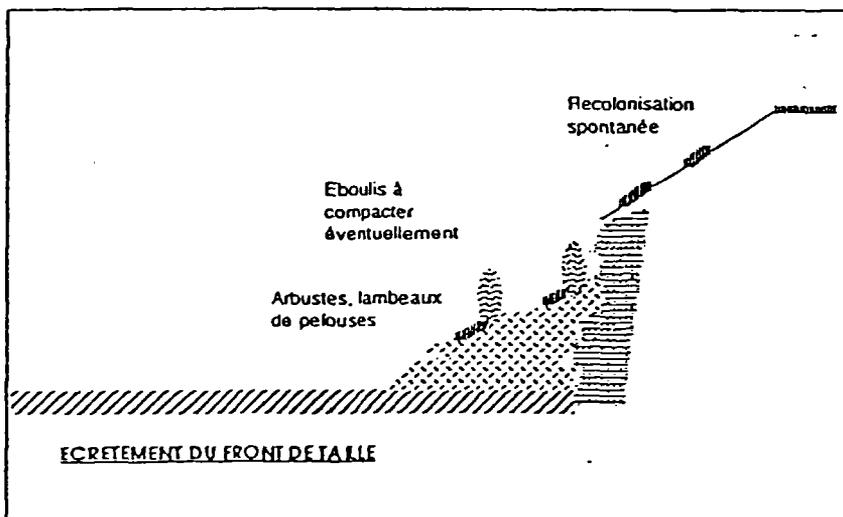
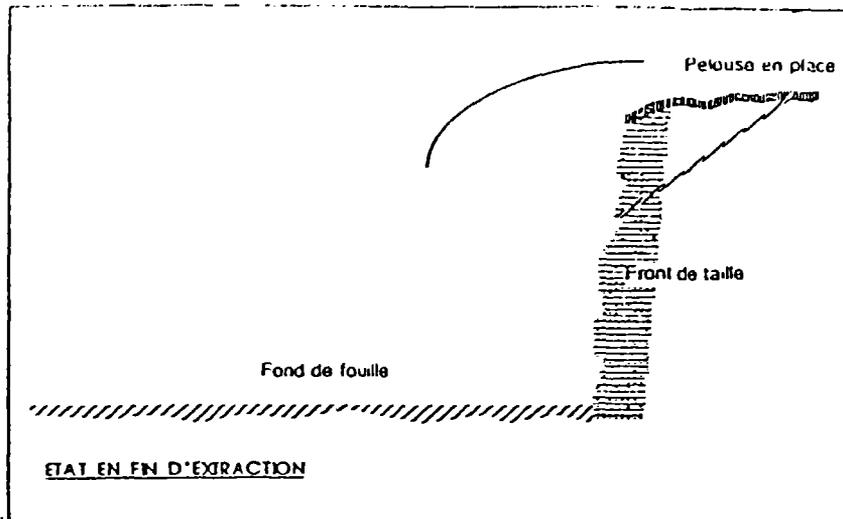


Figure 1 : Remodelage des fronts de taille (d'après rapport BRGM R 38789 SMN/PEA-95)

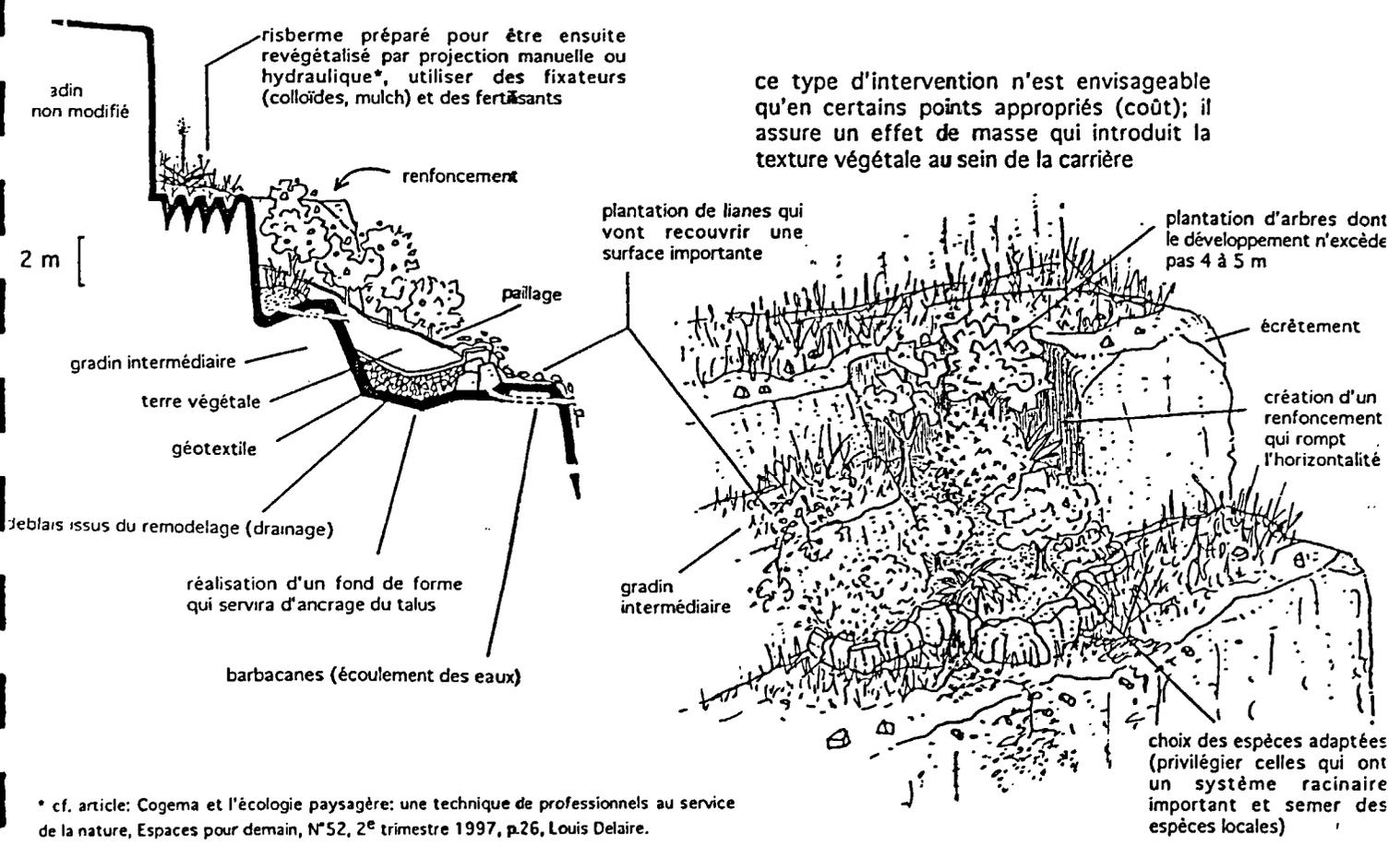


Figure 2 : Principe de réaménagement de carrières en roche massive (source : étude "Carrières et paysages")

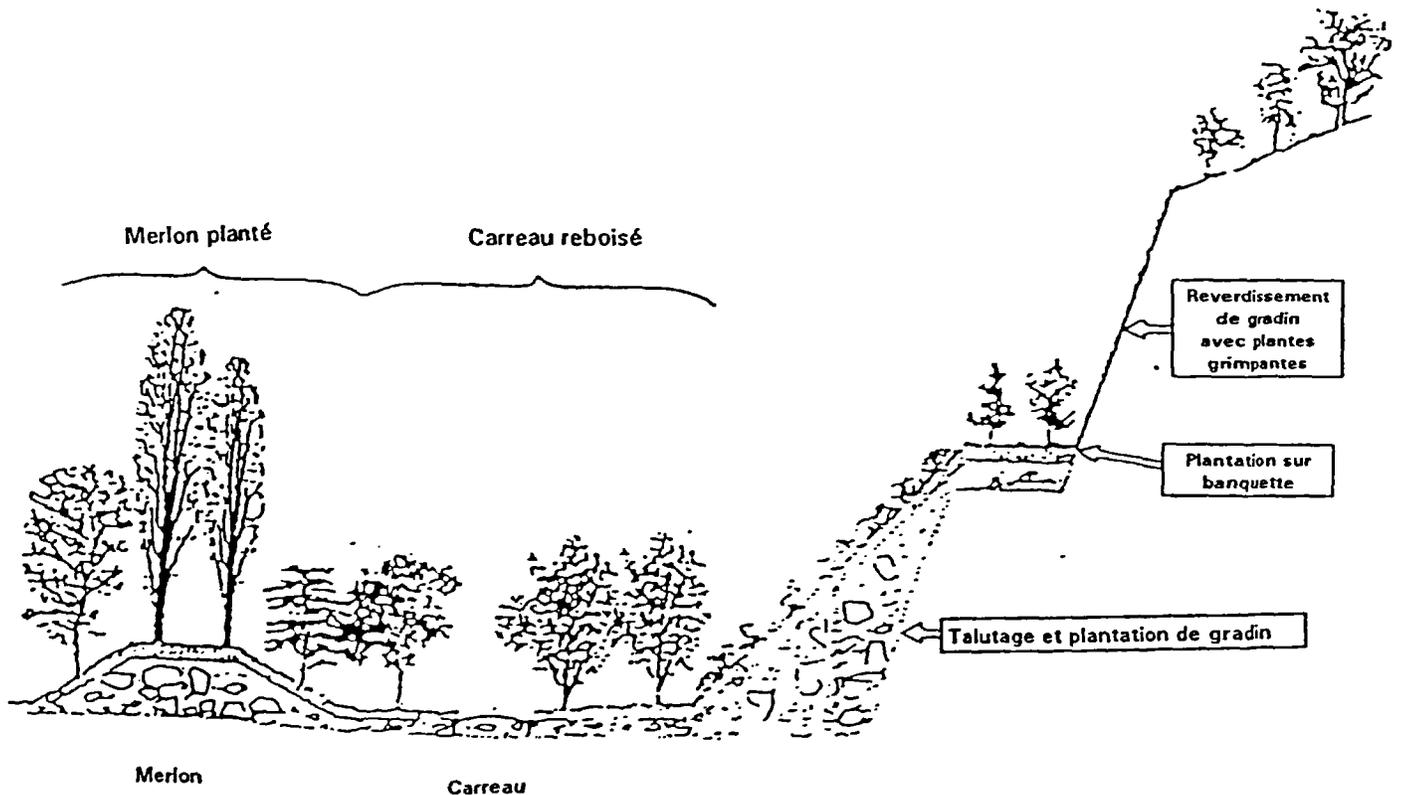
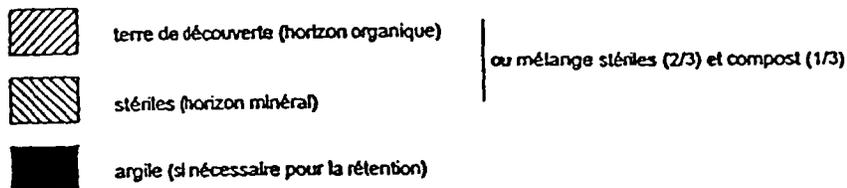
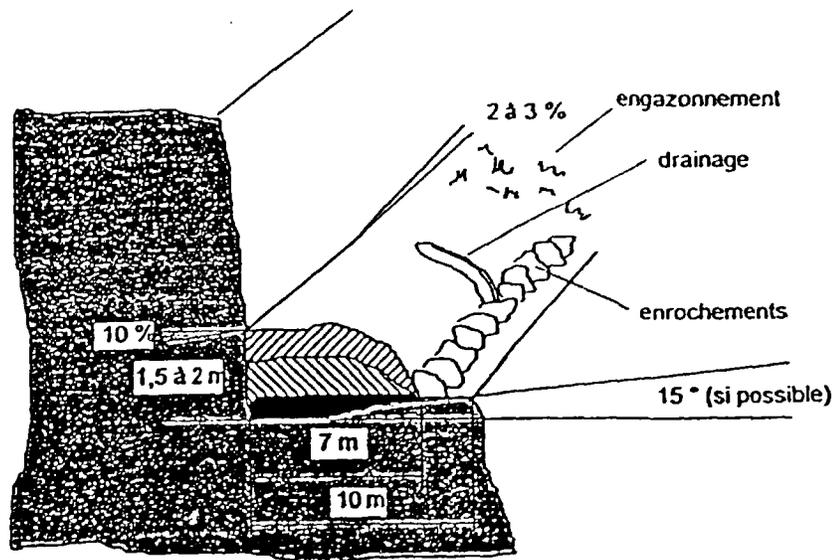


Figure 3 : Stabilisation des banquettes (d'après rapport BRGM R 38786 SMN/PEA-95)

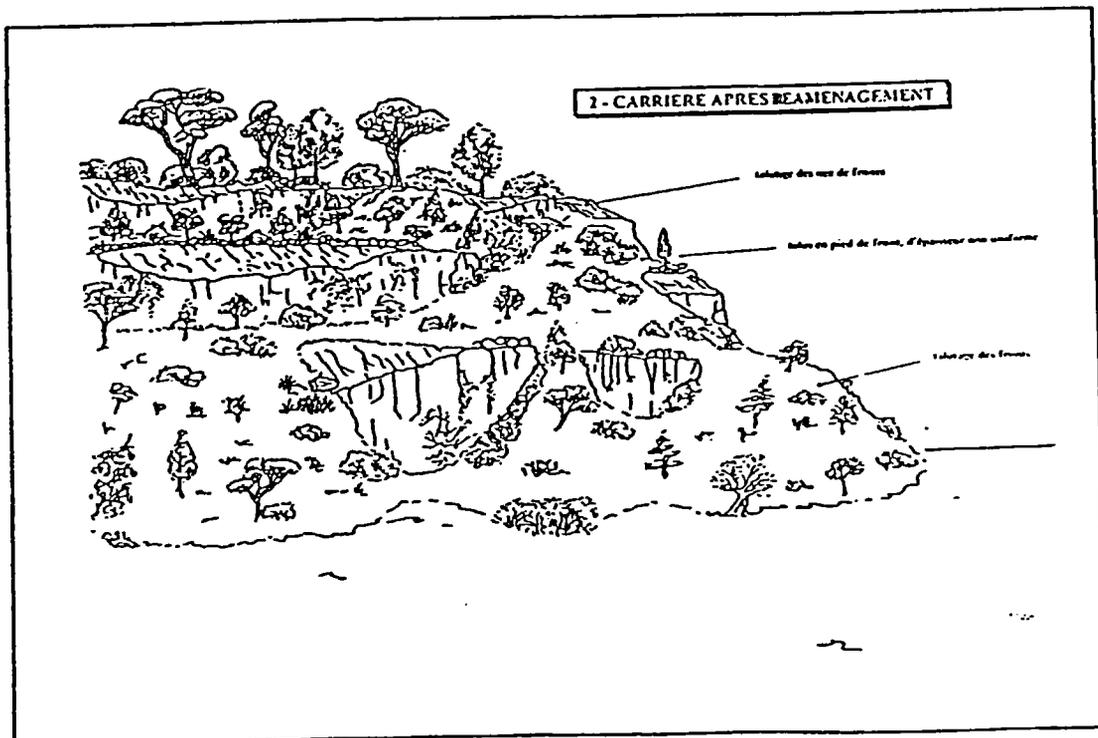
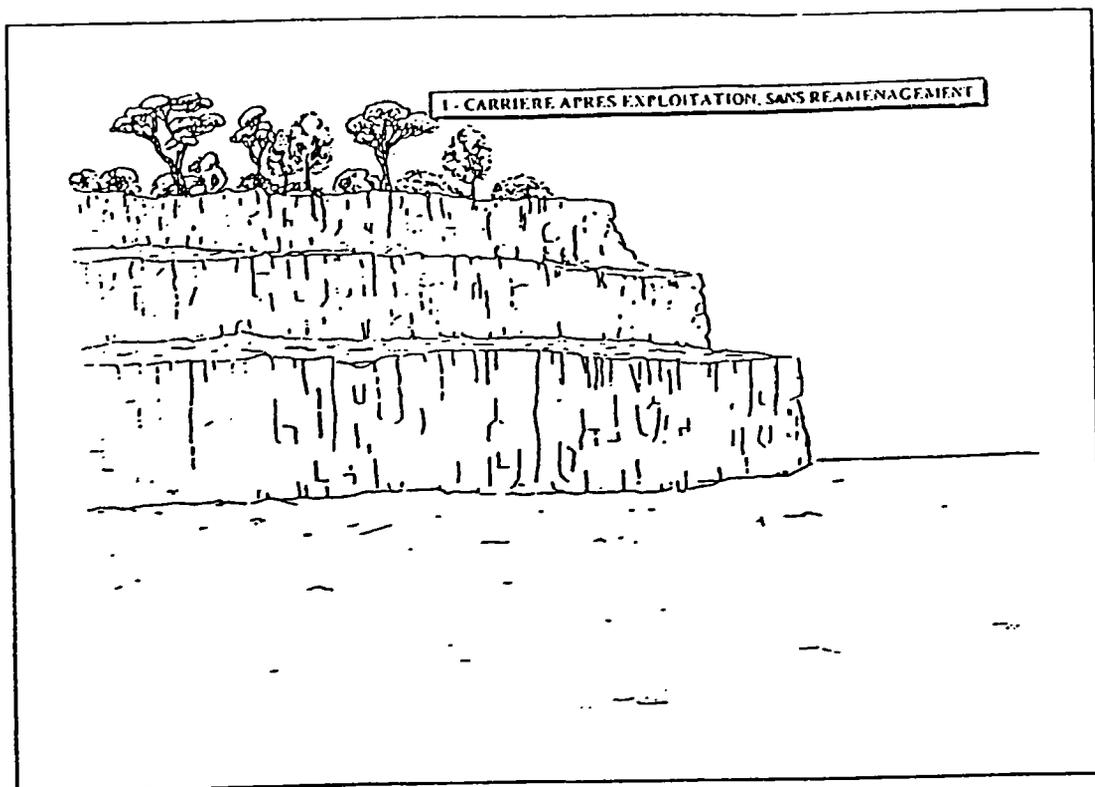


Figure 4 : Réaménagement d'une carrière de roche massive : l'impact paysager (d'après rapport BRGM R 38786 SMN/PEA-95)



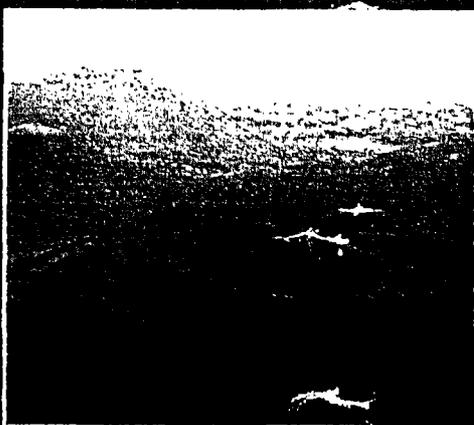
Le puy de Côme



Le puy Chopine



Le puy de Dôme



Le puy de Pariou

"Un volcan à ciel ouvert" puy de Lemptégny

route départementale 941 B
(face à l'espace naturel régional des volcans d'Auvergne)

63230 Saint-Ours

© 73 62 23 25 ou 73 88 70 84

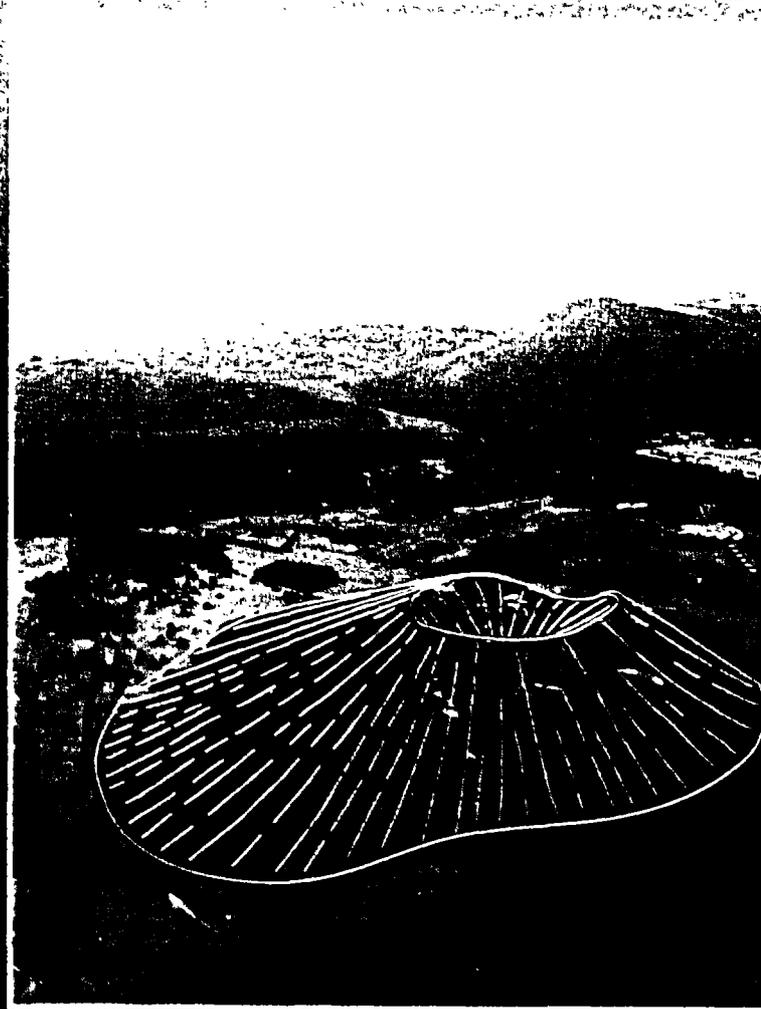
fax 73 62 23 81



— Les Editions Artisanales —

Figure 5 : exemple de l'aménagement d'une carrière en site à vocation pédagogique : le puy de Lemptégny dans le département du Puy de Dôme

le puy de Lemptégny ... un volcan à ciel ouvert



Histoire géologique et botanique

textes de Guy CAMUS, Maryse TORT,

Yves MICHELIN, Pierre LAVINA



Réalisation MONTEL Père et Fils

1987

1987

1987

BRGM
Service Géologique Régional de l'Océan Indien
5 rue Sainte Anne - B.P. 906 97478 SAINT DENIS CEDEX Tél. : 02 62 21 22 14

1987