



ÉTAT DE L'ART ET CRITÈRES POUR LA RESTAURATION DE CARRIÈRES EN ANDALOUSIE ET AU MAROC ORIENTAL



PROGRAMA
**Cooperación
Transfronteriza**
España-Fronteras Exteriores

European Union
European Regional Development
Fund



ecomemi
economía-medio ambiente-minería



Editeur:

CENTRE TECHNOLOGIQUE ANDALOU DE LA PIERRE (CTAP)

CENTRE TECHNOLOGIQUE ANDALOU DE LA PIERRE

Ctra. Olula del Río Km 1.7

Macael (Almería)

Collaborateurs:

ctap

**CENTRE TECHNOLOGIQUE ANDALOU
DE LA PIERRE**



**FONDATION ESPACES NATURELS
D'ANDALOUSIE (ANDANATURA)**

**L'OBSERVATOIRE RÉGIONAL
DE L'ENVIRONNEMENT ET DU
DÉVELOPPEMENT DURABLE**

**ROYAUME DU MAROC
MINISTÈRE DÉLÉGUÉ AUPRÈS DU
MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE
DES MINES, DE L'EAU ET DE
L'ENVIRONNEMENT, CHARGÉ DE
L'ENVIRONNEMENT**





ETAT DE L'ART ET CRITÈRES POUR LA
RESTAURATION DE CARRIÈRES EN
ANDALOUSIE ET MAROC ORIENTAL



Sté SMIRI Concassage .Commune de Tiztoutine .Province de Nador

1 Introduction7

LE CONFLIT EXTRACTION MINIÈRE- ENVIRONNEMENT	8
APPROCHE STRATÉGIQUE DU GUIDE	8
CONCEPTS D'INTERÊTS	11

2 Industrie Minière et Environnement: état actuel et cadre légal13

LE CAS ESPAGNOL	14
LE CAS MAROCAIN	18

3 Panorama minier en Andalousie et au Maroc Oriental21

L'INDUSTRIE MINIÈRE EN ANDALOUSIE ORIENTALE: PROVINCES DE ALMERÍA, GRANADA ET MÁLAGA	22
L'INDUSTRIE MINIÈRE DANS LA RÉGION ORIENTALE DU MAROC	26

4 L'activité extractive: phases, techniques et opérations minières29

PHASES D'UNE EXPLOITATION MINIÈRE	30
SYSTÈMES D'EXPLOITATION MINIÈRE	33
DÉPÔTS DE STÉRILES, INFRASTRUCTURES MINIÈRES ET INSTALLATIONS	35

5 Principales affections environnementales de l'activité extractive37

6 Critères pour l'intégration environnementale de carrières de nouvelle ouverture ..43

7 Restitution morphologique et restauration environnementale d'exploitations inactives49

CORRECTION DE RISQUES GÉOTECHNIQUES	50
RESTITUTION MORPHOLOGIQUE	51
DRAINAGE	52

8 Préparation et amélioration du sol55

INTRODUCTION	56
TECHNIQUES DE PRÉPARATION DES SOLS	56
TECHNIQUES POUR L'AMÉLIORATION ET ENTRETIEN DES SOLS	58

9 Végétalisation61

INTRODUCTION	62
OBJETIFS DE LA VÉGÉTALISATION.....	62
LA SÉLECTION DES ESPÈCES	64
LES TECHNIQUES DE L'INTRODUCTION DE LA COMPOSANTE BIOLOGIQUE	92
ASPECTS PAYSAGERS DE LA RESTAURATION	97
LES MODÈLES ÉLÉMENTAIRES DE RESTAURATION	99
PROTECTION DES PARCELLES DE RESTAURATION	104

10 Modèles pour l'amélioration de la faune105

MESURES PREVENTIVES	106
AMÉLIORATION DES CONDITIONS DE L'HABITAT POUR LA FAUNE	107
GENERATION D'AIRES DE REFUGE ET D'ÉLEVAGE	107

1



Introduction



LE CONFLIT EXTRACTION MINIÈRE-ENVIRONNEMENT

Les activités minières génèrent un inévitable impact sur l'environnement lors des phases d'implantation et de développement, parfois même d'une intensité grave. La restauration environnementale de l'espace affecté par ce genre d'activités est souvent difficile et chère, si la conception technique de l'exploitation n'a pas prévu en origine, l'intégration des variables environnementales affectées. Au contraire, si ces dernières ont été incorporées dès le début des prises de décisions jusqu'au développement et l'exécution du projet minier, les problèmes résulteront pratiquement tous corrigibles, ou du moins, pourront être minimisés considérablement.

Aussi bien le projet d'exploitation minière comme le plan de restauration d'une nouvelle exploitation quelconque, doivent donc tenir très en compte, les limites physico-environnementales où est prévue la réalisation du projet minier et le plan de restauration. La tâche, n'est donc pas facile, en particulier dans des milieux semi-arides ou semi-désertiques, tels que ceux que l'on rencontre dans la plupart des territoires d'Andalousie et du Maroc oriental. Les modèles d'intervention en matière de restauration environnementale, surtout quant aux tâches de végétalisation, développés avec succès dans d'autres latitudes avec une climatologie plus favorable, ne sont pratiquement jamais exportables à ce genre de milieux semi-arides ou semi-désertiques. Il est donc nécessaire de mettre au point des modèles et des techniques spécifiques d'intervention applicables avec succès dans ce genre de milieux.

Ce travail tente d'évaluer les antécédents en matière de restauration

environnementale des projets d'exploitations minières à ciel ouvert dans les provinces andalouses d'Almería, Granada et Málaga ainsi que dans la région orientale du Royaume du Maroc, tous deux, territoires avec une vaste tradition minière. Pour cela, nous prétendons approfondir dans les problèmes et dans les solutions techniques les plus communes, utilisées lors des projets de restitution morphologique et restauration environnementale des milieux naturels affectés par ce genre d'activités.

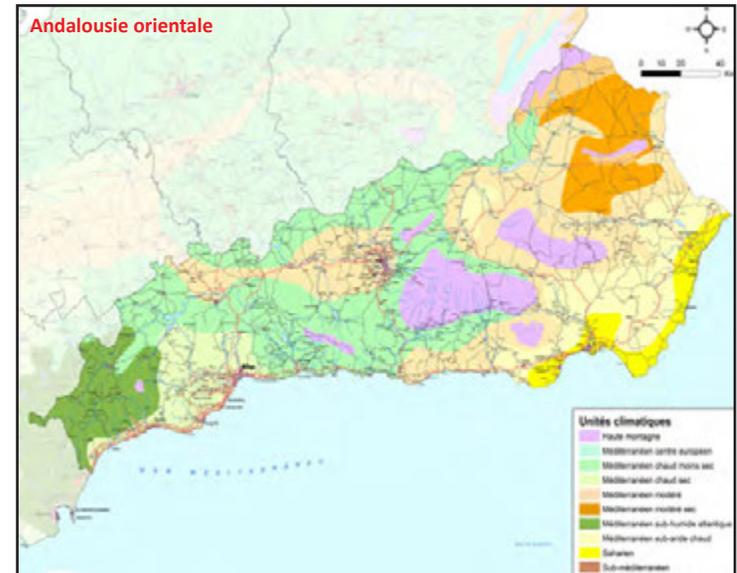
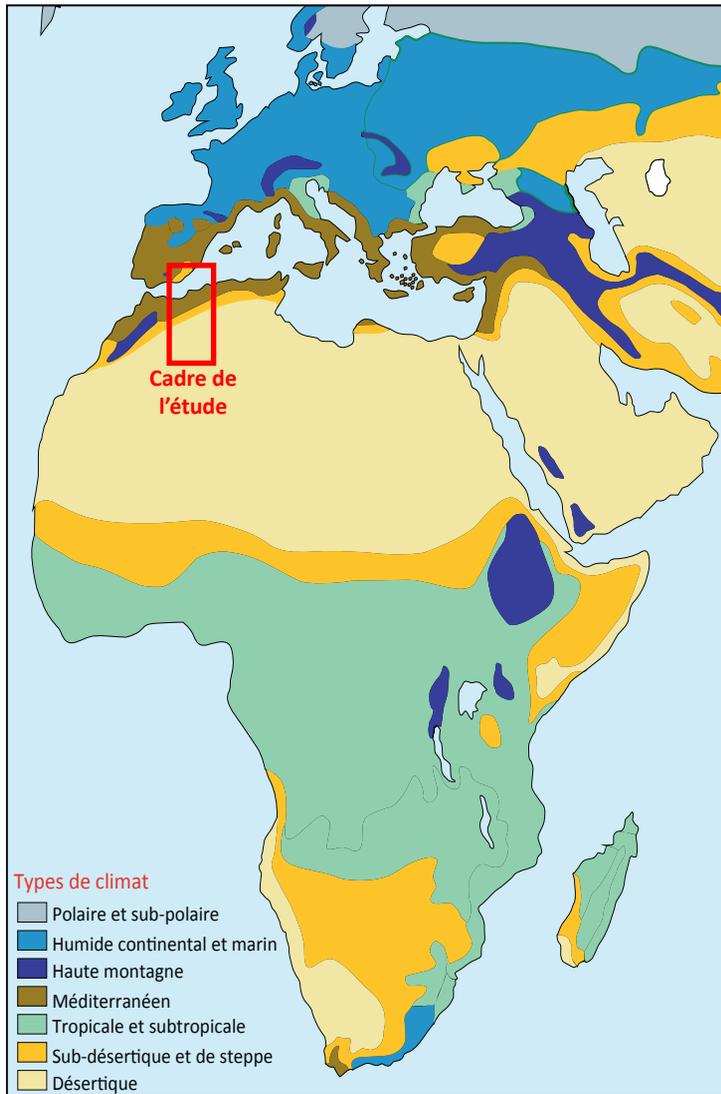
APPROCHE STRATÉGIQUE DU GUIDE

Le guide essaye d'apporter les renseignements nécessaires aux différents opérateurs qui interviennent lors des tâches de projection et d'exécution des activités de restauration du milieu naturel affecté par les exploitations minières à ciel ouvert de granulats et de roche ornementale dans les milieux semi-arides méditerranéens. Le guide est orienté spécifiquement vers les activités de carrières pour l'exploitation de granulats calcaires-dolomitiques et siliceux, et de roches ornementales, puisque dans le cadre territorial analysé, les provinces orientales du Maroc et d'Andalousie, 9 sur 10 exploitations minières actuellement actives correspondent à cette typologie d'exploitation et se bénéficient de ces matières premières bien que, historiquement, les deux territoires ont été d'importants sites miniers pour d'autres ressources.

Le Maroc oriental et l'Andalousie orientale offrent des caractéristiques similaires, et ce sont précisément celles-ci qui conditionnent et alimentent le débat social autour de la problématique environnementale des activités extractives minières.

- Elles présentent un haut potentiel minier, avec une offre plus dépendante de la propre demande que de la disponibilité des ressources. Cette dernière est souvent facile due à la disponibilité des couches géologiques favorables pour l'exploitation.
- À l'exception des milieux montagnards, généralement protégés dans les deux pays, il existe une dominance des milieux semi arides, arides et même désertiques, avec des taux annuels de précipitation qui ne dépassent pas les 350mm, et de vastes zones en dessous des 200mm.
- Dans les deux cas, ces milieux sont cependant, extraordinairement précieux du point de vue écologique et environnemental, aussi bien dans le mosaïque de la biodiversité nationale de chaque pays, comme dans celui des continentales africaine et européenne. En effet, elles forment des zones de steppe semi-arides et semi-désertiques uniques dans leurs différents contextes, par leur singularité et leur richesse biologique.
- Il s'agit donc de territoires dans lesquels, l'intégration environnementale des activités minières est sociale et légalement exigée, et, bien qu'il y ait des progrès importants en cours pour l'obtention de cet objectif, il existe cependant, dans la pratique, des résultats pas suffisamment favorables lors des actuaciones développées.
- L'une des raisons, la principale peut être, qui provoque cette circonstance est l'absence de modèles de restauration environnementale techniquement et scientifiquement contrastés pour intervenir avec efficacité dans les conditions environnementales aussi défavorables que subissent ces milieux, si précieux par ailleurs. Les modèles d'intervention qui permettent actuellement de résoudre ce type de problèmes dans des pays avec une grande tradition dans cette matière, se réfèrent à des milieux continentaux humides ou subhumides et les expériences ne sont donc pas exportables aux milieux semi-arides ou arides.





CONCEPTS D'INTÉRÊT

La terminologie employée dans la littérature spécialisée est précise et concrète, mais l'usage généralisé se réalise parfois de façon inappropriée. Dans le contexte spécifique du contenu de ce guide, les termes utilisés suivront les définitions suivantes :

 **Restauration paysagère:** procédé d'intervention actif et planifié sur un espace dégradé pour rétablir ou récupérer la physionomie du paysage original altéré, grâce à la végétalisation avec des espèces autochtones et exotiques.

 **Restauration environnementale:** procédé d'intervention actif et planifié pour récupérer dans la mesure du possible, les conditions environnementales, végétation, flore, faune, eau, sol, paysage, usages traditionnels du sol, etc.... d'un espace naturel altéré. Son objectif principal est de générer un système similaire à celui qui a été affecté quant à sa structure et fonctionnalité environnementale originale, en utilisant pour cela des espèces végétales autochtones et exotiques.



 **Restauration écologique:** procédé d'intervention actif et intentionné d'un habitat pour rétablir ou récupérer dans la mesure du possible la structure, diversité, dynamique et fonction écologique de l'écosystème original altéré, en utilisant des espèces autochtones qui facilitent à moyen terme, la réintroduction naturelle des espèces de faune originales.

 **Restitution morphologique:** procédé d'intervention actif et planifié afin de modeler et d'adoucir la morphologie d'un terrain altéré ayant pour objectif la correction de possibles risques naturels, l'intégration dans son contexte géomorphologique et la préparation du terrain pour entreprendre un projet postérieur de restauration environnemental, écologique ou paysager.

 **Réutilisation:** procédé d'intervention actif et planifié pour conditionner un espace dégradé ayant pour objectif la possibilité d'un usage d'intérêt social ou économique différent ou pas de l'usage original.



Les images suivantes montrent certains exemples de carrières restaurées en espaces destinés à usages multiples, depuis la construction d'un complexe avec des aires réservées pour bureaux, logement, parking... jusqu'à un espace loisir.

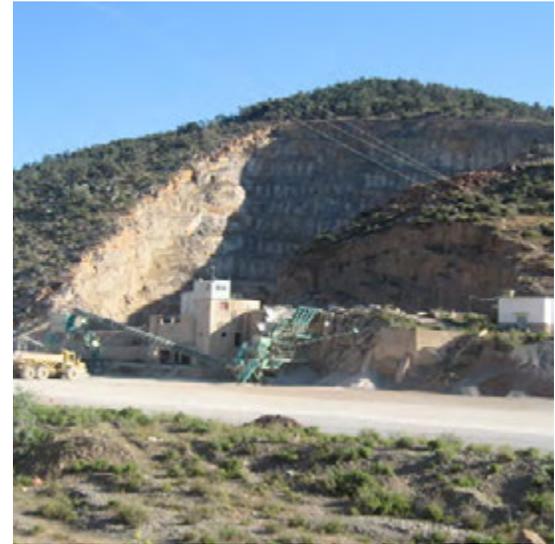


Dans le cas Marocain, les exploitations ont été restaurées et transformées en espaces verts.



2

Industrie Minière et Environnement: état actuel et cadre légal



LE CAS ESPAGNOL

Le cadre régulateur de l'industrie minière en Espagne et en Andalousie

Législation basique de l'État: la loi des Mines

La loi 22/1973 des Mines et le Décret Royal 2857/1978 à travers lequel est approuvé le règlement Général des Mines, ainsi que d'autres dispositions, contrôlent non seulement tous les aspects relatifs à la recherche, exploration et exploitation minière, mais aussi le régime des autorisations et concessions minières localisées au sous-sol du territoire national. La loi établit que les gisements de matières premières minérales situées au sous-sol du territoire espagnol appartiennent à l'État, les droits de propriété privée restant limités à la superficie du terrain.

Le Plan de Restauration

Au sein de l'ordonnance juridique espagnole, s'établissent aussi des mesures spécifiques orientées à la protection de l'environnement en relation avec l'activité minière. La mesure la plus significative sans doute en matière de restauration provenant du cadre légal, est le [Décret Royal 975/2009, du 12 juin, au sujet de gestion de déchets des industries extractives ainsi que de protection et de réhabilitation des espaces affectés par les activités minières](#), qui abolit le Décret Royal 2994/1982, du 15 octobre, sur restauration de l'espace naturel affecté par les activités minières. Le Décret actuel a pour objet l'établissement de mesures, processus et orientations pour prévenir ou réduire, dans la mesure du possible, les effets adverses sur l'environnement, en particulier sur les eaux, l'air, le sol, la faune, la flore et le paysage, et les risques pour la santé humaine que pourraient produire l'utilisation des gisements minéraux et en particulier la gestion des déchets miniers.

Les promoteurs miniers seront donc obligés de réaliser, par ses propres moyens, les travaux de réhabilitation de l'espace naturel affecté aussi bien par les travaux miniers que par les services et installations annexes, incluant aussi celles où seront déposés les déchets miniers.



D'après le contexte légal signalé, le demandeur, avec une attribution préalable d'une autorisation, permis ou concession réglé par la loi 22/1973, du 21 juin des Mines, devra présenter aux autorités compétentes un [Plan de Restauration](#) de l'espace naturel affecté par les travaux miniers et dont le contenu devra s'adapter au Décret Royal 975/2009. Le demandeur devra certifier à l'autorité compétente qu'il dispose de la capacité et de la solvabilité économique, financière et technique ou professionnelle nécessaire pour assurer l'accomplissement du plan de restauration. Ce dernier devra être révisé tous les cinq ans par la société responsable de l'exploitation et si tel est le cas, le plan devra être modifié en cas de modifications importantes du plan initial, incluant les modifications qui pourraient affecter l'utilisation finale du sol lors de l'épuisement de l'exploitation.

Garanties et responsabilité environnementale du titulaire

La société responsable de l'exploitation est obligée à constituer deux garanties financières ou équivalentes pour assurer l'accomplissement du plan de restauration autorisé. La première garantie assurera que la société responsable de l'exploitation pourra faire face aux obligations dérivées de l'autorisation du plan de restauration quant à exploitation et installations de préparation, concentration et bénéfice des ressources minérales. La deuxième garantie, garantira que la société responsable de l'exploitation pourra faire face aux obligations dérivées de l'accomplissement des conditions imposées par l'autorisation du plan de restauration quant à la gestion et la réhabilitation de l'espace naturel affecté par les installations de déchets miniers.

Politique minière en Andalousie : le Plan d'aménagement des ressources minières en Andalousie 2010-2013 (PORMIAN)

Le gouvernement andalou, conscient de l'importance sociale et économique pour la Communauté Autonome d'une planification et un aménagement adéquats lors des actuaciones en matière minière, a approuvé le Plan d'aménagement des ressources minérales en Andalousie (PORMIAN 2010-2013) grâce au Décret 369/2010, du 7 septembre.

Il s'agit d'un instrument planificateur qui oriente stratégiquement les activités de recherche et d'exploitation des ressources minérales dans le territoire d'Andalousie. L'instrument est en accord avec la planification économique régionale et avec les intérêts sociaux et économiques, sectoriels et généraux, de façon coordonnée et compatible avec la planification stratégique présente dans la Communauté Autonome, aussi bien territoriale, environnementale ou culturelle et ce, dans le cadre de la législation européenne, nationale et autonome. À souligner parmi les objectifs, l'intégration environnementale de l'activité minière et sa compatibilité avec d'autres activités économiques en accord avec l'exploitation d'autres ressources territoriales.



Le cadre régulateur environnemental de l'activité minière en Espagne et en Andalousie

UNION EUROPÉENNE

Le secteur de l'industrie extractive opère dans tout le territoire de l'Union Européenne de façon relativement uniforme et acquière une importance stratégique puisque l'Union dépend des importations de matières premières minérales pour son approvisionnement. D'un autre côté, la sensibilisation de la société face aux effets environnementaux de l'activité a provoqué qu'aussi bien la Commission Européenne comme les administrations, les agents sociaux et les entreprises impliqués, sont engagées dans un processus continu de révision et suivi de la législation communautaire relative à la sécurité dans les installations minières, son intégration et sa durabilité environnementale. Cette orientation stratégique reste synthétisée dans la Directive 85/337/CEE du Conseil, du 27 juin 1985, relative à l'évaluation des répercussions de certains projets publics et privés en matière d'environnement.

Un autre texte de grande importance en matière d'environnement en relation avec les activités extractives se trouve dans la Directive 2006/21/CEE, du Parlement Européen et du Conseil. Il établit les conditions minimales pour la prévention ou réduction, dans la mesure du possible, de n'importe quel effet adverse sur l'environnement et la santé humaine dérivé de la gestion des déchets des industries extractives. Cette Directive a été transposée au cadre juridique espagnol moyennant le Décret Royal 975/2009, du 12 juin, au sujet de la gestion des déchets des industries extractives et de la protection et réhabilitation de l'espace affecté par les activités minières. (Voir ci-dessus)

La Communication de la Commission COM/2000/0265 afin de promouvoir le développement durable dans l'industrie extractive non énergétique de l'UE, met aussi en relation l'industrie minière et l'environnement. Son objectif est d'établir des directrices politiques générales pour la promotion du développement durable en industrie extractive non énergétique communautaire. Ces directrices permettront de réconcilier, simultanément, le besoin de promouvoir des activités extractives plus sûres et moins polluantes avec le maintien de la compétitivité du secteur.

De façon complémentaire, à partir du V Programme d'Action Communautaire en matière d'Environnement, s'établit la priorité de l'intégration de l'environnement avec d'autres politiques de l'UE. Dans ce sens, les instruments de plus grande incidence en relation avec l'activité du secteur minier sont les suivants :

- Stratégie en Matière de Biodiversité
- Réseau Natura 2000 (Directrice Habitats et Oiseaux)
- Stratégie forestière de l'Union Européenne et Plan d'action forestière
- Stratégie thématique pour la protection des sols
- Stratégie thématique pour l'usage durable des ressources naturelles
- Stratégie à faveur du développement durable
- Accord collectif Européen sur le Paysage
- Accord collectif Cadre des Nations Unies sur le changement climatique
- Accord collectif sur la lutte contre la désertification



ETAT ESPAGNOL

En matière de restauration, la mesure légale la plus représentative orientée à la protection de l'environnement en relation avec l'industrie minière est le [Décret Royal 975/2009, du 12 juin, sur la gestion des déchets des industries extractives et la protection et réhabilitation de l'espace affecté par les activités minières](#), commentée lors du chapitre de législation minière. Le Décret prie instamment à ceux qui réalisent des activités de recherche et d'exploitation réglées par la Loi 22/1973, du 21 juillet, de réaliser, par leurs propres moyens, les travaux de réhabilitation de l'espace naturel affecté aussi bien par les travaux miniers que par les services et installations annexes, incluant celles où seront déposés les déchets miniers.

En matière de prévention environnementale, le cadre légal de l'État est défini par le [Décret Royal Législatif 1/2008, du 11 janvier, selon lequel est approuvé le texte provenant de la Loi d'Évaluation de l'impact sur l'Environnement des projets](#). Ce dernier contient le régime juridique

de l'évaluation environnementale des projets qui doivent se soumettre de façon incontournable à l'évaluation de l'impact, dont les activités extractives.

D'un autre côté, la [Loi 42/2007, du 13 décembre, du patrimoine Naturel et de la Biodiversité](#), établit le régime juridique de base de la conservation, usage durable, amélioration et restauration du patrimoine naturel et de la biodiversité espagnole.

Dans cette matière, on se réfère aussi au niveau national à la [Stratégie Espagnole pour la conservation et usage durable de la diversité biologique](#), approuvée en 1998, et qui a pour but de répondre au compromis acquis par l'Etat Espagnol lors de la ratification de l'accord collectif sur la Diversité Biologique (1992), établissant le cadre général de l'actuation de l'Etat dans la matière.



COMMUNAUTÉ AUTONOME D'ANDALOUSIE

L'Etat a transféré à la Communauté Autonome d'Andalousie les compétences en matière de planification environnementale et l'aménagement du territoire, entre autres. Il correspond donc à son Organe Environnemental de résoudre les démarches de prévention environnementale des nouvelles activités minières. Ainsi, la [Loi 7/2007, du 9 juillet, de gestion intégrée de la qualité environnementale en Andalousie](#) établit que les exploitations et les fronts d'une même autorisation ou concession à ciel ouvert de gisements minéraux et d'autres ressources géologiques des sections A,B et C, dont les exploitations sont réglées par la loi des Mines et lois complémentaires, ainsi que les sursis qui proposent une augmentation de la surface de l'exploitation délimitée dans le projet approuvé, excluant celles qui n'impliquent pas un élargissement de cette dernière, seront soumises à la procédure d'Autorisation Environnementale Unifiée, d'après la loi ci-dessus citée et d'après le [Décret 356/2010, du 3 août, qui régularise l'Autorisation Environnementale Unifiée](#).



LE CAS DU MAROC

Le cadre régulateur de l'industrie minière au Maroc

Le [Règlement Minier \(Dahir 16 Avril 1951\)](#) classe les matières premières minérales en deux grands groupes, à effets administratifs : mines et carrières. Les Mines sont classifiées en 8 sous-groupes, et comprend la plupart des ressources minérales, à l'exception des carrières de granulats, roche ornementale et pierre. Le régime juridique des deux groupes est différent : les mines sont considérées comme des Biens de Domaine Public alors que les ressources des carrières appartiennent généralement au propriétaire du sol, qui a le droit de les exploiter par ses propres moyens ou par le biais d'une tierce personne.

Les carrières restent ainsi soumises à la [Loi 08/01 en vigueur \(Dahir 1-02-130 du 13 juin 2002\)](#) d'Exploitation de Carrières. Ce texte légal introduit aussi des exigences à la propre Administration, en particulier l'élaboration de [Schémas Régionaux de gestion des Carrières](#), qui doivent fixer des directrices d'exploitation pour une zone ou région déterminée pour un horizon de 10 ans, en tenant compte aussi bien des besoins nationaux et la protection de l'environnement comme les zones non susceptibles d'exploitation ainsi que d'autres exploitations qui exigent des conditions particulières s'il s'agit de carrières à ciel ouvert situées dans des zones sensibles : plages, littoral maritime ou cours fluviaux. Les schémas régionaux doivent définir de même les objectifs à atteindre en matière de restauration de l'espace affecté environnementalement.



La loi oblige donc au promoteur d'une carrière, à obtenir l'autorisation administrative avant le début de l'activité. Dans le cas des carrières situées en domaine public ou forestier, l'Administration chargée de la gestion de ces domaines devra autoriser l'exploitation. L'apport de garanties financières pour une exécution correcte est aussi établi.



Le cadre régulateur environnemental de l'activité minière au Maroc

Les textes législatifs essentiels relatifs à la protection de l'environnement dans le Royaume du Maroc sont les suivants:

- Loi 10/1995 des Eaux
- Loi n° 28/2000 de Gestion des Déchets et son élimination

• Loi 11/2003 de Protection et Mise en valeur de l'Environnement

Le cadre a pour objet l'établissement des règles de base et les principes généraux de la politique nationale au sujet de la protection et mise en valeur de l'environnement. Parmi les contenus importants de cette loi qui affectent l'activité minière et l'environnement, il convient de souligner la définition des deux instruments de gestion et de protection de l'environnement:

** Etudes d'impact sur l'environnement: pour les actuaciones qui mettent en danger la conservation de l'environnement où elles se trouvent. L'étude, élaborée par le promoteur de l'actuation, devra permettre d'évaluer l'impact du projet sur l'environnement et sa compatibilité avec les exigences de protection requises.*

** Plans d'urgences: pour faire face à des situations critiques qui génèrent une pollution environnementale dérivées d'accidents imprévisibles ou de catastrophes naturelles ou technologiques.*

L'art. 69 de la Loi établit, en plus, l'imposition au promoteur de récupérer l'état original des terrains affectés par les actuaciones. L'administration peut imposer à l'exploitant, le retour à l'état original des terrains, même si la dégradation n'est pas le résultat d'une infraction des dispositions de la Loi. En cas de ne pas procéder à la restauration de l'état original dans les conditions fixées par l'Administration, et en cas d'absence de procédures spécifiques par détermination législative, l'administration pourra exécuter les travaux requis, en acompte de l'exploitant.

• Loi 12/2003 relative aux Etudes de l'Impact sur l'Environnement

Cette loi établit que les projets apparaissant dans la liste annexe du texte législatif, aussi bien privés que publics et qui en raison de leur nature, dimension ou localisation sont potentiellement producteurs d'impacts négatifs sur l'environnement, devront faire l'objet d'une étude de l'impact environnemental. L'épigraphe 3.1 de l'annexe, énumère les projets de l'industrie extractive, en particulier : mines, carrières de sables et granulats, cimenteries et industrie de gypse.

- Loi 0313/2003 sur la Lutte contre la Pollution de l'air
- Décret n° 2-04-563 relatif aux attributions et fonctionnement du Comité national et Comités régionaux des Etudes sur l'impact environnemental.



- **Loi 22/2007 relative aux Aires Protégées**

La politique nationale marocaine en matière de protection des espaces naturels, établit un Réseau National des espaces Protégés qui englobe l'ensemble des écosystèmes naturels remarquables et représentatifs du Royaume. La législation originale date de 1934 lors de la promulgation de la Loi du 11 septembre 1934 au sujet de la création de Parc Naturels, actualisée avec la loi 22/2007 des Espaces Protégés, qui rassemble non seulement les Parcs Nationaux, déclarés comme tels par l'ancienne législation, mais aussi les autres catégories d'espaces protégés.

Les aspects à souligner de ce texte légal en relation avec l'activité minière se réfèrent aux effets de la déclaration de l'espace protégé en question. Ainsi, sont interdits ou sont objet de restriction dans l'ensemble de l'espace protégé, sauf autorisation préalable de l'administration compétente, toutes les actions susceptibles de nuire l'environnement, la conservation de la faune et de la flore ou d'altérer les caractéristiques et les éléments de l'écosystème de l'espace protégé, et en particulier l'extraction de matières premières minérales.

3



Panorama Minier
en Andalousie et au Maroc oriental

L'INDUSTRIE MINIÈRE EN ANDALOUSIE ORIENTALE: PROVINCES D'ALMERIA, GRANADA ET MÁLAGA*

**(Données provenant du Plan D'Aménagement de ressources minières d'Andalousie 2007-2010. Direction Générale d'Industrie, Energie et Mines. Junta de Andalucía)*

Panorama minier andalou

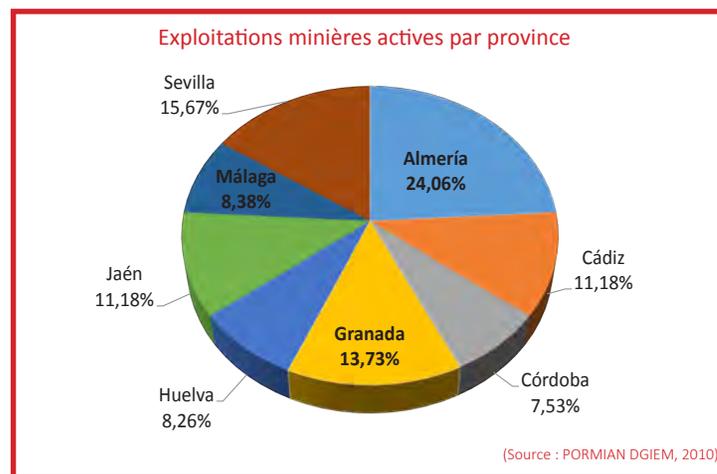
L'industrie minière en Andalousie a été traditionnellement une activité productive très enracinée et d'une grande importance socio-économique, bien que son poids spécifique dans l'économie nationale a diminué progressivement pendant le XXème siècle. Cette circonstance est due à l'épuisement de certains gisements importants, la concurrence de nouveaux pays producteurs et le développement de nouvelles matières premières substitutives de certaines ressources minérales traditionnelles. Tout ceci, provoque que la position qu'historiquement occupait l'Andalousie dans l'ensemble du secteur minier espagnol et européen a diminué surtout dans la production de métaux de base et énergétiques mais par contre a augmenté celle d'autres sous-secteurs, essentiellement les granulats, roche ornementale et minerais industriels.

D'un point de vue macroéconomique, le poids spécifique du secteur minier extractif andalou dans l'économie régionale est le 0,34% de la production totale andalouse (année 2005), faible valeur si on la compare avec d'autres secteurs comme l'agriculture, qui atteint le 5,50%, le tourisme avec un 7,12% et les activités immobilières et les services qui occupent un 16,33%. Cependant, il est nécessaire de souligner que dans les contrées à tradition minière historique, où sont concentrées les exploitations, l'activité acquiert une importance socio-économique majeure, car elle favorise le développement des industries de première transformation des matières premières extraites, générant ainsi un tissu productif fort et stable. C'est le cas des mines de roches ornementales de la région du Marbre (Almería), l'industrie de l'argile à Bailén (Jaén) ou la Rambla (Córdoba).

Dans l'ensemble de la Communauté Autonome Andalouse, il existait 852 exploitations actives en 2007, ce qui représentait presque le 20% du total national (Données du PORMIAN, 2007, qui exclue de l'étude les exploitations de sels, dépôts de stériles, dépôts de cendres et ressources géothermiques, au total 29 exploitations. Les exploitations actives analysées par le

PORMIAN furent donc 823.)

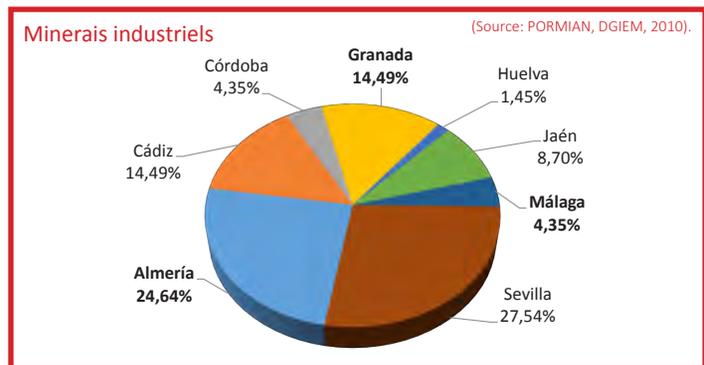
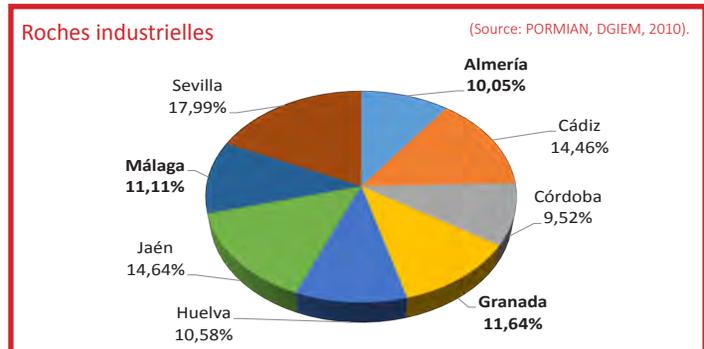
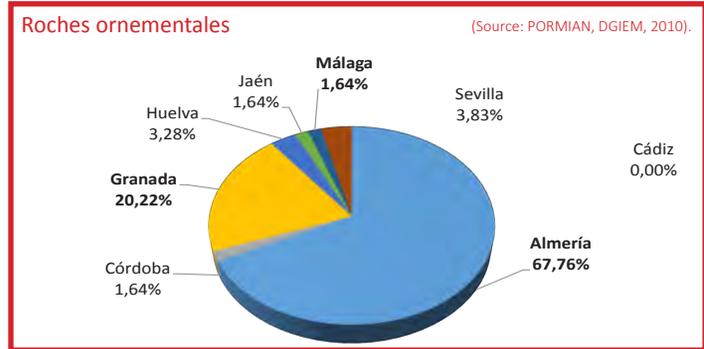
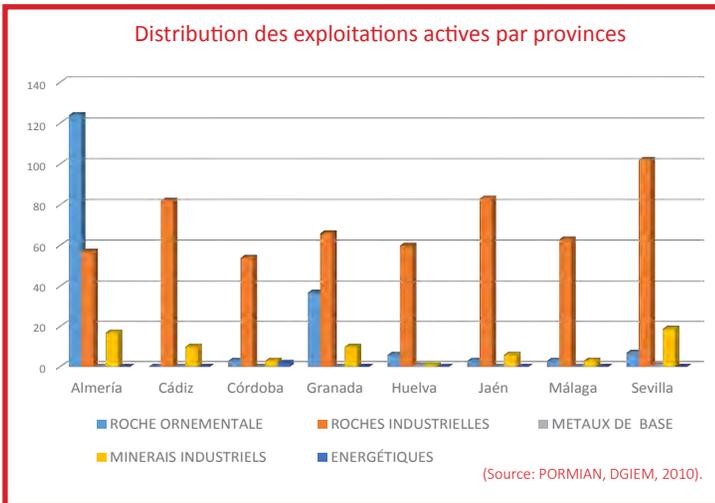
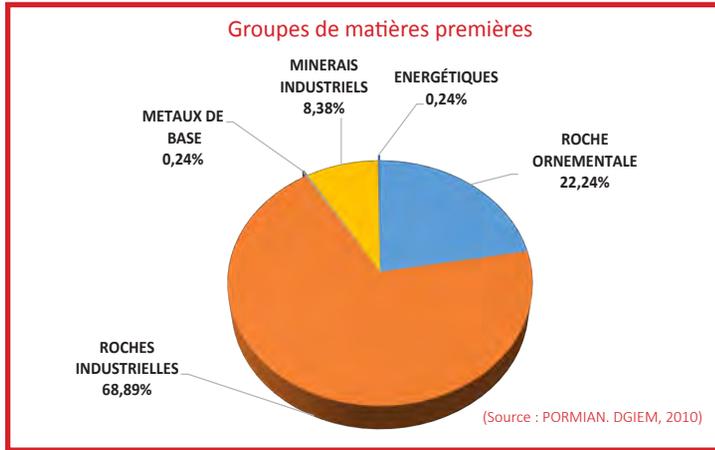
Du point de vue territorial, on remarque les nombreuses exploitations dans la province d'Almería, qui agglutine le 24,06% du total, suivie de Séville (15,67%), Granada (13,73%), Cádiz et Jaén (les deux avec un 11,18%). Puis Málaga (8,38%) et finalement Huelva (8,26%) et Córdoba (7,53%) qui concentrent peu d'exploitations actives.



Quant à la nature des ressources exploitées, un 68,89% des exploitations actives correspond à des roches industrielles, granulats surtout, et un 22,24% à des roches ornementales, essentiellement des exploitations de marbre et de calcaire.

Par conséquent, le 91,13% des exploitations actives en Andalousie correspondent à des carrières de granulats, marbre ou calcaire ornemental. Le 8,87% restant correspond à des minerais industriels, étant négligeable en termes de pourcentage la représentation d'exploitations de minerais mé-

talliques et énergétiques, si bien il convient souligner, l'importance croissante de l'exploitation de minerais métalliques dans la bande pyritique espagnole.



L'apport andalou en termes d'emploi dans le total national est réduit, de l'ordre d'un 11,01%. La spécialisation minière en Andalousie se centre dans des substances de faible valeur (€/Tn) et fait un usage plus intensif des ressources naturelles, ayant par ailleurs une moindre dimension que l'ensemble national.

Quant au nombre d'entreprises, il faut souligner l'importance du poids spécifique de l'activité de transformation face à l'activité extractive, ainsi que le leadership des roches industrielles, aussi bien du point de vue extractif que de transformation.

L'emploi généré par les activités extractives et de transformation, additionné, atteignait en 2007 en Andalousie 36500 personnes, dont 13,6% correspond à l'emploi du secteur extractif et le reste à des activités de transformation. y el resto a las actividades de transformación.



L'industrie minière dans les provinces d'Almería, Granada et Málaga

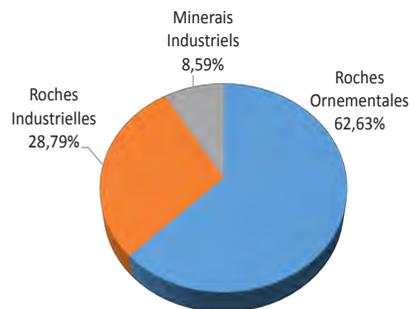
(Source : PORMIAN DGIEM, 2010)

Province d' Almería

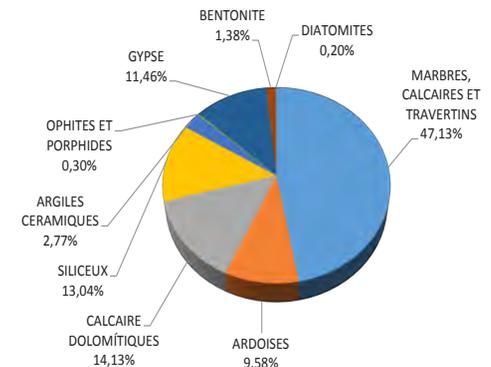
En 2007, on comptait 198 exploitations minières dans la province d'Almería. Il faut remarquer le sous-secteur des roches ornementales, qui représente le 62,63% du total des exploitations, suivi des roches industrielles, avec un 28,79% et les minerais industriels avec un 8,59%.

Parmi les roches ornementales, la plupart des exploitations travaillent le marbre, le calcaire et les travertins, qui supposent le 52,02% du total. Ensuite, parmi les roches industrielles on trouve les sables et les graviers, avec un 15,66% et parmi les minéraux industriels on remarque le gypse avec le 5,56% du total des exploitations.

Sous-secteurs des exploitations



Emploi dans le secteur extractif



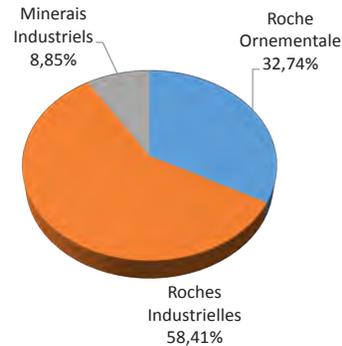
(Source : PORMIAN DGIEM, 2010)

Province de Granada

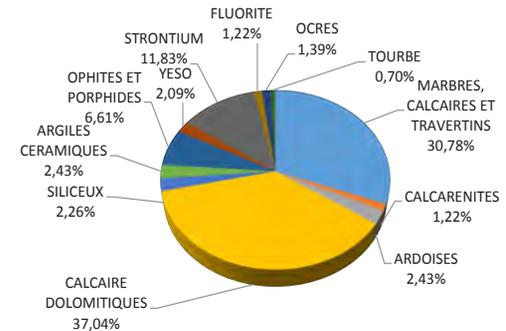
Dans la province de Granada il existe 113 exploitations minières, dont les plus importantes sont celles du sous-secteur des roches industrielles, avec le 58,41% du total des exploitations, suivi des roches ornementales avec le 32,74% et les minerais industriels avec le 8,85%. Le groupe avec les exploitations plus nombreuses est celui des granulats calcaire-dolomitiques avec le 41,59% et les marbres, calcaires et travertins avec le 28,32% et finalement les sables et les graviers avec un 3,54%.

Quant à l'emploi, le groupe des granulats calcaire-dolomitiques, avec le 37,04% est le plus nombreux, suivi par les marbres, calcaires et travertins avec le 30,78%, le strontium avec le 11,83%, le reste étant en dessous du 7%.

Sous-secteurs des exploitations



Emploi dans le secteur extractif



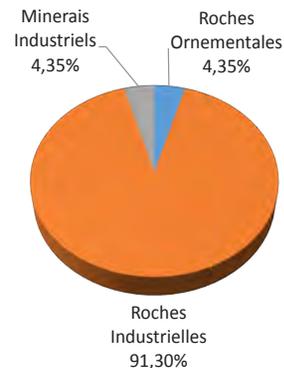
(Source : PORMIAN DGIEM, 2010)

Province de Málaga

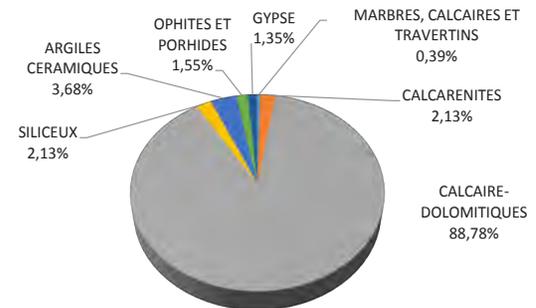
Málaga possède 69 exploitations actives, correspondant la plupart à des roches industrielles avec le 91,30% du total, suivi des roches ornementales et minerais industriels, chacun avec un 4,35%. Les exploitations de granulats calcaire-dolomitiques sont les plus nombreuses avec le 65,22%, suivi des argiles avec le 15,94% et les sables et graviers avec le 7,25%. Le reste est en dessous du 3%.

Quant à l'emploi, le groupe des granulats calcaires-dolomitiques agglutine le 90,18% du secteur extractif de la province. Le reste des substances dépasse à peine le 4%.

Sous-secteurs des exploitations



Emploi dans le secteur extractif



(Source : PORMIAN DGIEM, 2010)

L'INDUSTRIE MINIÈRE DANS LA RÉGION ORIENTALE DU MAROC*

**(Données extraites du Rapport Sectoriel du Bureau Economique de l'ambassade espagnole à Rabat au sujet du secteur des mines et carrières au Maroc. Irene Barrena Casamayor, 2010)*



Le Maroc est aussi un pays avec une longue tradition minière, la richesse et diversité de ses ressources minérales la situant parmi les grandes puissances minières à niveau mondial, et expérimente une intense activité dans ce secteur depuis longtemps.

L'importance de l'industrie minière dans l'économie marocaine est visible à travers plusieurs indicateurs : elle contribue annuellement avec un 3% du PIB, en tenant compte uniquement les produits miniers et un 6% si l'on

inclue aussi les produits de transformation. Elle contribue aussi avec un 22% à la valeur des exportations marocaines.

L'industrie minière au Maroc emploie 35000 personnes et sa totalité salariale est estimée autour des 5000 millions de dirhams. Elle concentre plus de 1,5 million de personnes autour des plus grands centres miniers. (Khouribga, Youssoufia, Ben Guerir, M'rirt, Jerada, Tinghir Touissit, Boubker, etc).

Les lignes essentielles de l'activité minière actuelle au Maroc s'orientent vers certains sous-secteurs concrets : phosphates, roches bitumineuses, minerais métalliques et roches et minerais industriels.

Phosphates

Le sous-sol marocain contient le 75% des réserves mondiales de phosphates. Le Maroc est le troisième producteur et le premier exportateur de cette substance au niveau mondial. Il est aussi le premier exportateur d'acide phosphorique, avec une participation du 50% dans le marché international.

Le groupe OCP est le plus grand exportateur mondial de phosphates dans toutes ses formes. Sa participation dans le marché mondial fut de l'ordre d'un 40% en 2008 en phosphate de roche, 38,4% en acide phosphorique et en 8,4% en fertilisants. Les principaux marchés d'exportation du Maroc sont les Etats-Unis (2,6 millions de tonnes), l'Espagne (1,7 millions de tonnes) et le Brésil (1,1 millions de tonnes). La taxe applicable à l'exportation



des phosphates (34 dirhams par tonne exportée de phosphate brut ou élaboré) qui compromettrait sérieusement la compétitivité des produits de l'OCP, fut supprimée en 2008. Dans le premier trimestre de l'année 2010, les exportations de phosphates et de ses dérivés augmentèrent un 79% par rapport à la même période de 2009.

L'OCP possède quatre centres d'extraction de phosphate de roche (Khouribga, Benguerir, Youssoufia y Boucraa/Laayoune), deux usines de transformation pour la production d'acide phosphorique et dérivés (Safi y Jorf Lasfar) et des plateformes portuaires de distribution à Casablanca, Jorf Lasfar, Safi y Laayoune.



En 2008, l'extraction de phosphate de roche atteignit les 27,16 millions de tonnes, dont 24,45 millions furent commercialisés et les exportations atteignirent 6,9 billions de dollars.

Industrie minière métallique

En plus des phosphates, le Maroc offre aussi des gisements d'une vaste gamme de minéraux, or, argent, fer, cuivre, plomb, zinc, manganèse. Le Maroc est le premier producteur d'argent d'Afrique et le quatorzième au niveau mondial. La plupart de l'extraction de ces minéraux se réalise dans de petites mines.



Il est nécessaire de signaler, l'importance socio-économique de ces petites mines qui emploient approximativement 12000 personnes et représentent le 40% de la production minière totale et le 22% de la valeur totale des ventes du secteur, en excluant les phosphates. Due à son importance socio-économique, le Ministère de l'Energie et des Mines a élaboré en juillet 2007 un programme de développement des petites mines, en particulier grâce à l'assistance technique et la formation

des petits mineurs. Le projet de Loi des Mines contient des dispositions spécifiques de réglementation des activités minières à petite échelle.





Roche ornementale et roches et minerais industriels

Dans le secteur minier, les carrières occupent diverses activités d'exploitation de produits minéraux non métalliques qui ne sont pas inclus dans les catégories énumérées du Règlement Minier de 1951. Ces activités sont :

- Extraction et travail de marbres, granites, ardoises ornementales, puzolanes et d'autres pierres naturelles décoratives.
- Pierres non classifiées comme précieuses utilisées pour des travaux d'artisanat et ornement.
- Production de granulats, sables et graviers, argiles, chaux, gypse et d'autres substances utilisées pour la construction.

La presque totalité des exploitations actives dans les provinces du Maroc oriental sont classifiées dans ce groupe.

4

L'activité extractive

Phases, techniques et opérations minières



PHASES D'UNE EXPLOITATION MINIÈRE

Le processus de décision pour l'ouverture d'une exploitation minière est long, complexe et laborieux. Il comprend différentes phases :

Prospection et recherche

Le projet minier commence avec l'identification d'un certain type de ressource dans un territoire déterminé et avec une phase initiale de prospection et recherche dont le but est de confirmer la rentabilité potentielle du gisement.

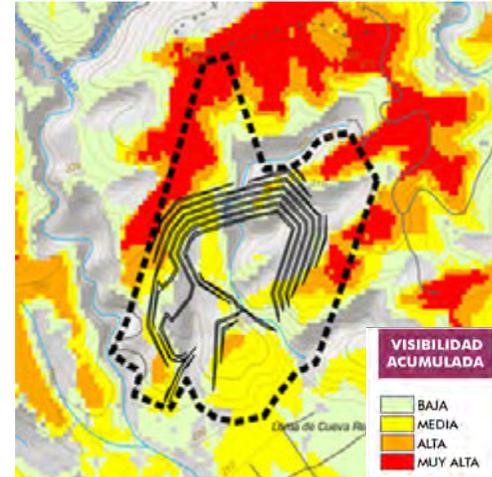
Le but de la prospection est la localisation des anomalies résultant de l'existence de dépôts minéraux par le biais de techniques géophysiques, géochimiques ou de reconnaissance géologique détaillée.

La recherche par contre, poursuit le but de déterminer la définition géométrique et de réaliser une première évaluation du gisement grâce à la réalisation d'excavations, sondages et/ou essais de sondage. Les techniques de recherche mentionnées ci-dessus peuvent provoquer un impact, parfois même d'une importance considérable.



Evaluation des réserves et étude de l'exploitation

Pendant cette phase, on définit les paramètres techniques, économiques et financiers pour la prise de décision du développement du projet. La phase de modélisation, est la phase sur laquelle se réalise l'évaluation des réserves et les options alternatives pour l'exploitation. Le modèle doit inclure les critères de viabilité environnementale.



Développement et mise en marche

D'après la loi (R.D.L 1/2008), la réalisation d'une Etude d'Impact Environnementale doit être accomplie de façon préalable au début de l'exploitation. Le Projet Général de l'exploitation et le plan de restauration doivent être rédigés de manière simultanée et coordonnés avec l'Etude d'impact environnementale.

L'autorisation environnementale ayant été obtenue, commence la préparation du terrain de mine et les installations, exécutant ainsi les premières mesures du Plan de restauration. La correcte exécution de la conception technique préalablement établie, est vitale pour l'avenir du développement et la durabilité environnementale de l'exploitation.

Exploitation

Pendant la période de vie, l'exploitation se réalisera en accord avec les Plans de Travaux Annuels approuvés, tout en adoptant les mesures incluses dans les Plans Annuels de restauration correspondants, d'après le Plan Général de Restauration approuvé par l'étude de prévention environnementale.



Fermeture

Lors de la finalisation de la vie productive de l'exploitation, s'active le plan de fermeture et clôture. Ce dernier inclut le démantèlement et démolition des installations obsolètes et la restitution morphologique et paysagère des creux de mine et les dépôts de stériles qui n'ont pas été restaurés pendant la vie active de l'exploitation. Dans la mesure du possible, et si ainsi était prévu, la réutilisation des terrains doit être réalisée.



Réutilisation

Les opérations extractives constituent un usage temporaire des terrains qui normalement n'excède pas les 20 ou 30 années, à l'exception des grands gisements.

C'est pour cela que, la réutilisation des creux de l'exploitation et d'autres infrastructures minières doit être un facteur essentiel pendant les premiers pas de la planification de l'exploitation, sans questionner pour autant, les aspects de viabilité techniques ou économiques.

Creux de l'exploitation

Dans le cas des exploitations clôturées, une analyse détaillée des aspects tels la surface, volume, morphologie, caractéristiques géomécaniques et géotechniques des matériaux, conditions climatiques, situation de l'environnement, milieu social des alentours, demandes potentielles d'usage, etc..., permettra de connaître la destination la plus adéquate des terrains. Par exemple, il est essentiel de déterminer de manière précise la perméabilité de la formation géologique afin de connaître les effets lors de la réutilisation des creux pour remplissages, mêmes d'inertes (voir tableau ci-joint)

CLASSE	1. IMPERMEABLE	2. SEMIPERMEABLE	3. PERMEABLE
Coefficient de perméabilité	$K \leq 10^{-9}$ m/s (0,01 mm/d) en 5 m	10^{-9} m/s < $K \leq 10^{-6}$ m/s (0,1 mm/d y 10 cm/d)	$K \geq 10^{-6}$ m/s (10 cm/d)
Exemple	Marnes, schistes argileux, ardoises	Terrains arenos - argileux, grès	Aluvions, graviers
Considérations	Terrains favorables, mais besoin de: Drainer les effluents, et Eviter l'entrée d'eau de ruissellement	Terrains utilisables si: La zone non saturée peut garantir l'épuration de l'eau de lixiviation	Haut risque de pollution des aquifères
Déchet admissible	Certains types de déchets spéciaux	Déchets assimilables aux ordures urbaines	Déchets inertes exclusivement

- Urbanistique et industriel
- Loisir intensif ou sportif
- Agricole
- Forestier
- Loisir non intensif et éducation
- Emmagasiner d'infrastructures de dépôts (eau, etc...)
- Installations solaires
- Dépôts d'inertes

Dans les exploitations historiques s'impose de plus en plus, le critère d'étudier la viabilité de sa mise en valeur à travers des projets d'interprétation et d'usage comme centre de loisir, en général avec une finalité touristique et de formation.

Dépôts de stériles

Les matériaux accumulés dans les dépôts de stériles sont aussi réutilisables. Voici quelques possibles applications:

- Comblement et construction de terre-pleins
- Routes et barrages
- Fabrication de briques et briquettes
- Matériaux de restauration
- Fertilisants et engrais (charbon)
- Combustibles spéciaux (charbon)
- Additifs pour minerais énergétiques



La viabilité du recyclage dépendra des caractéristiques pétrographiques, minéralogiques, chimiques et physico-chimiques des produits du dépôt de stériles en relation à la demande de l'usage dans des localisations géographiques relativement proches, puisque le mouvement et le transport de ce genre de matériaux conditionnent la viabilité économique de l'opération.

Les stériles résiduels devront faire l'objet d'un projet ultérieur de restitution morphologique et, dans certains cas, de réutilisation des terrains libérés.



SYSTÈMES D'EXPLOITATION MINIÈRE

Du point de vue de sa conception, les exploitations minières sont aussi variées que les gisements dont elles se bénéficient. Le choix de la méthode à appliquer dépend de nombreux facteurs tels que la profondeur, la forme et inclinaison du dépôt, la distribution des lois des minéraux, les caractéristiques géomécaniques des roches encaissantes et du propre minéral, les coûts d'exploitation, etc...



Mines souterraines



Bien que les mines souterraines produisent en général un moindre impact morphologique et paysager que les mines à ciel ouvert, elles peuvent générer d'autres affections importantes telles que la génération d'eaux acides de mines, dans le cas des sulfures métalliques, accumulation de stériles, présence d'installations minéro-métallurgiques associées...



Mines de Coupe/taille

Système d'exploitation à ciel ouvert, généralement sous forme de bancs descendants rectangulaires, coniques ou circulaires. Ce système est utilisé traditionnellement dans les mines métalliques et de charbon. La profondeur de la coupe peut atteindre les 300 mètres.

La possibilité de remplir la coupe avec des stériles est généralement rare ce qui implique de grands dépôts de stériles associés, pour les matériaux de rejet, et des digues de retenue ou bassins de résidus, pour le dépôt de boues provenant des usines de concentration. Lorsque le remblayage d'une partie définitivement abandonnée de l'exploitation se réalise avec les stériles de la partie active on utilise le terme « travaux miniers de transfert ». Un phénomène commun à l'industrie minière métallique, souterraine ou à ciel ouvert ainsi qu'à celle du charbon est la production d'eaux acides, conséquence de l'oxydation du minerai.



Gravières

Les matériaux détritiques, sables et granulats, associés à la dynamique fluviale, s'obtiennent souvent par extraction directe d'un unique banc qui ne dépasse pas les 20 mètres de profondeur généralement.



Carrières

Système commun aux exploitations de roches industrielles et ornementales. La faible valeur relative du produit implique que ces carrières, qui souvent apportent aussi du matériel pour des gravats de construction, se situent proches à des centres de consommation, dans un système de dispersion territoriale. La méthode utilisée est souvent sous forme de bancs descendants de un ou plusieurs niveaux.



Sté SMIRI Concassage .Commune de Tiztoutine .Province de Nador

DÉPÔTS DE STÉRILES, INFRASTRUCTURES MINIÈRES ET INSTALLATIONS

Une exploitation minière ne se compose pas seulement du front d'exploitation, mais aussi de la gestion des résidus miniers, les infrastructures et les propres installations. Il faudra donc en tenir compte dans le Plan de Restauration.

Dépôts de stérile

Les activités minières produisent une grande quantité de matériaux de rejet qui doivent être stockés dans des conditions de sécurité, de stabilité et d'intégration environnementale déterminées. Les rejets des usines de traitement, de granulométries fines, s'emmagasinent dans des structures type « digue ».

Les principaux types de dépôts de stériles extérieurs selon leur situation sont : en vallée, flancs de colline ou en plaine. Selon la séquence de construction ils pourront accueillir des rejets libres, des rejets par phases, avec digue de contention au pied et en phases ascendantes superposées.

Jusqu'à il y a quelques années, le critère de sélection pour la localisation d'un dépôt de stériles était exclusivement une question de distance par rapport au transport puisque le coût total de l'opération minière y est concerné. Cependant, l'élection doit désormais se tenir à d'autres critères, spécialement à ceux de stabilité, surface minimum de l'aire affectée et facilité de minimisation de l'impact paysager et écologique.



Infrastructure et installations minières

Les activités minières peuvent associer une série d'installations telles que des entrepôts, édifications auxiliaires, stations de traitement, ainsi que des routes d'accès et de service qui doivent être l'objet aussi d'un traitement environnemental aussi bien dans la phase d'installation que dans la phase de restitution du paysage lors de la fermeture de l'exploitation.



Le Plan de restauration doit donc garantir le démantèlement ou la réutilisation des édifications et des installations lors de la fin de l'exploitation.



5

Affections environnementales de l'activité extractive



AFFECTIONS ENVIRONNEMENTALES

Les exploitations minières peuvent générer de forts impacts sur l'environnement sur les différentes variables du milieu naturel : atmosphère, eaux, sols, flore, végétation et faune, processus géophysiques, morphologie et paysage et même dans le cadre socioculturel. Ces problèmes seront d'autant plus graves d'après le type d'exploitation minière (souterraine, à ciel ouvert...) et le cadre environnemental où elle sera localisée. Voici les problèmes environnementaux et leurs mesures de correction.

IMPACT SUR L'ATMOSPHÈRE



1. Pollution par poussières

Mesures de correction et de récupération

- Arrosage périodique des pistes des mines avec de l'eau ou avec des dissolutions salines.
- Stabilisation chimique des pistes.
- Goudronnage des accès permanents à la mine.
- Retrait du matériel formé par accumulation de poussière des pistes.
- Végétalisation des terrains restitués.
- Contrôle des poussières lors du forage par le biais de capteurs et réduction du nombre d'explosions.
- Extinction des points de combustion spontanée du charbon.
- Réduction du temps entre les phases d'exploitation et la phase de restitution.



2. Pollution par bruits

Mesures de correction et de récupération

- Réduction de la vitesse de circulation et minimisation des carrefours dans les pistes.
- Emploi de barrières végétales ou artificielles contre le vent, dificultant sa libre circulation dans les niveaux superficiels.
- Substitution des bennes par des transporteurs à bande.
- Arrosage des matériaux empilés qui se chargent dans les bennes.
- Conception de la localisation des stations d'épuration en fonction de la prédominance du vent.
- Localisation des stations le plus éloignée possible des zones habitées.
- Construction de barrières anti-bruit périmétrales.
- Installation de silencieux sur les équipes mobiles.
- Etude de routes alternatives de transport dans les zones proches aux aires habitées.
- Réalisation d'un entretien préventif adéquat et recouvrement des éléments métalliques qui souffrent les impacts des roches.
- Utilisation d'équipes actionnées électriquement.
- Limiter le travail des activités gênantes pendant les heures diurnes.
- Diminuer les charges opérantes d'explosif et emploi de détonateurs et accessoires à microretard.
- Couvrir le cordon détonant exposé à l'air
- Réduire au maximum les opérations de craquelage de blocs avec explosifs

▶ IMPACT SUR LES EAUX SUPERFICIELLES



3. Altération permanente des drainages superficiels

Mesures de correction ou de récupération

- Création de systèmes de drainage pour recueillir les eaux externes de la zone et en particulier pour chaque dépôt de stériles ou pour chaque talus.
- Diminution des pentes des talus des décharges et des excavations pour diminuer la vitesse et la capacité érosive des lames d'eaux et favoriser en même temps l'implantation d'une couverture végétale pour affirmer les terrains.
- Planification des décharges avec des surfaces concaves et des longueurs de pentes continues et réduites, unies par de petites terrasses de séparation, avec une légère inclinaison vers l'intérieur des talus.
- Constructions de canalisations auxiliaires pour la protection de canaux, dépôts de stériles, talus d'exploitation...

4. Pollution des eaux superficielles

Mesures de correction ou de récupération

- Recueillir et canaliser les eaux polluées des mines dans des bassins pour que la décantation se produise avant le pompage vers l'extérieur
- Stations d'épuration adéquates en fonction des caractéristiques des polluants de l'eau (épuration, bassin de décantation...). Ce système de

traitement devra être alimenté avec les effluents de la zone exploitée et se localisera avant la décharge au courant fluvial récepteur.

- Etablissement d'un système d'analyses périodiques pour la détection des variations et anomalies inadmissibles dans les caractéristiques de l'eau, à la sortie de la station et avant son entrée dans le récepteur.
- Végétalisation des aires restituées et réduction de la surface affectée par les travaux miniers, afin de réduire l'érosion.
- Isolement des matériaux facilement désagrégables et polluants, en les couvrant avec d'autres matériaux provenant de la même exploitation.



▶ IMPACT SUR LES EAUX SOUTERRAINES



5. Altération temporaire du régime des débits souterrains motivée par la création de creux et d'excavations de galeries et pompage de l'eau des niveaux phréatiques sectionnés. Impact temporaire, récupérable lors l'arrêt des opérations de moindre envergure.

6. Pollution des aquifères (huiles, hydrocarbures...) temporaire et d'effets inquiétants, dérivés de l'entretien de la machinerie.

Mesures de correction ou de récupération

- Les huiles sont un polluant important et difficile de traiter. Il sera nécessaire de recueillir les huiles usagées lors de la maintenance de la machinerie, si celle-ci se réalise dans la zone d'exploitation.

IMPACT SUR LE SOL

7. Occupation irréversible du sol fertile par la création de creux et dépôts de stériles.

8. Induction des effets édaphologiques négatifs aux alentours de l'exploitation à cause des opérations dérivées de la création de creux, dépôts de stériles et pistes.



Mesures de correction ou de récupération

- Elimination et Entassement de la terre végétale des zones occupées par l'exploitation.
- Conception d'un modelage dans la récupération qui permettra l'utilisation productive et écologique du terrain une fois exploité.
- Adoption de mesures qui éviteront la production de poussières, éboulements et glissements.

IMPACT SUR LA FAUNE ET LA FLORE

9. Elimination ou altération des habitats végétaux terrestres pour la faune, ainsi que déplacement ou concentration d'espèces ou d'individus, motivés par la construction de creux et de pistes.

10. Changements dans les comportements de la faune par les perturbations causées par la circulation de bennes et de machinerie lourde, et par la création de pistes et d'infrastructures.

11. Elimination ou réduction de la couverture végétale, et difficultés pour la régénération de la végétation.



Mesures de correction ou de récupération

- Végétalisation avec des espèces autochtones des écosystèmes affectés.
- Adopter des mesures d'optimisation de la circulation et diminution des bruits.
- Préparation des sols, amélioration du microclimat (arrosage, engrais...) et végétalisation avec des espèces autochtones des écosystèmes affectés.



GEOPHYSIQUES



12. Augmentation du risque d'éboulements, glissements ou effondrements de terres, motivés par la création de dépôts de stériles (impact sévère) et par la création de creux et galeries souterraines (impact moyen).

Mesures de correction ou de récupération

- Disposer sur le terrain naturel, avant le début du déversement dans le dépôt de stériles, une couche d'épaisseur suffisante de matériel grossier drainant sélectionné, ayant pour but d'atteindre à l'intérieur du dépôt, un niveau phréatique bas.
- Utilisé, dans la mesure du possible, pour le noyau du dépôt de stériles, le matériel de plus grande granulométrie pour favoriser la stabilité et le drainage.
- Eviter de rompre l'équilibre des stériles
- Eviter de localiser le dépôt dans des terrains en pente.
- Modeler le dépôt pour que le facteur de sécurité soit supérieur à 1,2.

- Conception d'un système de drainage superficiel faisant circuler les eaux directement interceptées par le dépôt ou les connectant avec le réseau externe de drainage.
- Eviter des localisations du dépôt dans des zones à risque d'effondrement (mines souterraines, lithologie à risque...)

13. Augmentation de la charge de sédimentation en aval, produit par l'addition de matériel solide, dérivé de la création de dépôts de stériles, de pistes et d'infrastructures.

14. Augmentation de l'érosion, dérivée des opérations nécessaires pour la création des dépôts et des pistes, de l'existence même des dépôts et talus, et circulation de bennes et machinerie lourde.

15. Augmentation du risque de subsidence, produite par la création des dépôts de stériles.

Mesures de correction ou de récupération

- Adopter des mesures qui évitent la production de poussières.
- Etablissement de systèmes de drainage généraux et particuliers.
- Végétalisation rapide après les mouvements finaux de terres dans chaque zone.
- Diminution des pentes et des longueurs d'inclinaison des talus, de pistes et de dépôts, se situant dans les limites inférieures qui permettent une correcte exploitation.
- Eviter la localisation des dépôts dans des zones à risque d'effondrement (mines souterraines abandonnées, zones karstiques...)



MILIEU HUMAIN

16. Impacts sur les populations.

17. Altération de lieux significatifs considérés comme patrimoine culturel et social par leur singularité (historique, artistique, scientifique, éducatif, naturel...)

18. Augmentation de la densité de la circulation sur les voies publiques provoquant des dangers d'accidents, dégradation des revêtements, et l'embouement des routes.



Mesures de correction ou de récupération

- Adaptation de la zone altérée lors de la récupération de la forme pour maintenir l'usage traditionnel.
- Adaptation alternative pour l'usage perdu.
- Déplacement et installation en cas de travaux réalisés par l'homme.
- Soigner la flore et la faune endémique.
- Construction de pistes d'usage interne.
- Amélioration des routes déjà existantes.
- Installation de stations automatiques de lavage de roues et les dessous de tous les véhicules accédant au réseau routier.
- Disposition de panneaux indicateurs de danger.



MORPHOLOGIE ET PAYSAGE

19. Perturbation globale du paysage, généralement grave dans le cas des dépôts de stériles, sévère dans les creux d'exploitation et légers dans le cas de la construction d'édificiations, dus à leur durée et contrôle facile, et de l'implantation d'accès et d'infrastructure.



Mesures de correction ou de récupération

- Réduire dans la mesure du possible, la taille des excavations et des décharges.
- Modeler la topographie altérée afin de l'ajuster à la topographie naturelle.
- Utiliser les produits des excavations pour le remplissage d'autres lieux.
- Arrondir les talus, en plan et en levée, évitant les arêtes et les surfaces lisses.
- Plantation d'arbres et arbustes servant de barrières visuelles.
- Mesures protectrices de la végétation existante, clôturer les grands arbres existants, soigner de ne pas tailler les racines principales, arroser et fertiliser.
- Compenser la détérioration du milieu avec la création de zones, de couloirs ou ceintures vertes à l'intérieur ou aux alentours des installations industrielles.
- Plantation type jardin, avec des espèces adéquates, non nécessairement autochtones, afin d'améliorer l'apparence générale des installations.
- Emploi de matériaux des lieux.
- Emploi de couleurs qui contribuent à diminuer le contraste avec le milieu (en général mates ou sombres)
- Adaptation des installations et des infrastructures à la topographie locale (ne pas dépasser les lignes naturelles de l'horizon, éléction de situations fermées visuellement...)
- Végétalisation générale avec des espèces autochtones et le schéma de plantation idéal pour l'adaptation de la zone affectée par l'exploitation au paysage.

6

Critères pour l'intégration environnementale

des carrières de nouvelle ouverture

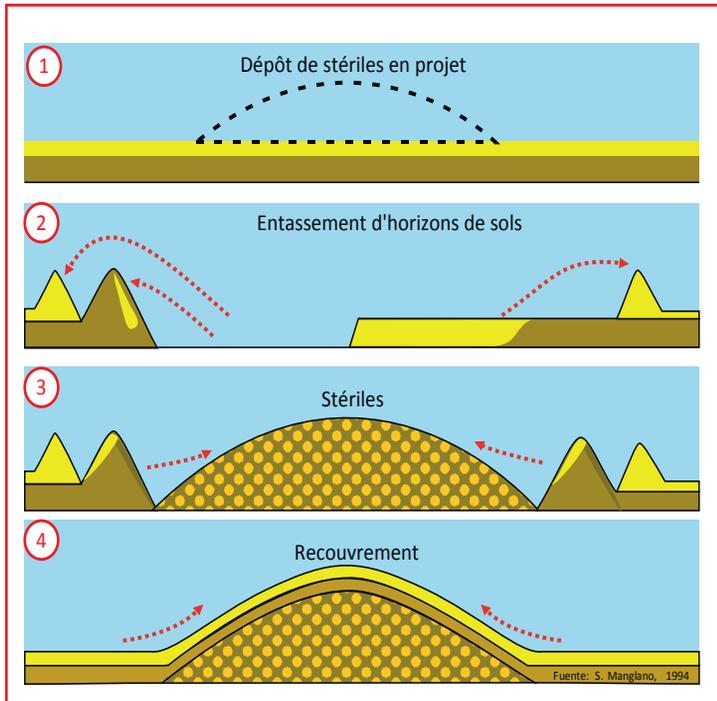


CRITÈRES POUR L'INTÉGRATION ENVIRONNEMENTAL DES CARRIÈRES DE NOUVELLE OUVERTURE

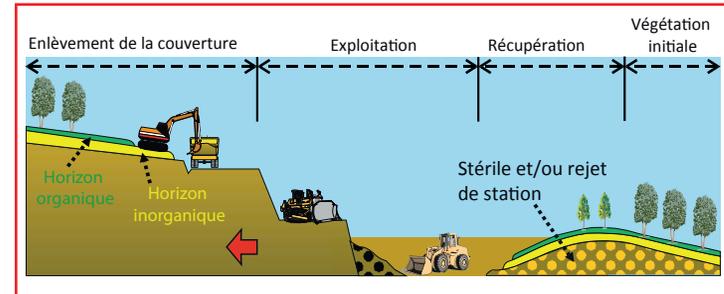
Les exploitations minières de nouvelle ouverture ont la possibilité d'incorporer les variables environnementales depuis le début des prises de décision pour l'élaboration aussi bien du Projet Général d'exploitation comme le Plan de restauration. Les deux doivent garantir que la conception initiale et le projet d'exploitation prévoient d'arriver jusqu'à la fin de la vie de l'exploitation planifiée avec la morphologie et les conditions appropriées pour réaliser la restauration finale prévue.

 Planifier correctement le retrait, le dépôt et la réutilisation des sols fertiles affectés

Modèle 1

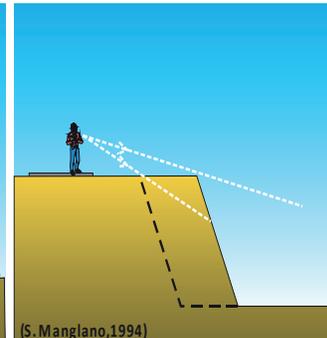
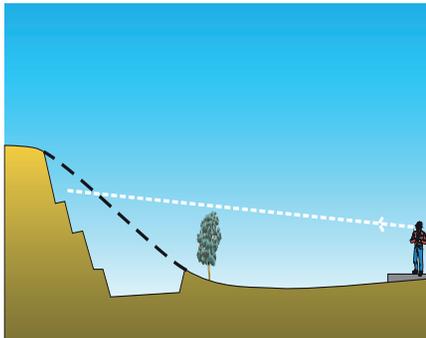
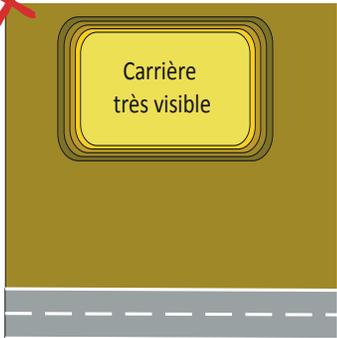
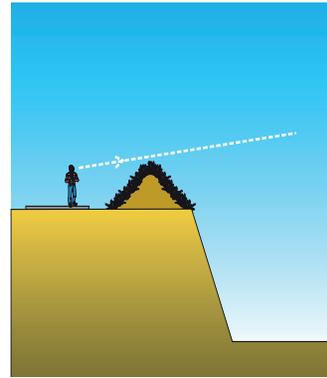
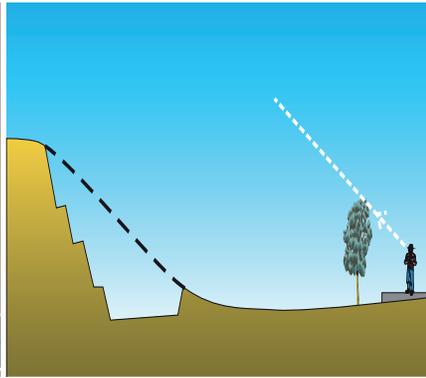
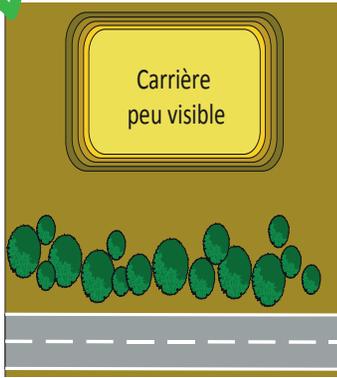


Modèle 2





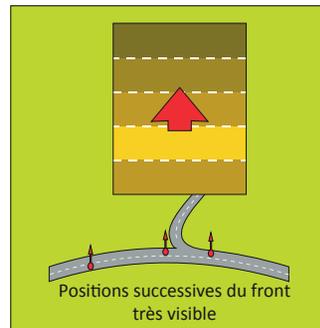
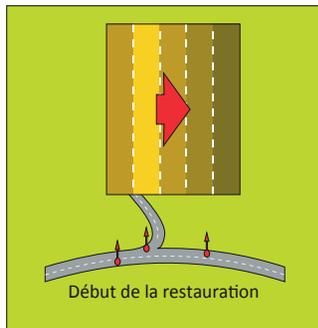
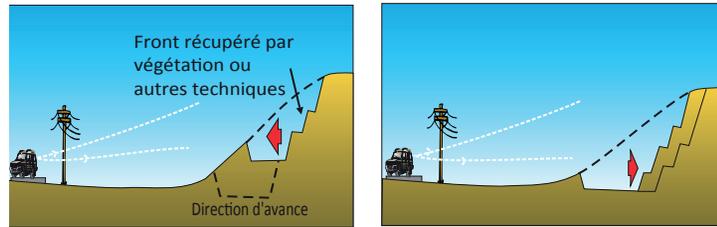
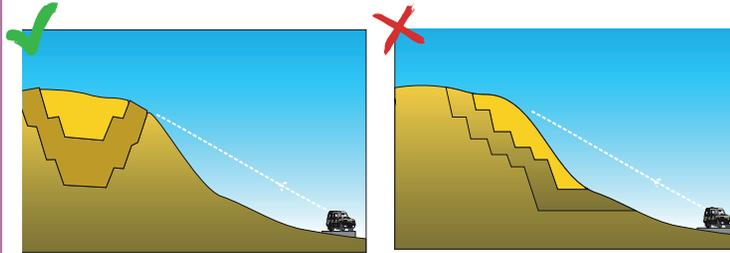
La protection ou l'occultation des vues en tenant compte des facteurs topographiques et le maniement de la végétation, répercutant en plus dans un moindre impact sonore.



(S. Mangano, 1994)

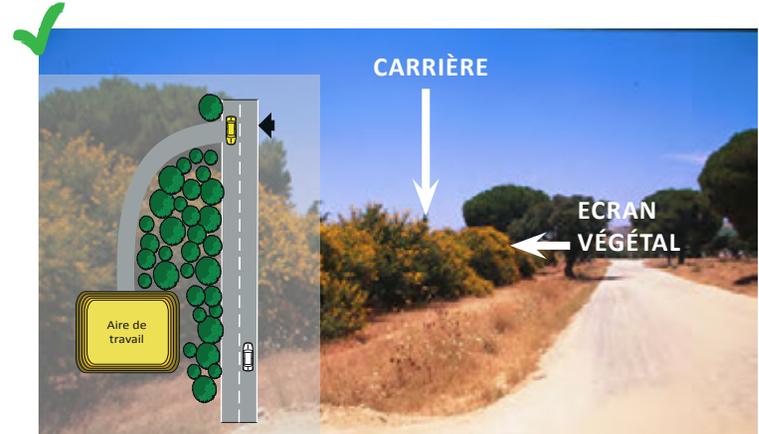


La sélection appropriée de l'endroit d'attaque de l'exploitation et la direction de l'avance, ainsi que l'orientation des fronts de travail.



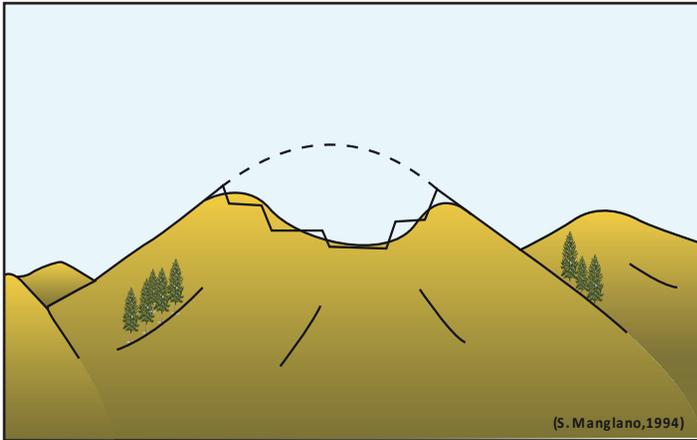
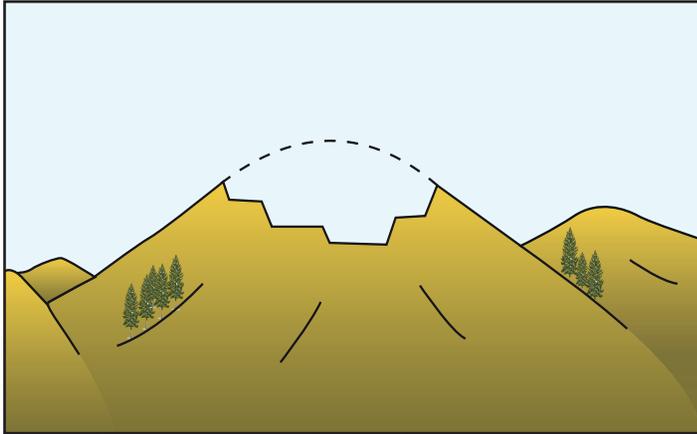
(S. Mangano, 1994)

Une planification appropriée des accès à l'exploitation et aux installations associées.





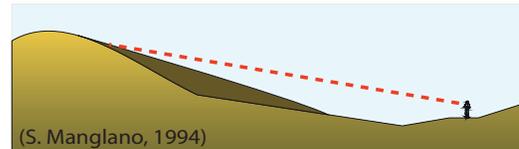
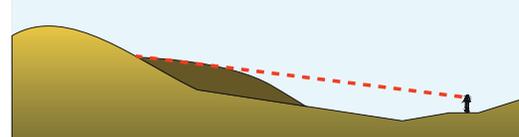
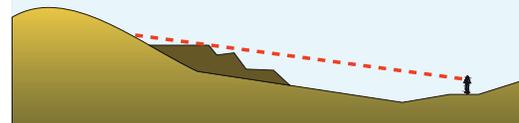
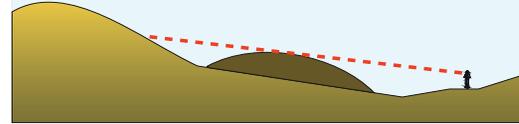
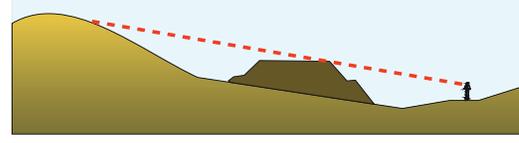
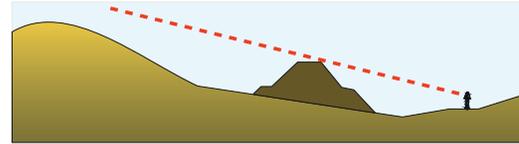
Prévoir la restitution morphologique finale et la réutilisation des terrains.



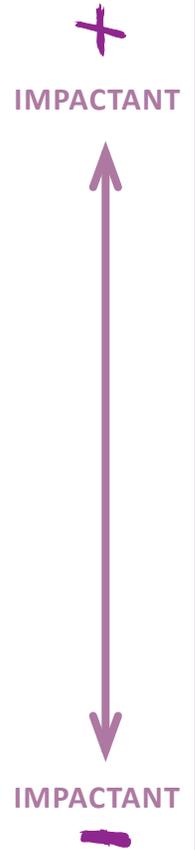
(S. Mangano, 1994)



Planification des rejets des résidus miniers orientée à rendre possible une restauration simultanée des dépôts de stériles.

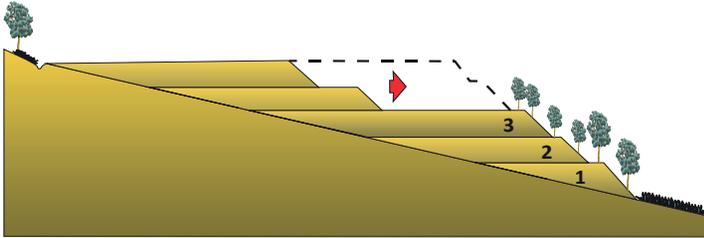


(S. Mangano, 1994)

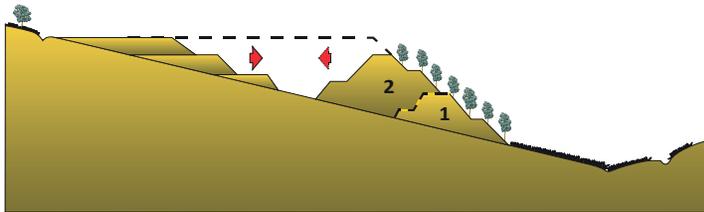


Restauration progressive des dépôts de stériles

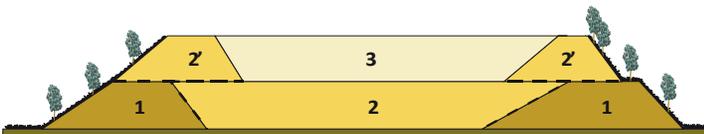
- En pente vers l'extérieur avec restitution simultanée du front de rejet



- En pente avec génération préalable de front et rejet à l'intérieur



- A plat, avec génération et restitution préalable des fronts latéraux





7 Restituiton morphologique et restauration environnementale dans les mines inactives

RESTITUTION MORPHOLOGIQUE ET RESTAURATION ENVIRONNEMENTALE DANS LES MINES INACTIVES

La plupart des exploitations minières, vue la tradition minière historique des territoires étudiés, sont anciennes et demeurent inactives. Mise à l'écart la responsabilité juridique du promoteur minier quant à la restauration, question complexe dans les exploitations inactives qui est en relation avec la date de début et de fermeture de l'activité par rapport à l'entrée en vigueur de la législation en vigueur, l'objectif essentiel de la restauration doit garantir que l'aire de l'exploitation restera sécurisée et adéquate morphologiquement, pour accueillir l'usage final prévu et/ou la végétalisation.

Dans le cas de travail sur une exploitation clôturée, aussi bien sur une de ses phases ou bien totalement, sans une planification environnementale préalable, les problèmes à résoudre seront plus graves et parfois de difficile et coûteuse solution. Le travail à réaliser devra s'orienter vers les aspects suivants:

- **Correction totale des risques géotechniques** qui peuvent affecter à la sécurité des personnes et des biens.
- **Restitution morphologique** de l'aire affectée (creux et dépôts), du moins jusqu'à la végétalisation
- **Drainage**

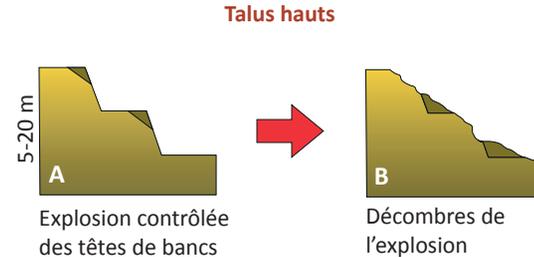
CORRECTION DES RISQUES GÉOTECHNIQUES

Dans les carrières il sera nécessaire de réaliser une étude géotechnique détaillée sur la stabilité des talus, très particulièrement si la restauration comporte un projet de réutilisation sociale de l'aire d'extraction.

La correction des risques dans les carrières, ayant été détecté le besoin de la réaliser, peut comporter différentes solutions:

1. Modifications de la géométrie des talus

Les solutions consistent entre autres, à éliminer des masses instables, entamer les talus ou construire des contreforts au pied des talus.



2. Drainage

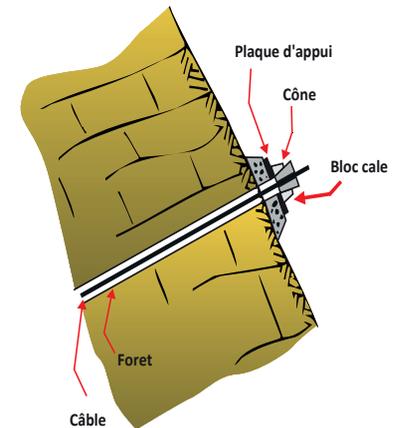
Il s'agit d'éliminer l'eau contenue dans le massif rocheux afin de diminuer le poids total de la roche et réduire les forces déstabilisantes (voir infographie A Systèmes de drainage en talus du paragraphe Drainage de ce chapitre)

3. Emploi des éléments résistants

Cela consiste en l'utilisation d'éléments tels que des murs de contention, des boulons et des câbles d'ancrage.

4. Corrections superficielles

Pour corriger le risque de petits éboulements on utilise généralement une grille de guide ou une projection de béton, bien que cette dernière méthode s'utilise seulement pour des actions très localisées car le traitement végétal postérieur n'est plus possible.





RESTITUTION MORPHOLOGIQUE

La restitution morphologique de carrières a deux objectifs principaux : la correction des instabilités qui pourraient induire des risques et créer la possibilité de réintroduire la végétation. Les solutions auront tendance à réduire l'inclinaison et la hauteur des talus. Ces facteurs seront à leur fois, en

Talus bas

1. Comblement partiel par réduction de la pente

Talus mouss

2 - 5 m

Couvrir les bancs avec des matériaux de couverture ou terre végétale qui permettent l'établissement de la végétation

2. Comblement ponctuel sélectif pour végétalisation

Talus rocheux

a b c

Petite explosion contrôlée en cratère pour ouvrir un creux pour les arbres et créer des fissures pour la progression des racines

Talus hauts

3. Explosion contrôlée de la tête pour création d'une pente continue

Petite explosion contrôlée de la tête des bancs

5 - 20 m

a b

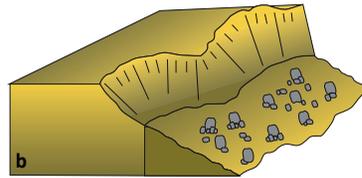
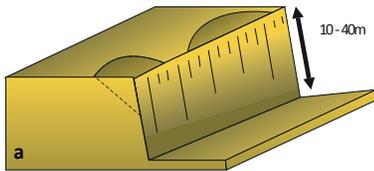
Matériaux de déblayage

4. Comblement total

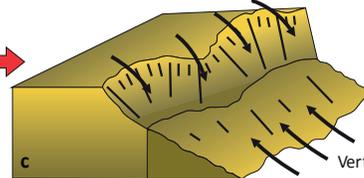
Comblement partiel recouvert de terre végétale ou couverture

5. Explosion contrôlée en tête pour diminution de la pente

Tir de mine pour remodelage



Recouvrement des décombres par des matériaux fins

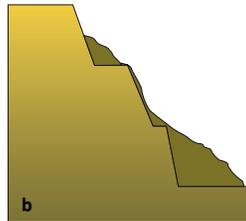
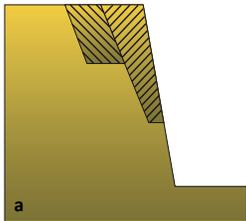


Réduction de pente.
Amélioration de la texture

Décombres

Vertido de cobertura
o tierra vegetal

6. Explosion contrôlée double en tête pour diminution de la pente



DRAINAGE

Le contenu en eau des matériaux d'un talus d'une mine, carrière ou dépôt, a une incidence directe avec son instabilité. La réduction de l'humidité améliore considérablement les propriétés résistantes. Cela se réalise de deux façons : assèchement partiel ou isolement.



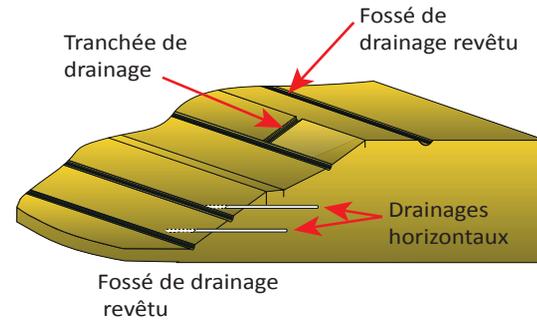
OPTION	TALUS HAUTS		TALUS BAS
	UNIQUE	EN BANCS	
Comblement partiel pour réduction de pente		1	1
Comblement ponctuel sélectif pour végétalisation		2	2
Explosion contrôlée en tête pour création de pente continue		3	3
Comblement total		4	4
Explosion contrôlée en tête pour diminution de pente continue	5 y 6	5 y 6	5 y 6
Végétalisation			



- **Assèchement partiel**

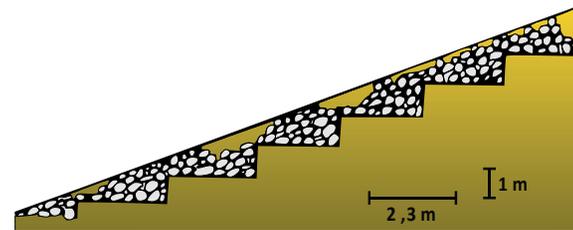
Il se réalise grâce à des sondages ou des perforations inclinées revêtues de tuyauterie poreuse. Il peut être complété avec des tuyaux d'écoulement superficiels qui canalisent l'eau jusqu'au drainage principal.

A. Système de drainage en talus



Une autre technique consiste à utiliser des contreforts de drainage : le propre poids du contrefort stabilise la pente et fonctionne en plus comme matériel drainant de l'eau infiltrée.

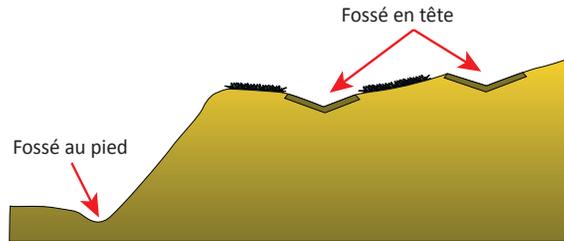
B. Contreforts de drainage



- **Isolement hydrique**

Réduit l'accumulation de l'eau dans le matériel et l'érosion superficielle. Il se réalise grâce à la construction de fossés d'écoulement périmétraux (fossés de garde). Ils se construisent en amont et en aval du talus.

C. Fossés d'écoulement double en amont du talus pour isolement hydrique



8

Préparation et amélioration des sols



INTRODUCTION

Une fois la restitution morphologique définitive du terrain terminée, et de façon préalable aux travaux de végétalisation, il existe une série de travaux qui doivent être réalisés pour faciliter le bon développement de la restauration végétale.

Dans certains cas, le propre matériel de rejet de la carrière peut être suffisant, avec un contrôle préalable pour déterminer leurs caractéristiques, mais normalement, il faudra préparer des substrats qui auront des propriétés physiques et la capacité de fournir les nutriments adéquats pour les plantes que l'on voudra développer. Dans la mesure du possible, il faudra procurer de se servir du sol naturel de la zone obtenu par décapage préalable à l'exploitation, tout en le conservant dans de bonnes conditions et en le restituant comme terre végétale sur les surfaces restaurées.

Ce matériel est de grande valeur pour la restauration car souvent, les sols des carrières sont squelettiques, rocaillieux et pauvres en nutriments. De plus, il convient d'utiliser les matériaux de rejet minéral de la propre exploitation tant qu'ils sont adéquats comme matériaux formateurs de sols.



Dans tous les cas, la restauration avec des critères écologiques ne doit pas créer des substrats très fertiles, si l'on veut développer une végétation similaire à la végétation naturelle. La situation est très différente lorsqu'on veut rétablir des champs de culture, créer des barrières vertes ou stabiliser des talus avec de la végétation, car le sol devra avoir une profondeur et une fertilité suffisantes.

De toutes façons, il faut procurer qu'il existe une proportion significative de matériaux fins à la surface des talus et des zones de carrières pour permettre l'enracinement des plantes. Au contraire, il faudra éviter la création de surfaces avec des roches ou blocs de pierres, puisque dans ces conditions, les graines et les plantes que l'on prétend introduire n'enracineront pas, et par conséquent l'échec de la restauration est pratiquement garanti.

TECHNIQUES DE PREPARATION DES SOLS

Il existe de nombreuses zones d'exploitation minières dans lesquelles se génèrent des sols très compactés du fait du passage de la machinerie, comme dans les carrières, les routes principales... Dans ces sols, la porosité est très basse et donc, ni l'eau ni les racines des futures plantes pourront pénétrer jusqu'au sous-sol immédiat, ce qui se traduit finalement par une restauration végétale non envisageable.

Dans d'autres cas moins extrêmes, les talus des carrières ou d'autres zones de la carrière ont besoin d'un niveau de compaction minimale afin d'assurer la stabilité du talus. Cette compaction de type moyen se génère lors du passage de la machinerie qui transporte les matériaux de rejet ainsi que lors du martèlement répété du godet des pelleteuses sur la surface du talus final, ce qui garantit une cohésion modérée du matériel. Même dans ces cas, il est nécessaire de réaliser un traitement à la portion superficielle ou bien un petit apport de matériel non compacté pour rendre facile l'implantation de végétation.

En fonction du niveau de compaction des sols, sa puissance ou la pente du terrain, il faudra réaliser une ou plusieurs techniques exposées ci-dessous.

Dans des zones plates ou presque plates

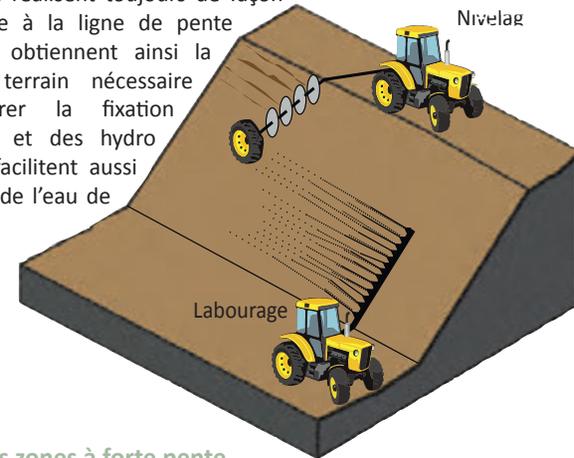
Dans ces conditions, plus favorables pour la machinerie on peut appliquer le sous-solage qui consiste à faire des entailles perpendiculaires dans le sol d'une profondeur de 40 à 60 cm, normalement selon les courbes de niveaux, qui n'altèrent pas l'ordre des horizons, grâce à un « ripper ». Il produit des effets favorables sur les plantes puisqu'il provoque l'augmentation des radicaux, annule le ruissèlement en augmentant la vitesse d'infiltration qui permet ainsi l'entrée de l'eau dans les couches profondes des sols. Il est spécialement indiqué pour les carrières ou les aires compactées par le passage continu de la machinerie lourde. Il doit être réalisé avec un sol sec et pendant l'été. Si le terrain n'est pas excessivement compacté on pourra effectuer des travaux moins profonds type « labourage de décharge » pour obtenir des effets similaires pour la nouvelle végétation.



Dans des zones à pente modérée

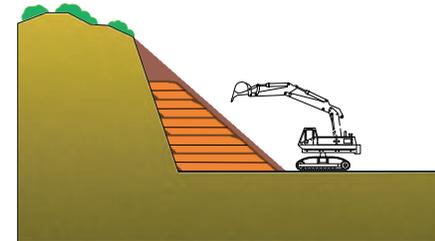
Dans les aires où la pente est supérieure à 27° ou sans accès direct, il n'est pas possible d'utiliser la machinerie agricole conventionnelle pour l'aménagement de la surface. Il est donc nécessaire d'utiliser des modèles spéciaux d'instruments pour les travaux de labourage qui cassent la compaction du sol, ou bien un dégradé si le niveau de compaction est moindre, pour générer un retournement superficiel du terrain.

Ces travaux se réalisent toujours de façon perpendiculaire à la ligne de pente maximum, et obtiennent ainsi la rugosité du terrain nécessaire pour améliorer la fixation des semailles et des hydro semailles, et facilitent aussi la percolation de l'eau de pluie.



Dans des zones à forte pente

Dans les zones à forte pente, supérieures à 50°, la stabilité des talus de la restitution morphologique est prioritaire sur n'importe quel autre aspect environnemental. Une compaction élevée des couches de comblement est indispensable. Dans ces situations, la seule possibilité est d'apporter une couche de 5 à 30 cm de terre sans compacter, une fois le noyau central terminé. Avec cette couche superficielle, on donne la possibilité d'enracinement de la plupart des espèces, qui pourront perforer le noyau avec leurs racines à un certain moment de leur développement.



 Comblement du noyau compacté en couches de 1m

 Comblement extérieur sans compacter



TECHNIQUES POUR AMÉLIORER ET ENTRETENIR LES SOLS

L'addition d'une série de composants organiques ou inorganiques aux sols que l'on va restaurer dans une carrière peut supposer une importante amélioration pour le développement des plantes pendant la restauration.

Dans les cas exposés ci-dessous, en plus de l'amélioration du sol, l'usage de ces matériaux suppose une grande amélioration environnementale du milieu dans lequel se situe l'exploitation minière, puisque ces matériaux proviennent du recyclage des déchets d'autres activités, ce qui implique la réduction de l'espace qu'occupaient ces derniers et la mise en valeur et la rentabilisation des traitements que devraient subir ces déchets pour pouvoir être intégré dans le milieu naturel.

Quant à leur usage proprement dit, dans certains cas il existe des limitations environnementales importantes qui doivent être évaluées avant leur incorporation au projet de restauration, spécialement si les substrats et les lithologies de la carrière sont très perméables.



D'un autre côté, les quantités à introduire dans le sol, doivent être étudiées attentivement par les techniciens qui réalisent le projet de restauration, puisque, dans certains cas, l'amélioration des nutriments suppose un problème pour la végétalisation, puisque qu'il peut se produire une colonisation végétale spontanée qui peut faire échouer la végétalisation que l'on prétend implanter. Il existe des expériences dans de nombreux points géographiques où l'on a constaté la prolifération de plantes « nitrophiles » et des mauvaises herbes ou « hydro semences » et qui, par concurrence de ressources, terminent par se développer en premier et les deuxièmes disparaissent ou retardent leur croissance, étant ces dernières les espèces intéressantes du point de vue environnemental.



Compost de Déchets Solides Urbains et Déchets Solides Agricoles

Le compost est un engrais organique produit par la décomposition naturelle de la matière organique que contiennent nos déchets organiques, et qui possède des nutriments et des propriétés pour l'amélioration des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol. Leur incorporation supposera une augmentation de la probabilité de survie des plantes introduites dans ce substrat. En fonction des caractéristiques de la terre végétale, la quantité de compost nécessaire varie, mais un apport de l'ordre du 10-15% peut être considéré approprié pour la restauration environnementale.

Le compost doit être mélangé de façon homogène avec la terre végétale, pour que les plantes ne souffrent pas une asphyxie par concentration élevée en nutriments et pénurie d'eau. Ceci entraîne l'utilisation de machinerie lourde.



Boues de stations d'épurations des eaux résiduelles

L'utilisation des boues provenant des stations d'épuration a un but similaire à celui de la situation précédente, mais sans combinaison et traitement avec d'autres déchets. Cependant les boues ne sont pas de la même qualité que le compost.

Les sols fertilisés avec ces boues sont riches en nutriments, spécialement en nitrogène, phosphore et oligo-éléments, de façon à favoriser la croissance de la végétation nitrophile et rudérale. Si l'objectif principal est la protection du sol face à l'érosion, on peut considérer cette option comme une étape transitoire, puisque ces plantes sont abondantes pendant les premières années, puis elles pourront être substituées progressivement par d'autres plantes herbacées ou ligneuses. Néanmoins, si l'on prétend obtenir une végétation naturelle, il est préférable ne pas fertiliser avec ce substrat, mais avec des engrais organiques plus stables, comme le fumier ou le compost d'origine végétal, et si on utilise les boues, on devra le faire en petites doses.

Les carrières proches à des cours d'eau ou dans la couche phréatique, ne doivent pas être restaurées avec ce genre de boues. On ne recommande pas non plus l'utilisation des boues dans la restauration de zones avec des aquifères vulnérables à la pollution par nitrates. Les roches les plus

indiquées pour améliorer leurs propriétés sont les marnes, les argiles et les roches formatrices de sols. Au contraire, les limitations les plus importantes se présentent dans les substrats acides et sableux.

Engrais organo-zéolitiques

Bien qu'en processus de recherche, plusieurs études ont été réalisées sur des **jardinières biodégradables** qui incluent un engrais organo-zéolitique qui comble le déficit en nutriments des sols les plus dégradés.

Cet engrais complexe est le résultat du mélange de terre et compost obtenu de divers déchets agricoles avec des zéolites (dont la signification littérale est « pierres en ébullition lors de réchauffement »), car ces dernières ont la capacité d'emmagasiner l'eau à l'intérieur qui sera captée plus tard par les racines des plantes. Finalement, le plant obtenu en alvéole conventionnel de pépinière est transplanté à une jardinière biodégradable composée de fibres de kenaf, qui est le récipient dans lequel on dispose le plant dans la terre de plantation.



Cet ensemble de nutriments a été expérimenté lors des recherches réalisées par la Fondation Cajamar, et les résultats sont satisfaisants dans différents endroits d'Andalousie orientale, avec un taux de survie et de croissance

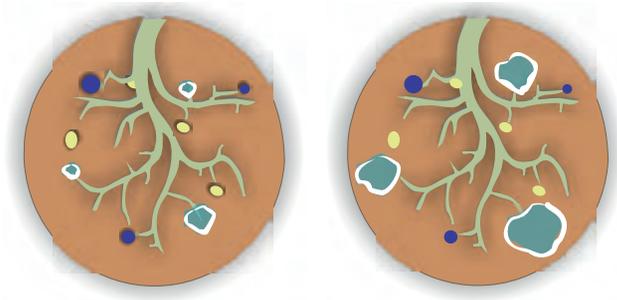
élevé. Le succès réside sur l'amélioration des propriétés physiques du sol grâce à ces engrais. Ces derniers augmentent aussi légèrement la fertilité du sol puisqu'ils distribuent les nutriments principaux pour le développement végétal.

L'avantage de ce système réside dans son coût économique faible, option donc rentable pour l'augmentation de la survie des plantes.

Hydrogels

Les hydrogels sont des polymères hydro absorbants agricoles qui ont la capacité d'absorber et d'emmagasiner l'eau et qui, en combinaison avec certains mélanges de fertilisants, ont une influence positive dans le développement des plantes car ils transfèrent lentement les nutriments. Il faudra néanmoins faire attention dans des terrains très argileux.

En fonction du produit commercialisé, sa méthode d'application sur le terrain varie en fonction de la dose, mais le mécanisme d'introduction est toujours le même comme mélange avec la terre ou comme combinaison de substrats.



9



Végétalisation

INTRODUCTION



La végétalisation des zones affectées par les exploitations minières ne suppose pas de grands problèmes quand l'usage principal dont on prétend instaurer avec la restauration n'est pas l'obtention des anciens habitats qui existaient dans l'aire en question. Ainsi, restaurer d'anciennes zones de culture, créer des aires aménagées en espaces verts ou d'autres usages à forte présence humaine (voir chapitres antérieurs), requière les mêmes efforts que pour une aire urbaine ou rurale cultivée (apport de sols, implantation d'espèces de culture).

Par contre, la difficulté de la végétalisation pour obtenir des zones

forestières est nettement plus importante que dans les cas précédents, puisque la variabilité des conditions météorologiques est très supérieure. L'étude sur les modèles de végétalisation à implanter ainsi que les facteurs qui peuvent influencer son développement (type de sols, bioclimat, espèces, disponibilité des plantes, patrons de distributions...) s'avère donc plus détaillée.

Dans ce guide, on présente donc les techniques et les modèles de végétalisation pour obtenir des zones forestières puisque qu'elles nécessitent de majeurs besoins techniques et de plus, elles seront toujours applicables à des zones plus simples à restaurer comme les zones de cultures ou les espaces verts.

OBJECTIFS DE LA VÉGÉTALISATION

L'objectif principal d'une végétalisation devrait être toujours la régénération de l'ancien écosystème qui existait dans la zone avant l'intervention de l'homme avec l'exploitation minière.

On considère donc meilleure la restauration quand elle reste intégrée avec le paysage et l'écosystème, de façon que l'introduction des espèces végétales autochtones ou les traitements du terrain ne supposent pas un nouvel impact sur le territoire.

Cette question élémentaire n'est malheureusement pas toujours tenue en compte par les responsables du projet des exploitations minières et il est fréquent de trouver des restaurations qui génèrent plus d'impact visuel avec la supposée « restauration » que si l'on n'était pas intervenu. Ainsi, il faut fuir des restaurations végétales qui génèrent des espaces verts très différents à l'actuel quant à la composition biologique, texture, structure et chromatisme, qui ne s'intègrent pas avec le milieu environnant du point de vue paysager. On devra prétendre par conséquent que les aires restaurées s'intègrent avec son milieu environnant immédiat et, s'il est possible, qu'elles améliorent la qualité paysagère et écologique du milieu, si celui-ci se trouve particulièrement détérioré au moment de l'intervention.

Afin de tendre vers ces objectifs primordiaux, les techniciens qui élaborent les projets de restauration peuvent faire une étude de la végétation qui

Sté Concassage de Saidia .Commune rurale d'Aghbal .Province de Berkane



existe dans la zone où va avoir lieu le projet, en prêtant particulièrement attention aux formations végétales naturelles qui s'y développent de forme spontanée sur les lithologies et substrats similaires à ceux de l'exploitation, et aussi aux séries de végétation potentielle qui pourrait se développer dans le territoire (surtout quand l'altération des habitats est très élevée.)

En résumé, **on considèrera la meilleure restauration possible celle qui obtiendra la végétalisation des habitats originaux, indépendamment de l'allure et des caractéristiques paysagères que possèdent ces habitats.**

Suivant cette maxime, la restauration d'une zone de pâturage ou d'une zone de fourré bas en un milieu constitué de forêts de chênes verts ou chênes liège pourrait être considéré comme un échec, alors que obtenir une forêt de pins ou de chênes dans une aire subdésertique serait également une erreur puisque ces formations n'existent pas dans ce type de climats (au plus des fourrés d'arbustes).



LA SÉLECTION DES ESPÈCES

Choisir les espèces adéquates pour une restauration est un procès de vitale importance pour obtenir une correcte intégration écologique d'une exploitation minière.



En fait, le choix des espèces est un facteur sans lequel il n'est pas possible d'obtenir un résultat satisfaisant. De nombreux défauts qui s'observent dans certaines restaurations sont dus précisément à des espèces non adéquates aux milieux dans lesquels elles sont insérées, faisant tomber à l'eau effort, temps et investissement économique.

Ces échecs se produisent généralement parce qu'il y a une série de facteurs écologiques qui conditionnent le développement végétal dans les talus des exploitations minières. Ces facteurs sont les suivants :

- Insuffisance d'éléments nutritifs, en particulier éléments vitaux pour le développement comme le nitrogène, le phosphore ou le potassium.
- Manque d'éléments biologiques symbiontes dans le sol (bactéries et champignons) qui dans certains cas ne permettent pas le développement de la plante en son absence.
- Faible disponibilité d'eau pour les plantes à cause de la xéricité de la zone ibéro maghrébine, où les précipitations annuelles sont rares et

dans certains cas le ruissèlement des talus est très prononcé, ce qui empêche la filtration et l'eau est évacuée au réseau hydrique le plus proche.

- Absence d'ombre qui permettrait le développement normal de certaines espèces.

A ces difficultés s'ajoutent d'autres qui doivent être résolues préalablement à l'intervention de restauration. Pour obtenir un bon résultat, le procédé de recherche de la liste des espèces requière une analyse progressive dans laquelle plusieurs facteurs doivent être explorés selon la séquence suivante :

1. Conditions biophysiques et biogéographiques de l'aire du projet (séries de végétation)
2. Objectif écologique/paysager que l'on prétend obtenir pour chacune des zones dans lesquelles se divisent l'aire à restaurer.
3. Micro conditions écologiques de l'espace où vont se loger les plantes (puissance et caractéristiques du sol, exposition solaire, pente...)
4. Disponibilité commerciale de matériel végétal.
5. Possibilité de maniement (espèces protégées)
6. Possibilité ou non de réaliser un arrosage d'entretien.
7. Importance relative et rôle de chaque espèce.

De façon secondaire, mais non sans intérêt, on devra analyser les caractéristiques de chacune des espèces (allure, forme, type de

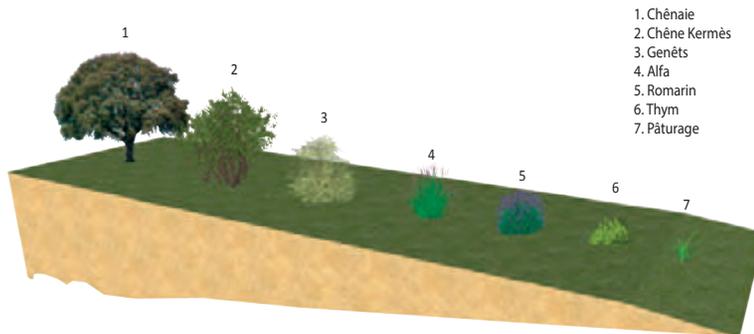
croissance, besoins hydriques...) aussi bien individuellement comme de forme intégrée avec d'autres espèces et avec le milieu (compatibilité écologique entre espèces de flore et de faune, superposition de fonctions environnementales, caractéristiques structurales et paysagères...)

Selon ces critères, les solutions proposées par chaque projet aura une action en juste mesure, pour profiter de toute la capacité de régénération du milieu qui l'entoure avec l'aide des espèces introduites dans la végétalisation.

Voici les facteurs qui conditionnent l'élection

Séries de végétation potentielle

Parmi les facteurs climatiques, on remarque la précipitation et la température comme les facteurs directement responsables de la distribution de la végétation dans le globe terrestre, d'où la relation étroite entre ces conditions climatiques et les types de végétation qu'on y trouve. De ce fait, l'intérêt des séries de végétation potentielle est grand, car elles permettent de connaître avec une énorme précision quelles sont les conditions climatiques régnantes dans un endroit précis seulement en caractérisant sa végétation, puisque celle-ci est le résultat de centaines d'années d'équilibre dynamique avec ces conditions.



Dans les séries de végétation, il se produit une dynamique végétale, qui se définit comme l'ensemble des procès que produisent des modifications dans la couverture végétale. Ces faits se manifestent de façon plus ou moins constante par les différentes successions. Dans les séries végétales on trouve différents stades : initial, intermédiaire, de transition et final ou climax, étant ce dernier stade celui qui se trouve en harmonie avec les facteurs écologiques du milieu et peut donc se maintenir invariable pendant un temps indéterminé (normalement une forêt ou un fourré d'arbustes dans nos latitudes).



L'ensemble complet des communautés qui se présentent dans les différents stades de la dynamique prend le nom de série de végétation. Donc, chaque série de végétation est caractérisée non seulement par un ensemble de fleurs et de communautés végétales mais aussi par l'ensemble des conditions écologiques qui dominent la zone et qui déterminent la présence ou non des différentes espèces. (température, précipitations, lithologie, types de sols...)

Quant aux phénomènes qui dirigent généralement l'évolution des séries, il est important de souligner les relations sol/végétation pour pouvoir comp-

rendre la dynamique végétale. Ainsi, à chaque étape de la succession végétale correspond normalement un type de sol, et par conséquent l'évolution va depuis les étapes mûres qui ont besoin de sols puissants jusqu'aux petites communautés herbacées et de lichens qui s'installent presque sur la roche mère.

En résumé, connaître la série ou les séries de végétation potentielle dans lesquelles s'encadre l'exploitation minière va renseigner de façon détaillée au responsable du projet sur les espèces végétales les plus adaptées aux conditions bioclimatiques de la zone, et sur celles qui remplacent d'autres en fonction de paramètres de base comme la puissance du sol.

Objectif écologique/paysager

Cet objectif est fondamental et pour l'obtenir il est nécessaire d'analyser le paysage et la composition végétale actuelle pour que le projet de restauration tente de simuler la végétation, texture, structure et chromatisme qui existent dans le territoire. Au contraire, on doit fuir des modèles qui introduisent des barrières d'occultation avec des éléments artificiels ou bien qui incorporent des arbres de grande hauteur qui cache la visibilité, car cela génère de nouveaux impacts dans le milieu puisque ce



sont des éléments qui n'existent pas actuellement ni des éléments utilisés de façon traditionnelle. Si la barrière visuelle est inévitablement nécessaire on doit analyser la possibilité de la réaliser avec un substrat de rejet de la carrière et/ou la combiner avec des plantes de la plus grande taille possible et qui sont intégrées dans la zone.

Pour atteindre cet objectif, l'usage de matériaux de la carrière peut être utile en murs et d'autres travaux, ainsi qu'une diversification modérée dans le nombre d'espèces et de biotypes à introduire, et chercher des patrons le plus aléatoires possibles. Tout cela contribuera à générer des habitats différents pour des situations topographiques et écologiques différentes, en plus d'un chromatisme et texture très variés qui intégreront la carrière au milieu et augmentera la biodiversité, faisant plus stable l'écosystème.

Micro conditions écologiques de l'espace

Le succès d'une bonne restauration dépend en grande mesure du niveau de connaissance des conditions écologiques des substrats où vont se loger les plantes.

- Composition chimique du sol

Le facteur de plus grande transcendance est la présence de sols riches ou pauvres en basiques, ce facteur limitant la survie d'un grand nombre d'espèces. Bien qu'il existe des espèces indifférentes à ce facteur, de nombreuses plantes ne supportent pas la présence de calcium dans le sol.

Dans d'autres cas, la composition singulière du sol peut limiter significativement la vie des plantes, comme dans les sols riches en gypse, sels de chlore, métaux lourds...

- Puissance du substrat

C'est sans doute un facteur décisif, spécialement quand il est faible ou inexistant comme dans les fronts d'exploitation presque verticaux. Le système radical des espèces sélectionnées devra donc être en consonance avec la puissance du sol où il sera installé.



- Perméabilité du sol

La perméabilité peut conditionner le développement des plantes quand elle a lieu sous forme extrême. Dans le cas de sols imperméables comme les sols argileux, il se produit une stagnation de l'eau qui peut arriver à pourrir les racines de certaines espèces. Ceci est facilement observable dans les zones de marnes qui existent dans de nombreuses zones de la géographie andalouse et maghrébine.

Le cas opposé est celui des substrats trop fracturés ou poreux qui facilitent la percolation de l'eau vers le sous sol et qui laissent très peu d'eau disponible pour les racines, ce qui provoque que certaines plantes ne supportent pas ce manque d'eau. C'est le cas des dolomies en brèches d'une bonne partie des montagnes andalouses ou de certains conglomérats très poreux qui ont à peine la capacité de rétention d'eau.

- Exposition solaire

L'orientation solaire des terrains influe en grande mesure dans le développement de certaines espèces dans nos latitudes, surtout vers l'Est et le Sud, puisque l'insolation peut réduire sensiblement l'eau dont les plantes vont disposer dans le sol. Ce facteur provoque que certaines espèces ne vont pas supporter ces conditions de haute insolation et devront être rejetées dans la liste finale ou bien réduire leur proportion par rapport à d'autres mieux adaptées.



Disponibilité commerciale du matériel végétal

Afin de localiser le matériel biologique, il est nécessaire de faire un sondage du plus grand nombre possible de pépinières où se trouvent les espèces choisies pour chaque zone ou solution type dans la carrière. En fait, de nombreuses espèces sylvestres pourraient s'introduire dans la carrière sans problèmes mais le manque de stock de plantes ou de graines empêche de les introduire.

Heureusement, ces limitations sont de plus en plus rares dans l'actualité, puisqu'il existe des entreprises spécialisées dans la récolte de graines qui ont une grande variété d'espèces dans leur catalogue de vente. Pendant ces dernières années, elles se sont spécialisées dans la plantation d'espèces sylvestres qui peuvent être récoltées avec des moissonneuses-batteuses. Il existe cependant des carences importantes qui dépendent en grande partie de l'offre et la demande de ce type de produits, car parfois l'espèce est disponible mais non le volume nécessaire, et dans d'autres cas l'espèce est viable et récoltable par l'entreprise mais nécessite une garantie d'achat pour pouvoir la réaliser.



D'un autre côté, l'origine du matériel biologique utilisé est aussi un facteur à tenir en compte dans la restauration, étant très recommandé d'utiliser graine ou plante du milieu immédiat à l'exploitation minière. Les raisons fondamentales pour ce choix résident dans le fait que les variétés ou adaptations génétiques que possèdent les populations locales de ces

plantes permettront une meilleure croissance et éviteront la pollution génétique des populations locales avec d'autres populations (de territoires parfois très lointains). Ce fait peut être crucial pour l'administration environnementale quand le projet se réalise dans des espaces naturels protégés et/ou avec des espèces protégées. Pour éviter ces problèmes, il convient de contacter avec une entreprise spécialisée en récolte et



propagation de matériel végétal avec suffisamment de temps d'anticipation, au moins un an. De cette façon, l'existence des espèces est garantie dans le marché sous une des formes biologiques utiles pour le projet (plant, graine, bouture...) et dans les quantités nécessaires.

Ces entreprises offrent normalement une récolte personnalisée dans le lieu du projet. Ceci permet d'utiliser les plantes altérées pendant le défrichage préalable à l'exploitation du minerai, ce qui peut être apprécié par les administrations environnementales si l'on inclue cette mesure lors des études de l'impact environnemental.

Possibilités de maniemnt

Bien qu'il ne soit pas très fréquent, certaines espèces qui peuvent être utilisées lors de la restauration végétale sont protégées par la législation environnementale, ce qui suppose que son usage tient à une autorisation environnementale de l'administration compétente.

Cette autorisation environnementale est envisageable dans la plupart des cas si l'on justifie écologiquement son utilisation pendant le processus spécifique qui existe pour ces autorisations et dans de nombreux cas peut aider à réduire les impacts écologiques qui sont détectés pendant l'étude d'impact sur l'environnement du projet minier.



Arrosages d'entretien

Bien que les arrosages ne doivent pas être nécessaires si l'on a choisi les espèces propres de la série de végétation du projet, la possibilité d'arroser après avoir semé peut être un facteur décisif pour sélectionner ou repousser une espèce déterminée. En termes généraux, on devrait utiliser les espèces avec un moindre besoin en eau, puisque les plantes introduites

devront être autochtones à court ou moyen terme afin d'être durables dans le temps. Une orientation de la capacité de supporter le stress hydrique est l'indice de tolérance à la sécheresse (ITS), une valeur standardisée qui est connue pour un grand nombre d'espèces employées en restauration et en jardinerie. En cas de méconnaissance, on peut obtenir une orientation avec les caractéristiques des habitats dans lesquels elles se développent et qui peuvent se trouver dans n'importe quel guide ou traité de botanique de la zone.



Dans le cas de pouvoir réaliser des arrosages d'entretien, il est possible d'introduire certaines espèces d'arbres ou d'arbustes de façon à aider pendant la première et deuxième année de plantation, pour que le plant développe son système racinaire suffisamment pour être autonome.

Importance relative et rôle de chaque espèce

Si la séquence antérieure a été suivie, à ce moment du procès il est probable que le technicien du projet dispose d'une liste plus ou moins ample des espèces qui pourraient s'inclure pour la restauration de la carrière. La difficulté suivante consiste à déterminer le rôle ou importance de chacune d'elles.

On pourrait tenter d'introduire un grand nombre d'espèces afin de diversifier le plus tôt possible l'habitat et d'augmenter sa stabilité écologique. Ce fait arrive fréquemment avec les espèces herbacées dont la liste peut être très longue. Mais une analyse détaillée de la liste doit permettre au technicien de discriminer parmi les espèces pour détecter celles qui pourront respecter les objectifs principaux étudiés pour la végétalisation et qui, en principe ont déjà été nommés pour la régénération de l'écosystème original. Tenant compte de ce propos, de nombreuses plantes de la liste s'avèrent peu adaptées car parfois ce sont des plantes de petite taille ou faible volume, ou ce sont des plantes éphémères qui se développent pendant l'hiver et le printemps et disparaissent pendant le reste de l'année, ou ce sont des espèces envahissantes et éliminent par concurrence d'autres espèces de plus grand intérêt pour la restauration.

Pour pouvoir discriminer les espèces selon les objectifs de la restauration, on peut avoir recours aux tableaux de description des communautés à leur état naturel, et noter quelle est la proportion ou dominance qu'elles occupent dans la nature chacune d'elles. A la fin 4 ou 5 espèces auront un plus grand intérêt, et peut être même moins, qui par leur prépondérance sont les espèces clef pour définir l'habitat et dont la présence est fondamentale pour réussir. Par exemple, dans une chênaie, le chêne est une espèce clef, ainsi que l'olivier sauvage ou le lentisque dans une palmeraie.



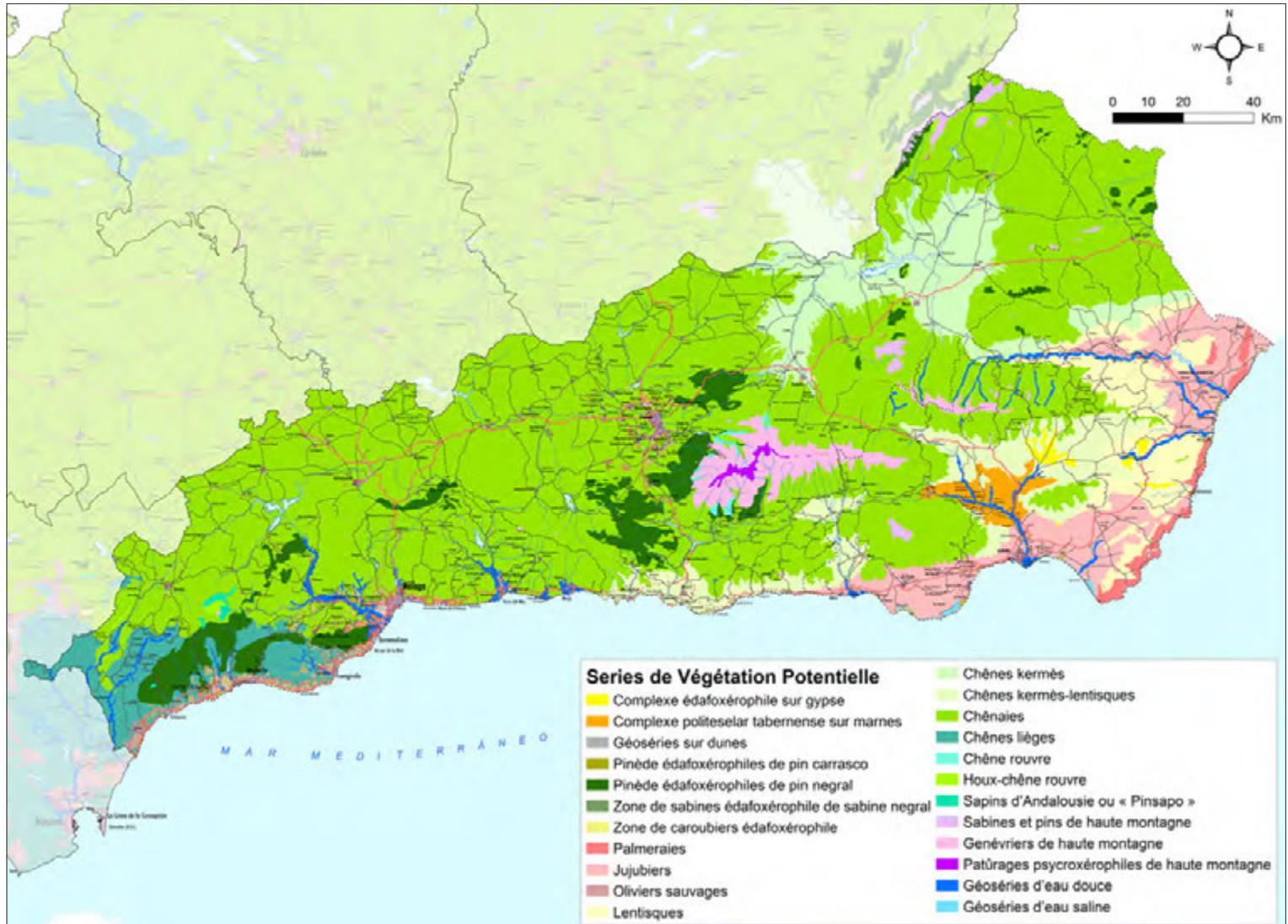
Ces espèces sont celles qui devraient être présentes dans les proportions avec lesquelles elles apparaissent dans la nature, mais malheureusement leur croissance n'est pas toujours rapide et donc si l'on essaye de les introduire en proportions élevées cela pourra entraîner l'échec de la restauration. C'est le cas du chêne vert, le chêne rouvre ou des arbustes comme le palmier nain qui ont besoin de nombreuses années pour atteindre leur maturité. Il est souvent possible que quelques espèces clés ne soient pas disponibles dans le marché ou leur coût soit trop élevé, mais dans ce cas, ces inconvénients devront être surmontés puisqu'en contre partie ils amélioreront la qualité de la restauration.

Une fois toutes les possibilités analysées, on devra étudier parmi les espèces clés celles qui seront employées en plus grande proportion (entre 50% et 75%) pour obtenir l'habitat. Ces dernières seront les espèces principales de la restauration (voir photos ci-jointes), étant les espèces secondaires celles qui n'ont pas un développement aussi rapide et qui ont un rôle plus modeste avec d'autres espèces complémentaires. Il est important de ne pas oublier que le fait d'être espèce principale ou secondaire est toujours en relation avec un habitat déterminé, une espèce pouvant être principale pour la restauration d'un habitat et secondaire pour un autre différent.



Espèces recommandées pour la restauration

Tenant compte de l'analyse des séries végétales et des expériences en restauration réalisées sur des exploitations minières du même milieu de l'étude, des tableaux ont été réalisés avec les espèces les plus recommandées. Pour l'emploi de ces tableaux d'espèces, l'entrée principale (colonnes) correspond à la série végétale tandis que les symboles se réfèrent à des caractéristiques d'intérêt de ces espèces. Il est donc indispensable de connaître d'avance la série de végétation potentielle où se trouve la carrière à restaurer, et pour cela on consultera la carte des séries en Andalousie ou bien, dans le cas marocain, les déduire à partir de la végétation naturelle existant dans ces conditions bioclimatiques. Dans la liste sont inclus en premier lieu les séries d'Andalousie orientale, puis en couleur beige les séries et domaines présents dans la région marocaine de l'Orientale, et finalement les séries liées à des zones humides, cours d'eau andalous, mais qui contiennent des espèces valables pour le territoire marocain.



Actuellement il n'existe pas de carte de séries du Maroc. On utilisera donc une série de clés biophysiques et les bioclimats de Emberger pour orienter le lecteur sur la série où se localise sa carrière.

- | | |
|--|---|
| 1.- Zones littorales avec sols argileux ou dunes _____ | (série 32, sables côtiers) |
| 1'- Zone littorales avec sols non sableux-dunaires ou zones intérieures _____ | 2 |
| 2.- Aires à climat thermo méditerranéen, entre 0 et 1.100 m (1.400) _____ | 3 |
| 2'- Aires à climat méso méditerranéen, entre 1.100 et 1.500 (1.600) _____ | 7 |
| 2''.- Aires à climat d'influence Saharienne (zone sud de L'Orientale) _____ | 8 |
| 3.- Dans les talwegs, aires à compensation hydrique ou terrains à niveau phréatique proche à la surface, dans des climats arides ou semi-arides jusqu'à 500 m d'altitude _____ | (série 33, jujubiers avec mastic) |
| 3'- Dans des sols marneux ou argileux _____ | (série 34, oliviers sauvages avec erguen) |
| 3''.- Dans des sols et situations différentes aux antérieures _____ | 4 |
| 4.- Dans un bioclimat semi-aride _____ | 5 |
| 4'- Dans un bioclimat subhumide ou humide _____ | 6 |
| 5.- Forêts plus ou moins denses dans sols puissants et en dessous de 500 m _____ | (série 35, arables con periploca) |
| 5'- Forêts plus ou moins denses dans sols puissants et en dessus de 500 m _____ | (série 36, arables avec caroubiers) |
| 5''.- Forêts à clairières, dans des sols rocheux et en dessous des 800 m _____ | (série 37, arables con romero) |
| 6.- Forêt à dominance de chêne vert, subhumide entre 500 – 1.200 m _____ | (série 38, chêne vert avec salsepareille) |
| 6'- Forêt à dominance de chêne kermès, subhumide – humide entre 0 et 1.100 m _____ | (série 39, chêne kermès-chêne vert avec fragon faux houx) |
| 6''.- Forêt à dominance de chêne-liège, subhumide – humide jusqu'à 700 m, en sols siliceux _____ | (série 40, chêne-liège à balai) |
| 7.- Forêt en bioclimat subhumide – humide _____ | (série 41, chêne vert avec Féтуque) |
| 7'- Fourré en bioclimat aride et semi-aride – Hauts Plateaux _____ | (série 42, domaine de l'alfa) |
| 8.- Dans des substrats rocheux _____ | (série 43, domaine de Fredolia) |
| 8'- Dans des dunes et substrats sableux _____ | (série 44, domaine dunar de Aristida) |
| 8''.- Dans des torrents et cours temporaires _____ | (série 45, Forêt d'acacia) |

Series de vegetation

- 1 Adenocarpo decorticantis - Querceto pyrenaicae
- 2 Adenocarpo decorticantis - Querceto rotundifoliae
- 3 Asparrago horridi - Junipereto turbinatae
- 4 Bupleuro gibraltarici - Pistacieto lentisci
- 5 Berberido hispanicae - Querceto rotundifoliae
- 6 Bunio macucae - Abieteto pinsapo
- 7 Bupleuro rigidi - Querceto rotundifoliae
- 8 Chameropo humilis - Rhamneto lycioidis
- 9 Daphno latifoliae - Acereto granatensis
- 10 Junipero phoeniceae - Pineto salzmannii
- 11 Myrto communis - Querceto suberis
- 12 Mayteno europaei - Periploceto angustifoliae
- 13 Complejo tabernense sobre margas subsalinas
- 14 Mayteno europaei - Zizipheto loti
- 15 Oleo sylvestris - Querceto suberis
- 16 Pino acustisquamae - Querceto cocciferae
- 17 Paeonio broteroi - Abieteto pinsapo
- 18 Paeonio coriacea - Querceto rotundifoliae
- 19 Geoserie psammofila mediterráneo - iberoatlántica
- 20 Geoserie psammofila mediterráneo - iberolevantina
- 21 Rhamno lycioidis - Junipereto phoeniceae
- 22 Rhamno lycioidis - Querceto cocciferae
- 23 Rubio longifoliae - Querceto rotundifoliae
- 24 Rhamno myrtifolii - Junipereto phoeniceae
- 25 Smilaco mauritanicae - Querceto rotundifoliae
- 26 Teucro baetici - Querceto suberis
- 27 Tamo communis - Oleeto sylvestris
- 28 Complejo de vegetación sobre yesos de Sierra de Cabrera
- 29 Complejo de vegetación sobre yesos de Tabernas
- 30 Complejo de vegetación sobre yesos de Sorbas
- 31 Zizipheto loti
- 32 Rhamno rotundifoliae - Junipereto turbinatae
- 33 Pistacio atlanticae - Zizipheto loti
- 34 Calicotomo intermediae - Oleeto sylvestris
- 35 Periploco laevigatae - Tetraclineto articulatae
- 36 Cerantonio siliquae - Tetraclineto articulatae

- 37 Rosmarino tournefortii - Tetraclineto articulatae
- 38 Smilaco mauritanicae - Querceto rotundifoliae
- 39 Cytiso triflori - Querceto suberis
- 40 Rusco hypophylli - Querceto cocciferae
- 41 Festuco scaberrimae - Querceto rotundifoliae
- 42 Dominio estépico de Macrochloa tenacissima
- 43 Dominio sahariano sobre roca
- 44 Dominio sahariano sobre dunas
- 45 Zizipheto loti - Acacieto raddianae
- 46 Geoserie edafohigrófila supra-mesomediterránea nevadense silicícola
- 47 Geoserie edafohigrófila supra-mesomediterránea rondeña y malacitano-almijareense serpentinícola y dolomiticola
- 48 Geoserie edafohigrófila mesomediterránea mediterráneo-iberolevantina y bética oriental basófila
- 49 Geoserie edafohigrófila mesomediterránea inferior y termomediterránea rondeña, malacitano-almijareense, alpujarreña, almeriense-occidental y manchego-espunense mesótrofa
- 50 Geoserie edafohigrófila mesomediterránea mediterráneo-iberolevantina meridional semiárida mesohalófila
- 51 Geoserie edafohigrófila termomediterránea gaditano-onuboalgarviense, jerezana y tingitana silicícola
- 52 Geoserie edafohigrófila termomediterránea murciano-almeriense y mulllense basófila
- 53 Microgeoserie edafohigrófila termomediterránea murciano-almeriense hiperhalófila

Sur fond blanc on trouve les séries d'Andalousie Orientale, en couleur beige les séries et les domaines présents dans la région marocaine de L'Orientale et finalement en bleu les séries liées à des zones humides et cours d'eau andalous, qui contiennent des espèces valables pour le territoire marocain.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
<i>Abies pinsapo</i>						■											■																	
<i>Acacia tortilis</i> subsp. <i>raddiana</i>																																		
<i>Acer granatense</i>					□	□			■																									
<i>Adenocarpus decorticans</i>	■	■																																
<i>Alnus glutinosa</i>																																		
<i>Amelanchier ovalis</i>					□					□																								
<i>Ampelodesma mauritanica</i>																																		■
<i>Anthyllis cytisoides</i>				□				□				□	□	□				□				□		□						□				
<i>Anvillea radiata</i>																																		
<i>Arbutus unedo</i>											■																■							
<i>Aristida pungens</i>																																		
<i>Artemisia herba-alba</i>																																		
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>																																		
<i>Atriplex halimus</i>												□	■	□																				
<i>Asparagus albus</i>								□			□	□		□											□	□	□			□				□
<i>Astragalus clusii</i>																						□	□		□									
<i>Berberis hispanica</i>		□				■	■			■								■																
<i>Bryonia dioica</i>																																		
<i>Bupleurum fruticosum</i>																										□								
<i>Calicotome infesta</i>																																		■
<i>Calicotome intermedia</i>								□																										
<i>Calicotome villosa</i>											□					■																		■

	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	
<i>Abies pinsapo</i>																				
<i>Acacia tortilis</i> subsp. <i>raddiana</i>											■									
<i>Acer granatense</i>												□								
<i>Adenocarpus decorticans</i>												□								
<i>Alnus glutinosa</i>												□								
<i>Amelanchier ovalis</i>																				
<i>Ampelodesma mauritanica</i>					■															
<i>Anthyllis cytisoides</i>				□																
<i>Anvillea radiata</i>									□											
<i>Arbutus unedo</i>				■	■	■														
<i>Aristida pungens</i>											■									
<i>Artemisia herba-alba</i>									□											
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>																				■
<i>Atriplex halimus</i>																■		□		■
<i>Asparagus albus</i>				□																
<i>Astragalus clusii</i>				□																
<i>Berberis hispanica</i>																				
<i>Bryonia dioica</i>														□	□	□	□	□		
<i>Bupleurum fruticosum</i>				□																
<i>Calicotome infesta</i>																				
<i>Calicotome intermedia</i>																				
<i>Calicotome villosa</i>																				



Adenocarpus decorticans



Arbutus unedo



Berberis hispanica

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34		
<i>Callotropis procera</i>																																				
<i>Capparis spinosa</i>				<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
<i>Ceratonia siliqua</i>				■				■			■												■		■									■	■	
<i>Chamaerops humilis</i>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>					
<i>Cistus albidus</i>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>									
<i>Cistus clusii</i>																		<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>								
<i>Cistus laurifolius</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																		
<i>Cistus populifolius</i>						<input type="checkbox"/>										<input type="checkbox"/>																				
<i>Cistus salvifolius</i>					<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									
<i>Clematis cirrhosa</i>															<input type="checkbox"/>											<input type="checkbox"/>										<input type="checkbox"/>
<i>Clematis vitalba</i>																																				
<i>Colutea hispanica</i>																								<input type="checkbox"/>												
<i>Convolvulus trabutianus</i>																																				
<i>Corema album</i>																				<input type="checkbox"/>																
<i>Coriaria myrtiolia</i>																																				
<i>Coronilla juncea</i>				<input type="checkbox"/>									<input type="checkbox"/>															<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
<i>Crataegus monogyna</i>	■	■			■	■		■			<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>		■	<input type="checkbox"/>								■	<input type="checkbox"/>									
<i>Crataegus oxyacantha</i>																																				
<i>Crotalaria saharae</i>																																				
<i>Cytisus baeticus</i>																											<input type="checkbox"/>									
<i>Cytisus fontanesii</i>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										

	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
<i>Callotropis procera</i>											<input type="checkbox"/>								
<i>Capparis spinosa</i>				<input type="checkbox"/>													<input type="checkbox"/>		
<i>Ceratonia siliqua</i>		■		■															
<i>Chamaerops humilis</i>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>													
<i>Cistus albidus</i>				<input type="checkbox"/>															
<i>Cistus clusii</i>			<input type="checkbox"/>																
<i>Cistus laurifolius</i>																			
<i>Cistus populifolius</i>																			
<i>Cistus salviifolius</i>																			
<i>Clematis cirrhosa</i>						<input type="checkbox"/>													<input type="checkbox"/>
<i>Clematis vitalba</i>												<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
<i>Colutea hispanica</i>																			
<i>Convolvulus trabutianus</i>											<input type="checkbox"/>								
<i>Corema album</i>																			
<i>Coriaria myrtiolia</i>												<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>					
<i>Coronilla juncea</i>																			
<i>Crataegus monogyna</i>												■	■						■
<i>Crataegus oxyacantha</i>						<input type="checkbox"/>													
<i>Crotalaria saharae</i>											<input type="checkbox"/>								
<i>Cytisus baeticus</i>																			
<i>Cytisus fontanesii</i>				<input type="checkbox"/>															



Ceratonia siliqua



Chamaerops humilis



Cytisus fontanesii

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34		
<i>Cytisus grandiflorus</i>											<input type="checkbox"/>																									
<i>Cytisus scoparius</i>									■										<input type="checkbox"/>																	
<i>Dianthus crinitus</i>																																				
<i>Echinopartum boissieri</i>										<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>												
<i>Ephedra altissima</i>																																				<input type="checkbox"/>
<i>Ephedra fragilis</i>				■				■				■	■	■					<input type="checkbox"/>			■	■		■					■	■				■	
<i>Erica arborea</i>						<input type="checkbox"/>																					<input type="checkbox"/>									
<i>Erica erigena</i>																																				
<i>Erinacea anthyllis</i>					<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																									
<i>Festuca scaberrima</i>																																				
<i>Festuca triflora</i>																																				
<i>Fraxinus angustifolia</i>																																				
<i>Fredolia aretioides</i>																																				
<i>Genista cinerea</i> subsp. <i>speciosa</i>	■	■			■				■									■	■																	
<i>Genista hirsuta</i>											<input type="checkbox"/>																									
<i>Genista pumila</i>							<input type="checkbox"/>															<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>													
<i>Genista saharae</i>																																				
<i>Genista scorpius</i>																			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>													

	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	
<i>Cytisus grandiflorus</i>																				
<i>Cytisus scoparius</i>													<input type="checkbox"/>							
<i>Dianthus crinitus</i>											<input type="checkbox"/>									
<i>Echinopartum boissieri</i>																				
<i>Ephedra altissima</i>																				
<i>Ephedra fragilis</i>				■																
<i>Erica arborea</i>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>														
<i>Erica erigena</i>													<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>					
<i>Erinacea anthyllis</i>																				
<i>Festuca scaberrima</i>						<input type="checkbox"/>														
<i>Festuca triflora</i>						<input type="checkbox"/>														
<i>Fraxinus angustifolia</i>													■						■	
<i>Fredolia aretioides</i>			<input type="checkbox"/>									■								
<i>Genista cinerea subsp. speciosa</i>																				
<i>Genista hirsuta</i>																				
<i>Genista pseudopilosa</i>																				
<i>Genista saharae</i>													■							
<i>Genista scorpius</i>																				



Cytisus scoparius



Erica erigena



Fraxinus angustifolia

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
<i>Genista spartioides</i>				<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>									<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>						
<i>Genista tournefortii</i>																																			
<i>Genista triacanthos</i>						<input type="checkbox"/>																				<input type="checkbox"/>									
<i>Genista tricuspidata</i>																																		<input type="checkbox"/>	
<i>Genista tridentata</i>																										<input type="checkbox"/>									
<i>Genista umbellata</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																			<input type="checkbox"/>													
<i>Globularia alypum</i>																						<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>										
<i>Halimione portulacoides</i>																																			
<i>Halimium atripicifolium</i>						<input type="checkbox"/>									<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>											
<i>Haloxylon scoparium</i>																																			
<i>Hedera helix</i>																																			
<i>Helianthemum almeriense</i>																												<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
<i>Helianthemum alypoides</i>																																			
<i>Helianthemum lippi</i>																																			
<i>Helianthemum syriacum</i>																								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>							
<i>Hormathophylla spinosa</i>									<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>																			
<i>Juncus maritimus</i>										<input type="checkbox"/>																									
<i>Juniperus communis</i>									<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																									
<i>Juniperus oxycedrus</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>														
<i>Juniperus phoenicea</i>							■			■					■				■		■	■	■	■		■								■	
<i>Launaea arborescens</i>								<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																	<input type="checkbox"/>				

	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
<i>Genista spartioides</i>				<input type="checkbox"/>															
<i>Genista tournefortii</i>							<input type="checkbox"/>												
<i>Genista triacanthos</i>																	<input type="checkbox"/>		
<i>Genista tricuspidata</i>							<input type="checkbox"/>												
<i>Genista tridentata</i>																			
<i>Genista umbellata</i>																			
<i>Globularia alypum</i>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
<i>Halimione portulacoides</i>																			<input type="checkbox"/>
<i>Halimium atripicifolium</i>																			
<i>Haloxylon scoparium</i>								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
<i>Hedera helix</i>												<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>		
<i>Helianthemum almeriense</i>																			
<i>Helianthemum alypoides</i>																			
<i>Helianthemum lippi</i>									<input checked="" type="checkbox"/>										
<i>Helianthemum syriacum</i>				<input type="checkbox"/>															
<i>Hormathophylla spinosa</i>																			
<i>Juncus maritimus</i>																			<input checked="" type="checkbox"/>
<i>Juniperus communis</i>																			
<i>Juniperus oxycedrus</i>				<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>												
<i>Juniperus phoenicea</i>																			
<i>Launaea arborescens</i>										<input checked="" type="checkbox"/>									



Genista umbellata



Helianthemum lippi



Juniperus arborescens

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34		
<i>Lavandula dentata</i>												<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>											<input type="checkbox"/>										<input type="checkbox"/>	
<i>Lavandula lanata</i>					■													<input type="checkbox"/>						■												
<i>Lavandula latifolia</i>																		<input type="checkbox"/>																		
<i>Lavandula mairei</i>																																				
<i>Lavandula stoechas</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>												<input type="checkbox"/>													
<i>Lepidium subulatum</i>																																				
<i>Limoniastrum feei</i>																																				
<i>Linum suffruticosum</i>																		<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>											
<i>Lonicera implexa</i>																																				<input type="checkbox"/>
<i>Lycium intricatum</i>												<input type="checkbox"/>	■	■						■			<input type="checkbox"/>									<input type="checkbox"/>				
<i>Lygeum spartum</i>								<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>								<input type="checkbox"/>												<input type="checkbox"/>				
<i>Macrochloa tenacissima</i>	<input type="checkbox"/>							■				■	■	■		■							■	■	■			■	■	■	■				■	
<i>Marrubium deserti</i>																																				
<i>Maytenus senegalensis</i>												■		■																						
<i>Myrtus communis</i>											■				■											■	<input type="checkbox"/>									
<i>Nerium oleander</i>																																				
<i>Noaea mucronata</i>																																				
<i>Olea europaea subsp. sylvestris</i>								■			■	■	■	■	■									■		■	■	■				■	■		■	
<i>Ononis aragonensis</i>					<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>								<input type="checkbox"/>																		
<i>Ononis fruticosa</i>							<input type="checkbox"/>														<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>														

	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
<i>Lavandula dentata</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>															
<i>Lavandula lanata</i>																			
<i>Lavandula latifolia</i>																			
<i>Lavandula mairei</i>											<input type="checkbox"/>								
<i>Lavandula stoechas</i>																			
<i>Lepidium subulatum</i>																			
<i>Limoniastrum feei</i>									<input type="checkbox"/>										
<i>Linum suffruticosum</i>				<input type="checkbox"/>															
<i>Lonicera implexa</i>						<input type="checkbox"/>													
<i>Lycium intricatum</i>																			
<i>Lygeum spartum</i>									<input type="checkbox"/>										
<i>Macrochloa tenacissima</i>	■		■	■				■	■										
<i>Marrubium deserti</i>											■								
<i>Maytenus senegalensis</i>																			
<i>Myrtus communis</i>					■														
<i>Nerium oleander</i>															■	■	■	■	
<i>Noaea mucronata</i>									<input type="checkbox"/>										
<i>Olea europaea subsp. sylvestris</i>	■		■	■		■													
<i>Ononis aragonensis</i>																			
<i>Ononis fruticosa</i>																			



Launaea arborescens



Macrochloa tenacissima



Nerium oleander

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
<i>Ononis tridentata</i>																												■	■	■						
<i>Osyris lanceolata</i>											□				□												□									
<i>Panicum turgidum</i>																																				
<i>Periploca laevigata</i>												■																							■	
<i>Phlomis purpurea</i>			□	□				□										□					□		□		□				□					
<i>Phyllirea angustifolia</i>			■								■				■	■		□	■				■		■	■	■									
<i>Phyllirea latifolia</i>																																			□	
<i>Pinus halepensis</i>				■			■	■										■			■	■	■	■	■											
<i>Pinus nigra subsp. salzmanii</i>											■																									
<i>Pinus pinaster subsp. acutisquama</i>																■								■												
<i>Pinus pinea</i>															■				■																	
<i>Pistacia atlantica</i>																																			■	
<i>Pistacia lentiscus</i>			■	■				■			■	■		■	■	■		□	■	■					■	■	■			■	■				■	
<i>Pistacia terebinthus</i>									■							□		□																		
<i>Populus alba</i>																																				
<i>Populus nigra</i>																																				
<i>Prunus malaheb</i>										□							□																			
<i>Prunus spinosa</i>									□																											
<i>Quercus coccifera</i>		□	□	□			□				□				□			□				□	□		□		□				□					
<i>Quercus faginea</i>					□	□		□								□	□									□										

	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
<i>Ononis tridentata</i>																		
<i>Osyris lanceolata</i>																		
<i>Panicum turgidum</i>										■								
<i>Periploca laevigata</i>																		
<i>Phlomis purpurea</i>			□															
<i>Phyllirea angustifolia</i>			■															
<i>Phyllirea latifolia</i>					■	■												
<i>Pinus halepensis</i>	■	■	■															
<i>Pinus nigra subsp. salzmanii</i>																		
<i>Pinus pinaster subsp. acutisquama</i>																		
<i>Pinus pinea</i>																		
<i>Pistacia atlantica</i>						■												
<i>Pistacia lentiscus</i>	■		■	■	■													
<i>Pistacia terebinthus</i>																		
<i>Populus alba</i>												■	■		■	■		
<i>Populus nigra</i>										■		■	■					
<i>Prunus malaheb</i>																		
<i>Prunus spinosa</i>																		
<i>Quercus coccifera</i>			□	□	□													
<i>Quercus faginea</i>																		



Periploca laevigata



Pinus halepensis



Quercus faginea

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
<i>Quercus pyrenaica</i>	<input type="checkbox"/>																																				
<i>Quercus rotundifolia</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>											
<i>Quercus suber</i>											<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>											<input type="checkbox"/>											
<i>Randonia africana</i>																																					
<i>Retama monosperma</i>															<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>																		
<i>Retama raetam</i>																																					
<i>Retama sphaerocarpa</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
<i>Rhamnus alaternus</i>											<input checked="" type="checkbox"/>				<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>											
<i>Rhamnus lycioides</i>							<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>							<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>												<input checked="" type="checkbox"/>			
<i>Rhamnus myrtifolius</i>										<input type="checkbox"/>														<input type="checkbox"/>													
<i>Rhamnus oleoides</i>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>							<input checked="" type="checkbox"/>			
<i>Rosa canina</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>								<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>												
<i>Rosa corymbifera</i>																																					
<i>Rosmarinus eriocalix</i>																																					
<i>Rosmarinus officinalis</i>				<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
<i>Rhus pentaphyllum</i>																																				<input type="checkbox"/>	
<i>Rubus ulmifolius</i>																																					
<i>Saccharum ravennae</i>																																					
<i>Salix atrocinerea</i>																																					
<i>Salix eleagnos</i>																																					

	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
<i>Quercus pyrenaica</i>																		
<i>Quercus rotundifolia</i>			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>												
<i>Quercus suber</i>						<input type="checkbox"/>												
<i>Randonia africana</i>									<input type="checkbox"/>									
<i>Retama monosperma</i>																		
<i>Retama raetam</i>									<input checked="" type="checkbox"/>									
<i>Retama sphaerocarpa</i>			<input checked="" type="checkbox"/>															
<i>Rhamnus alaternus</i>			<input checked="" type="checkbox"/>															
<i>Rhamnus lycioides</i>																		
<i>Rhamnus myrtifolius</i>																		
<i>Rhamnus oleoides</i>			<input checked="" type="checkbox"/>															
<i>Rosa canina</i>			<input type="checkbox"/>													<input type="checkbox"/>		
<i>Rosa corymbifera</i>												<input checked="" type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>		
<i>Rosmarinus eriocalix</i>		<input checked="" type="checkbox"/>																
<i>Rosmarinus officinalis</i>			<input type="checkbox"/>															
<i>Rhus pentaphyllum</i>																		
<i>Rubus ulmifolius</i>											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<i>Saccharum ravennae</i>													<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>
<i>Salix atrocinerea</i>											<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		
<i>Salix eleagnos</i>												<input checked="" type="checkbox"/>						



Retama sphaerocarpa



Rosmarinus eriocalix



Salix eleagnos

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35					
<i>Salix neotricha</i>																																								
<i>Salix pedicellata</i>																																								
<i>Salix purpurea</i>																																								
<i>Salvia lavandulifolia</i>							<input type="checkbox"/>											<input type="checkbox"/>																						
<i>Sambucus nigra</i>																																								
<i>Santolina viscosa</i>																																								
<i>Sarcocornia fruticosa</i>																																								
<i>Satureja intricata</i>												<input type="checkbox"/>																												
<i>Satureja fontanesii</i>																																							<input type="checkbox"/>	
<i>Scirpus holoschoenus</i>																																								
<i>Scirpus maritimus</i>																																								
<i>Sedum sediforme</i>						<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>														<input type="checkbox"/>				
<i>Sideritis funkiana</i>																						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																	
<i>Sideritis incana</i>												<input type="checkbox"/>													<input type="checkbox"/>															
<i>Smilax aspera</i>																											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>									<input type="checkbox"/>			
<i>Sorbus aria</i>											<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>																						
<i>Suaeda vera</i>																																								
<i>Tamarix africana</i>																																								
<i>Tamarix canariensis</i>																																								
<i>Tamarix gallica</i>																																								
<i>Tamus communis</i>																																								
<i>Tetraclinis articulata</i>												<input type="checkbox"/>																											<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
<i>Salix neotricha</i>													■	■				
<i>Salix pedicellata</i>														■				
<i>Salix purpurea</i>												■	■	■				□
<i>Salvia lavandulifolia</i>																		
<i>Sambucus nigra</i>											■		■	■				
<i>Santolina viscosa</i>																		
<i>Sarcocornia fruticosa</i>																		□
<i>Satureja intricata</i>																		
<i>Satureja fontanesii</i>																		
<i>Scirpus holoschoenus</i>											■	■	■	□	□	■	□	
<i>Scirpus maritimus</i>															□	□		
<i>Sedum sediforme</i>																		
<i>Sideritis funkiana</i>																		
<i>Sideritis incana</i>																		
<i>Smilax aspera</i>			□	□	□													
<i>Sorbus aria</i>																		
<i>Suaeda vera</i>															□		□	□
<i>Tamarix africana</i>																■	■	
<i>Tamarix canariensis</i>																	■	■
<i>Tamarix gallica</i>													■	■	■	■	□	
<i>Tamus communis</i>											□		□			□		
<i>Tetraclinis articulata</i>		■																



Scirpus holoschoenus



Tamarix canariensis



Tetraclinis articulata

	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
<i>Teucrium dunense</i>																		
<i>Thymelaea microphylla</i>								■	□									
<i>Thymus algeriensis</i>		□																
<i>Thymus ciliatus</i>		□																
<i>Thymus granatense</i>																		
<i>Thymus hyemalis</i>																		
<i>Thymus mastichina</i>			□															
<i>Thymus orospedanus</i>																		
<i>Thymus zygis</i>			□															
<i>Thypha angustifolia</i>												■	■	■		■	■	
<i>Typha dominguensis</i>												□	□	□	□	□	□	
<i>Typha latifolia</i>												□	□	□		□	□	
<i>Ulex baeticus</i>																		
<i>Ulex parviflorus</i>																		
<i>Ulmus minor</i>													■			■		
<i>Viburnum tinus</i>			□	□														
<i>Vitex agnus-castus</i>															□		□	
<i>Whitania adpressa</i>										□								
<i>Whitania frutescens</i>																		
<i>Zilla macroptera</i>								■	□									
<i>Ziziphus lotus</i>										■								



Thymus granatense



Viburnum tinus



Ulex parviflorus

LAS TECHNIQUES D'INTRODUCTION DE LA COMPOSANTE BIOLOGIQUE

Types de techniques	
Principales	<ul style="list-style-type: none"> • Ensemencement • Hydro-ensemencement et hydro-couverture • Plantations
Complémentaires	<ul style="list-style-type: none"> • Couvertures organiques • Fascines

Ensemencement

L'ensemencement est la distribution homogène de graines sur la surface qui va être restaurée, et peut être réalisée de manière manuelle ou à l'aide de machinerie. Il peut se faire uniquement avec un complexe de graines ou bien on peut incorporer des engrais solides ou des substrats marqueurs pour évaluer le progrès de l'ensemencement. (Par exemple, farine blanche pour sols marrons ou bien argiles rouges pour sols très clairs.)



Au cas où l'ensemencement est manuel, il sera nécessaire un râtelage postérieur pour finir de couvrir les graines et éviter que les fourmis et oiseaux finissent par les manger.

Ce type de technique a de différentes applications mais traditionnellement elle s'utilise dans des talus avec des terres qui présentent des processus érosifs importants, et dont le principal objectif est la fixation de ce substrat.



Pour cela, on utilise normalement des espèces de croissance rapide, capables de former une couche herbacée dense avec une certaine rapidité. Parmi ces espèces, les graminées acquièrent une grande importance puisque leur enracinement est dense dans le sol ainsi que les légumineuses, capables de croître dans des sols pauvres en nutriments et les améliorer en apportant du nitrogène atmosphérique.



Dans certains cas particuliers comme l'ensemencement temporaire pour la protection contre l'érosion, il peut être utile et bon marché l'emploi d'espèces cultivées dans la composition d'espèces. C'est le cas des céréales (blé, orge, avoine) qui permettent une croissance très rapide, et de certaines légumineuses comme la luzerne ou la vesce qui fixeront le nitrogène atmosphérique et aideront à améliorer la qualité du sol pour les futures plantes à introduire de façon naturelle ou à l'aide d'autres techniques. Ces espèces cultivées ont l'avantage qu'elles grandissent, se développent pleinement et disparaissent dans les années suivantes, ne faisant pas concurrence avec les plantes que l'on utilisera lors de la restauration finale.

Dans tous les cas, l'ensemencement est l'un des meilleurs systèmes pour la régénération de fourrés et de formations arbustives, pouvant ainsi l'utiliser

pour obtenir n'importe quel type d'habitat, et pour cela, il faudra étudier uniquement avec détail les espèces plus aptes pour ce système.



Lors de l'application de cette technique, il est important de connaître le nombre de graines que l'on va appliquer par unité de surface, l'intervalle recommandé étant celui qui varie entre 500 et 750 graines/m². Cette fourchette garantit un nombre minimum de plants dans le terrain. On évitera le poids comme unité de repère puisque dans les espèces sylvestres, la taille des graines est très variable.

Hydro-ensemencement et hydro-couverture

L'hydro-ensemencement est une technique de végétalisation qui consiste en l'injection sur les terrains d'un mélange de semences (A), nutriments chimiques et organiques (B), fibres végétales (C), micro-organismes du sol et produits liants (D), en suspension aqueuse. Ce mélange est projeté par le biais d'un tuyau d'arrosage muni d'une pompe à pression.

A. Mélange de semences



B. Nutriments chimiques et organiques



C. Fibres végétales



D. Micro-organismes du sol



L'objectif est non seulement l'introduction d'espèces préalablement sélectionnées mais aussi que les plants ou semis, de rapide développement, naissent et réduisent le problème de l'érosion depuis les premiers stades de la restauration.

C'est une technique qui s'emploie dans les zones où il existe un risque significatif d'érosion potentielle et où ne peuvent pas être utilisées d'autres techniques conventionnelles d'ensemencement à cause de la difficulté d'accès ou la forte pente du terrain.



Dans les zones de forte pente, on peut utiliser la technique de l'hydro-couverture, qui est un type d'hydro-ensemencement dans lequel on augmente les produits liants et les quantités et types de mulch (par exemple avec des fibres de bois). Le mélange se fixe au sol pendant une durée suffisante jusqu'à ce que les plantes se développent pleinement et prennent le relais dans la protection contre l'érosion.

Plantations

Le principal objectif des plantations, dans le contexte de la restauration écologique est, d'accélérer la succession en créant la composition, la

structure physique et la fonction de l'écosystème de référence.

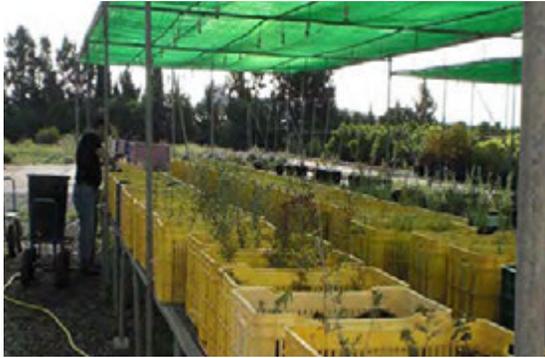
On prétend accélérer la phase de colonisation, en introduisant des plantes sélectionnées de la série de végétation et en créant les meilleures conditions pour son établissement et son développement. Les plantations sont aussi nécessaires pour incorporer des espèces de difficile introduction par ensemencement.

La densité de plantation dépend en grande mesure de la composition des espèces que l'on va introduire et si l'on va employer d'autres techniques de restauration pour la compléter comme l'ensemencement ou l'hydro-ensemencement. En termes généraux, et si d'autres actions ne sont pas prévues, on doit obtenir des densités qui varient autour de 1 plante/m², étant supérieur pour des zones de forte pente ou pente escarpée.



Indépendamment des espèces à introduire dans les plantations, il est de grand intérêt que ces plantes réussissent à arriver dans la zone à restaurer avec les meilleures garanties de viabilité. Pour cela, on soumet les plantes pendant quelques mois à un durcissement en pépinière, qui stimule les mécanismes de résistance au stress hydrique par réduction progressive d'apport d'eau jusqu'aux doses sub-létales. Avec ce procédé on évite le stress produit aux plantes lors du transport dans la zone de plantation, et on améliore le niveau de survie des plants.

D'un autre côté, dans les plantations d'arbres et d'arbustes et, à moins que le projet en ait besoin, il est recommandé d'employer de petits plants de une ou deux sèves, puisque leur développement postérieur est nettement meilleur et moins cher que les grandes plantes.



Comparaison des principales techniques

	Ensemencement à la volée	Hydro-ensemencement	Plantation
Pente	Ne peut pas s'effectuer dans des pentes supérieures à 20°	Avec tuyau on peut atteindre 50 m et avec bras extensible mécanique jusqu'à 500 m	Jusqu'à des pentes de 50°
Station	Automne et hiver avec suffisamment de pluies		Préférentiellement en hiver
Pluviométrie	Critique, puisque la germination ne se produit pas en son absence		N'en dépend pas directement pour son implantation
Taux de rocaille et affleurement rocheux	Critique: fissures et crevasses dans les roches et pierres permettent aux semences de s'introduire et de trouver de meilleures conditions microclimatiques pour germiner, mais réduisent leur capacité de développement lors de la germination		Critique, pouvant empêcher son implantation
Compaction	Inacceptable	Inacceptable	Presque Inacceptable

	Ensemencement à la volée	Hydro-ensemencement	Plantation
Niveau/densité d'individus ou de semences	Niveaux élevés	Niveaux élevés pour compenser les pertes	Niveaux faibles et ajustés aux besoins
Distribution des individus	Aléatoire	Aléatoire	Homogène, mais peut se faire demie-aléatoire
Fertilisation	Opération normalement séparée de l'ensemencement	Peut s'effectuer dans la même opération, mais pas à profondeur	De la terre creusée et à n'importe quel moment
Fibre o mulch	Quand cela est nécessaire, on réalise une opération différente	Nécessaire peut s'effectuer dans la même opération	pas nécessaire
Equipement	Méthode manuelle ou mécanique	Equipement spécial	Méthode manuelle ou mécanique
Coût	Très bon marché. L'addition de mulch peut faire monter le prix de cette technique	Cher	Intermédiaire

Couvertures organiques

Ce type de produits sont composés de paille de céréale et d'autres fibres naturelles comme celles du coco, alfa... ou bien des fibres synthétiques comme le polypropylène, qui sont travaillées pour faire des mailles. La fonction principale des couvertures est la protection immédiate des surfaces qui présentent un haut risque d'érosion causé par les pluies torrentielles (érosion laminaire...) ou bien comme support de plantes grimpances, revêtement de murs...



Les couvertures retiennent les fins en ruissèlement, et apportent de la matière organique au sol tout en se dégradant, favorisant ainsi la formation de sols. Ceci suppose un avantage dans les zones à xéricité moyenne, puisqu'elles sont capables de réduire l'évaporation en régulant la température et en augmentant la filtration de l'eau de pluie dans le sol.

Les couvertures organiques doivent laisser passer les éléments fins du sol et recevoir les semences apportées artificiellement lors des ensemencements ou hydro-ensemencements, ou celles qui arrivent avec la dispersion de façon naturelle.

Les mailles ou filets organiques et/ou synthétiques sont recommandés dans les cas où la granulométrie des sols est grossière et existe une végétation

déjà établie. L'élection adéquate du type de couverture est indispensable puisque l'un des facteurs limitant de ce type de structure est le risque de dégradation excessivement rapide, entraînant la végétation déjà existante et les solides accumulés dans le sol.

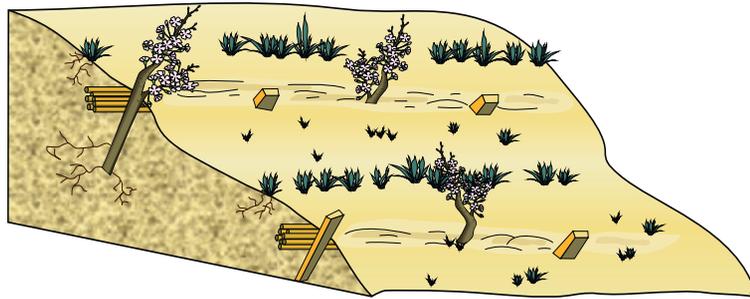
Les couvertures organiques peuvent même être utilisées sur des talus très verticaux, en les renforçant avec des mailles synthétiques de grande durée.



Fascines

Il s'agit d'un ensemble de tiges et de branches attachées sous forme de fuseaux et qui disposés au fond des fossés peu profonds, crevés de manière transversale en suivant le contour du talus et recouverts partiellement de terre. On utilise des pieux en bois ou de petits pieux de la même espèce utilisée pour l'élaboration des fascines, pour éviter qu'ils bougent. Les branches et les tiges employées doivent provenir de plantes ligneuses avec une grande capacité d'enracinement.

Ce type de technique de stabilisation résulte très effective puisqu'elle protège les talus des glissements superficiels, rend difficile la formation de crevasses et permet de retenir les couches superficielles du sol grâce à la matrice des racines qui se développe à partir de l'ensemble de tiges et de branches.



ASPECTS PAYSAGER DE LA RESTAURATION

L'affectation de la distribution spatiale de la plantation dans le paysage.

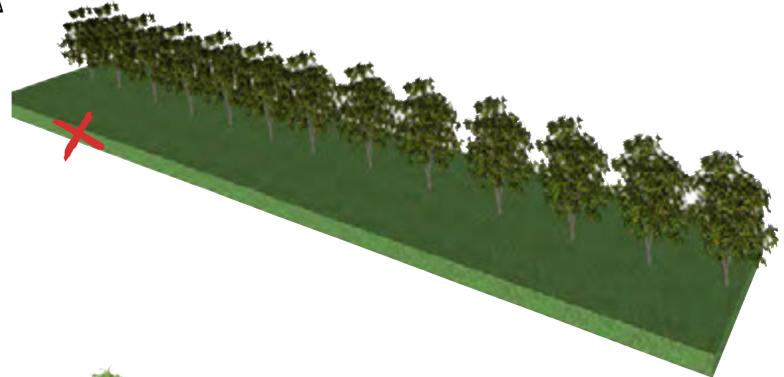
Une sélection adéquate des espèces résout une bonne partie des problèmes paysagers qui sont générés avec les exploitations minières, mais il existe des aspects de la restauration qui dépendent exclusivement de la forme et la proportion avec lesquelles s'emploient ces espèces. Cet aspect n'est pas souvent tenu en compte, ce qui se traduit dans un appauvrissement ou même dans un impact sur le paysage.

L'usage de patrons homogènes de n'importe quelle nature réduit l'effet naturel de la zone restaurée puisqu'on reconnaît à vue d'œil ces schémas, et même plus s'ils sont accompagnés de couleurs ou de textures très différentes à celle du milieu.

Pour éviter ces effets non désirés on peut combiner les recommandations suivantes :

- Ne pas créer des patrons de plantation avec des positions relatives et des distances homogènes.
- Introduire des exemplaires de plantes avec des tailles différentes.
- Introduire plusieurs espèces principales.
- Générer des taches variées en forme et en extension.

Mais, comment dessiner des patrons aléatoires dans un projet, pour qu'ils soient plus tard facilement transposables à la zone de plantation ? Face à cette incertitude on peut utiliser des patrons homogènes et dériver vers d'autres aléatoires en déplaçant la position des pieds de plantes d'un tiers. Avec ce système, on obtient une conception et un calcul de pieds de plantes faciles ainsi que la présentation de la plante dans le champ par les ouvriers et les résultats peuvent être excellents.





On peut profiter de cette variation de la position relative d'une partie des plantes pour loger les pieds dans des points topographiquement plus favorables (par exemple en évitant les affleurements de roches, ou de petites zones avec un sol meilleur), ou pour associer des espèces plus compatibles ou qui sont moins en concurrence (par exemple un fourré peut s'approcher plus à un autre fourré ou à un arbuste mais doit s'éloigner d'un arbre). Ces critères peuvent s'employer dans des restaurations de surface mais elles sont particulièrement utiles en alignement comme des bords de routes, plantations en bermes ou des barrières végétales.



Mimétisme des fronts d'exploitation

Un autre problème fréquent et de grande incidence paysagère dans la restauration de carrières est l'impossibilité d'introduire de la végétation en fronts d'exploitation verticales. Dans ces cas, la seule possibilité d'intégration est d'essayer de diminuer le contraste entre les talus et son environnement avec l'application de substrats avec des couleurs similaires qui se mimétisent avec l'exploitation minière.

Les techniques principales destinées à cette intégration chromatique sont deux : d'un côté on utilise des teintures végétales biodégradables avec des

tonalités semblables à la roche de l'exploitation, avec lesquels on asperge la surface du talus avec l'aide d'une hydro-semeuse ou autre machinerie qui permet de projeter la solution liquide avec la teinture.



L'autre technique, appelée vieillissement de la roche, inclue l'application d'oxydes de fer et d'autres métaux qui simulent la roche altérée par météorisation avec le temps, et qui sont projetés sur la roche avec les mêmes systèmes cités ci-dessus. Cette dernière technique a l'avantage que l'on peut appliquer plusieurs couches jusqu'à l'obtention de la couleur désirée, et en plus le talus acquière la couleur définitive 10 jours après son application.

LES MODÈLES ÉLÉMENTAIRES DE RESTAURATION

A continuation on expose une série de modèles type élémentaires qui seront utilisés en combinaison pour créer le projet de restauration finale d'une carrière, et qui auront une application spatiale concrète en fonction des caractéristiques topographiques et granulométriques finales qui s'obtiennent après restitution morphologique de l'espace.

Un autre facteur à tenir en compte et qui peut aider à la végétalisation est si cette dernière se réalise à la fin de l'exploitation ou si au contraire elle se réalise par phases pendant la vie utile de la carrière. Dans ce dernier cas, la restauration est moins complexe puisqu'elle se réalise de façon progressive dans une zone déterminée avec une première intervention pour fixer rapidement la surface du terrain (par exemple avec un ensemencement ou hydro-ensemencement). L'année suivante on peut introduire les éléments végétaux qui manquent pour obtenir les espèces de l'habitat (par exemple avec une plantation ou un hydro-ensemencement avec une autre composition).

Ensemencement des entassements et des zones altérées temporaires

Il est assez fréquent dans les exploitations minières qu'il existe de petites aires où l'on entasse du matériel pendant un certain temps, pour être transporté à sa localisation définitive, une fois créée la morphologie finale d'une partie de la carrière. Ces entassements, qui peuvent être des sols récupérés du débroussaillage initial (voir photo ci-jointe) ou bien des rejets du procès d'exploitation, ont besoin d'une attention spéciale puisqu'il s'agit de substrats sans fixation et non compactés, et par conséquent l'érosion peut y être très significative.

Pour diminuer dans la mesure du possible les processus érosifs, il est recommandé de limiter au maximum la durée de l'entassement, mais s'il est inévitablement supérieur à 6 mois, il sera obligatoire de réaliser un ensemencement manuel d'espèces herbacées qui fixent le substrat et évitent l'incorporation de particules dans l'eau des pluies torrentielles. Parmi les espèces à introduire, on compte avec une proportion significative d'herbacées cultivables comme le blé, l'orge, etc... qui en plus sont très bon marché, germinent et grandissent vite pour obtenir ainsi le but désiré.



Le matériel, dans cet état, peut demeurer relativement longtemps jusqu'à ce qu'il soit utilisé dans la restitution morphologique, ou bien comme substrat pour ensemencement ou plantations (dans le cas de sols récupérés).

Dans des zones plates ou de faible pente

C'est la situation la plus favorable pour la restauration et pour la gestion jusqu'à l'abandon final.

En premier lieu, il faut garantir un substrat adéquat en puissance, ce qui dépendra du volume du matériel de rejet et du sol récupéré lors des phases antérieures ou actuelles de l'exploitation. En termes généraux, pour réussir l'implantation de fourrés et arbustes une épaisseur de 50 cm est suffisante, mais par contre pour les arbres on aura besoin d'un mètre et demi. Cette épaisseur est particulièrement importante quand la roche de la carrière est très dure et consistante, comme avec les marbres ou les calcaires. En effet, lorsque les racines arriveront à ces niveaux, elles ne pourront pas traverser la roche, ce problème étant moins important lorsque la roche mère est fracturée ou moins dure. Si l'on ne dispose pas de suffisamment de matériel pour le comblement à l'endroit où l'on va réaliser la plantation, on devra apporter du substrat de l'extérieur, mesure que l'on peut combiner avec la réalisation de petites explosions contrôlées pour fracturer la roche et permettre un enracinement dans ces espaces.

Dans le cas où le substrat est suffisamment puissant, on réalise souvent des travaux d'épongement du sol qui a été préalablement compacté par

le passage continu de la machinerie. Pour les sols très compactés, on utilisera un sous-solage tandis que dans les sols moins altérés on fera un labourage superficiel. On peut profiter de la réalisation de ces travaux pour réaliser des améliorations dans le sol comme l'apport d'engrais organo-zéolitiques, incorporer du compost ou d'autres composés organiques ou introduire des hydrogels pour augmenter la rétention d'eau.

Une fois obtenu le substrat désiré on réalisera l'introduction du matériel biologique avec les espèces sélectionnées et on utilisera l'ensemencement et/ou plantation comme techniques plus adaptées et/ou rentables économiquement pour les zones plates. Dans le cas de combinaison des deux techniques, qui en fait est le plus recommandé, il est préférable de réaliser d'abord l'ensemencement (manuel ou mécanique) pour que les plantes se fixent rapidement au sol, puis attendre un an pour compléter la restauration avec la plantation.



Dans les talus de pente modérée

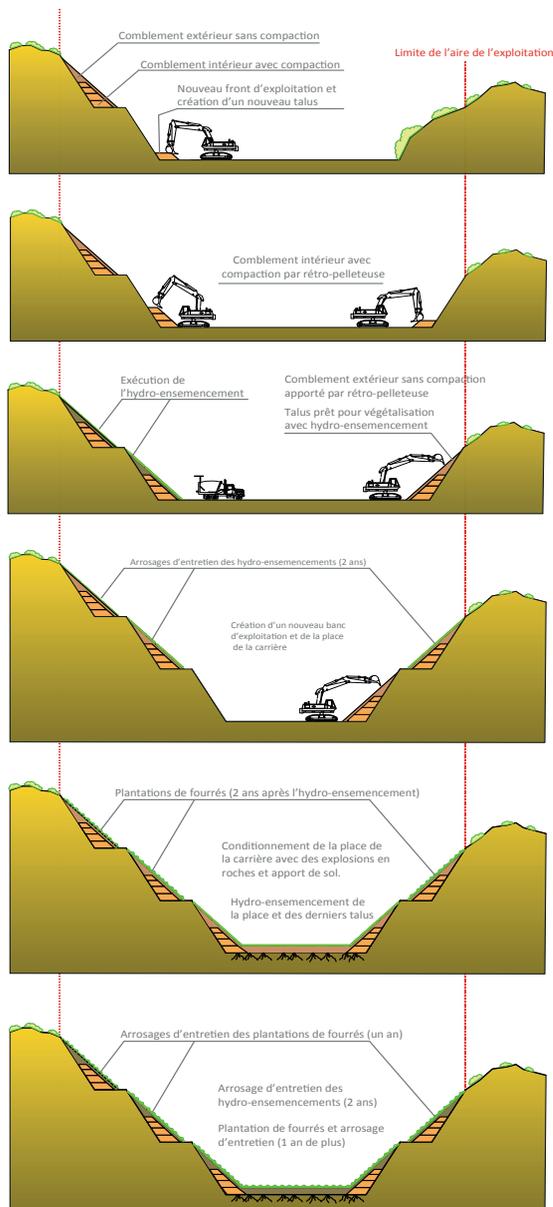
Le premier pas consiste à obtenir une surface restituée et stable pour la restauration. Dans les bermes des exploitations il est conseillé de réaliser un comblement avec du matériel de rejet pour réduire la taille des talus verticaux, en laissant une séparation entre le bord du nouveau talus et celui de la berme pour réaliser l'entretien de ces derniers et comme surface de sécurité en cas de petits glissements du talus.

Une fois obtenu le talus stable dans les bermes ou dans les dépôts de stériles, on doit obtenir un substrat sans compaction et avec la quantité suffisante de matière fine pour faciliter l'enracinement des plantes. Ce substrat peu compacté et avec une proportion élevée de matière fine sera apporté sur la surface finale par camion depuis la tête du talus ou bien avec une rétro-pelleteuse à bras suffisamment long.



Postérieurement à cette phase, il est possible de réaliser un hydro-ensemencement avec les espèces sélectionnées, et peut être aussi combinée avec une plantation postérieure, une fois fixée la surface du terrain. A partir de pentes supérieures à 45 degrés, les plantations ne sont pas conseillées, spécialement dans des talus de moyenne et grande taille, on utilisera donc les hydro-ensemencements. Au dessus de 60 degrés, il est conseillé l'utilisation des hydro-couvertures qui fixent les particules du sol jusqu'à la prise du relais par les plantes qui naissent et se développent rapidement.





Dans les talus verticaux



Dans les talus verticaux ou proches à la verticale il n'est pas possible d'apporter du sol dans la totalité de la surface. Aucune végétation qui couvre totalement ces fronts fins de l'exploitation, ne se développera.

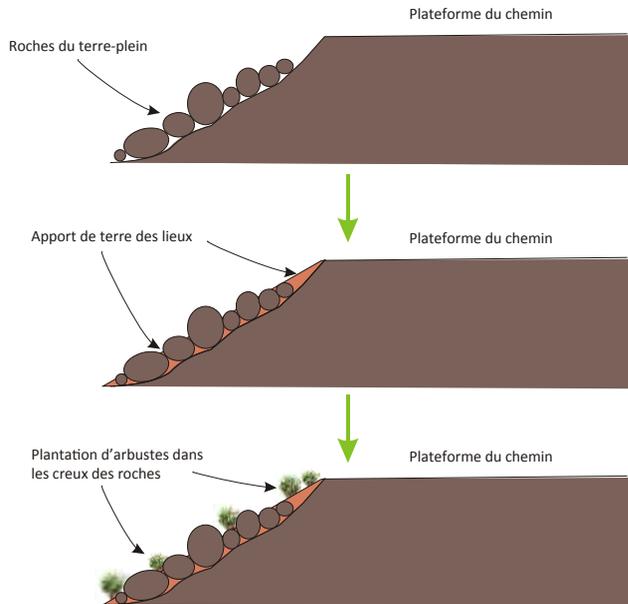
Dans la mesure du possible, on essaiera d'éviter de créer des surfaces lisses et de générer des irrégularités qui permettront de former des micro-bassins dans lesquels la poussière atmosphérique s'accumulera ou bien permettront aussi l'apport de petites quantités de sol pour l'enracinement de plantes rupicoles, de lichens et de mousses.

En plus de cette actuation, la dernière technique qui permettra l'intégration de talus verticaux est le mimétisme chromatique avec l'environnement, en utilisant des teintures ou bien avec le vieillissement des roches. Ces techniques donnent de bons résultats et sont conseillés même si leur coût est modéré.

En termes généraux, l'entretien des talus verticaux n'est pas complètement négatif du point de vue environnemental puisque ces derniers peuvent générer des habitats rupicoles de grand intérêt pour la flore rare et de plus en plus maigre, et permet de créer des zones de nidification et de refuge pour de nombreux oiseaux et certaines chauves-souris. (Voir paragraphe 10)

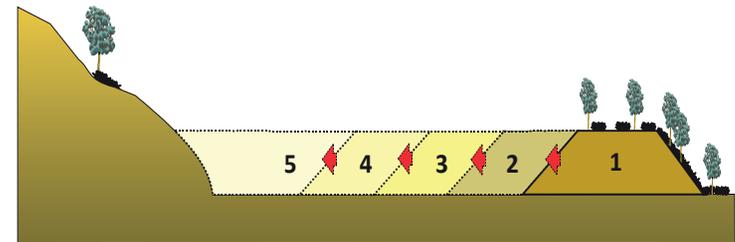
Dans les dépôts de stériles

Les dépôts de stériles qui vont demeurer définitivement sur le terrain, seront restaurés en suivant les mêmes critères que pour les zones plates ou de faible pente (voit ci-dessus), mais il existe une situation relativement fréquente dans ce type d'entassement qui les rend particuliers. Normalement, les dépôts de stériles accumulent une proportion significative de roches à leur surface, produit provenant du processus même de renversement du matériel par la machinerie lourde. Ces aires avec une grande quantité de pierres, sont d'authentiques terrains en friche pour la végétation que l'on va implanter, particulièrement quand le volume de la roche est important. Dans ce cas, il est très important que les blocs de roche soient couverts de matériel fin et seulement, dans des cas exceptionnels, on permettra l'affleurement des blocs à la surface.



D'un autre côté, si lors de la planification du dépôt cela est possible, on réalisera une estimation du volume final de stériles et leur situation spatiale dans le terrain.

Cette planification permettra de générer en premier lieu la partie du dépôt qui deviendra le relief final de ce dernier (voir figure ci-jointe), de façon à ce que ce talus final puisse être restauré pendant les phases initiales ou moyennes de la vie utile de la carrière, produisant ainsi une meilleure intégration paysagère et en deuxième lieu de réduire les problèmes d'érosion de ces talus et le risque de roulement de blocs de roche car une fois créé le talus final, les blocs sont déviés vers l'intérieur du dépôt.



▶ Dans les brise-lames

Bien qu'ils ne soient pas très fréquents dans les dépôts de stériles, les brise-lames de roche peuvent être difficiles à intégrer par les mêmes raisons que les dépôts, c'est-à-dire par le manque de matériel terreux dans lequel les plantes pourront se développer.



Pour réduire l'affection paysagère de ces constructions on doit utiliser du sol entre les blocs de pierre au fur et à mesure de la construction du brise-lame. Cet apport terreux permettra la cohésion mais surtout permettra une intégration paysagère notable, d'autant plus grande si l'on apporte des semences de plantes rupicoles qui se développeront dans les interstices. Il est important de ne pas remplir tous les creux pour en laisser certains comme refuge pour les oiseaux (dans les parties hautes) et de reptiles (au pied).

▶ Dans des zones inondées près des cours d'eau.

Dans les gravières et carrières proches à des cours d'eau, il est fréquent que l'exploitation arrive jusqu'au niveau phréatique et de l'eau affleure dans certaines parties de ces exploitations. Quand l'activité cesse dans ces espaces avec de l'eau, il se produit une rapide colonisation spontanée de la végétation, mais il est nécessaire d'améliorer écologiquement ces nouvelles zones lacustres.

En premier lieu, il faut conditionner un tiers ou la moitié du périmètre de la zone humide pour réduire la pente du terrain, afin d'augmenter la surface utile pour la végétation riparienne, pour faciliter l'accès de la faune et éviter les risques de noyade des personnes et des animaux. Les talus de forte pente doivent être conservés dans certaines parties du bord lagunaire puisqu'ils peuvent devenir des endroits idéaux pour certaines espèces de faune. Si l'ampleur de l'espace inondé est significative, la création d'îlots est de grand intérêt pour diversifier le paysage et augmenter les zones de refuge pour la faune. (Voir chapitre 10).

A continuation, on procèdera à l'introduction de la végétation riparienne de bordure avec des espèces les plus adaptées possibles aux conditions de temporalité de l'eau. En termes généraux, dans les zones arides de la



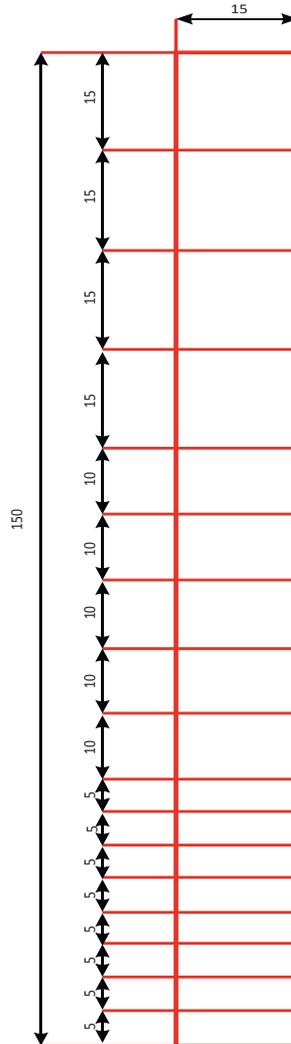
zone d'étude de ce guide sont plus adaptées les espèces qui supportent l'assèchement total du sol comme les tamaris, les joncs, lauriers, etc... tandis que d'autres espèces comme les saules pleureurs ou les aulnes ont besoin de l'eau en permanence. Pour l'intérieur des lagunes, on fera une étude détaillée des espèces d'amphibiens qui existent dans les zones humides proches et qui pourront être transportées à ce milieu pour obtenir une colonisation de l'intérieur lagunaire.

L'introduction d'espèces exotiques de flore et de faune doit être évitée à tous prix, car les effets non désirés peuvent créer des problèmes écologiques graves.

PROTECTION DES PARCELLES DE RESTAURATION

Les travaux de végétalisation réalisés, il est fondamental pour le succès de cette dernière que les plantes soient protégées du bétail et des espèces de mammifères sylvestres qui existent dans la zone. Pour prévenir ces effets, on peut employer des tubes de protection lors de la plantation qui aident aussi à réduire l'action de l'air et de l'évapotranspiration.

Mais la meilleure solution pour toutes ces techniques de végétalisation est l'utilisation de grilles cynégétiques, qui en plus serviront pour l'isolement de l'exploitation minière face aux personnes ou au bétail. Il s'agit d'une grille galvanisée et nouée, dans laquelle les fils de fer s'entrecroisent de façon à ce que les espaces ou creux qui se créent, augmentent progressivement de la partie inférieure vers la partie supérieure.



La distribution de la grille évite l'entrée de petits mammifères à sa base et d'animaux de grande taille par la partie supérieure. On garantit ainsi la viabilité de la restauration puisqu'ils ne pourront pas passer dans les zones de plantation. Au cours des années (entre 5 et 10 ans) on pourra retirer le grillage quand la restauration végétale soit une réalité.



10

**Modèles pour
l'amélioration de la faune**



MODÈLES POUR L'AMÉLIORATION DE LA FAUNE

La restauration et la réhabilitation des carrières après fermeture permettent de récupérer une grande partie des habitats et des espèces associées qui étaient disparues pendant les premières phases de l'exploitation, et permettent même de créer de nouveaux habitats pour certaines espèces de faune qui n'existait pas dans la zone et qui maintenant pourraient les coloniser (talus verticaux, zones humides, etc....)

Bien que les initiatives et projets miniers qui ont essayé d'intégrer la faune dans les projets d'exploitation soient peu nombreux, il existe néanmoins dans d'autres pays, des expériences qui corroborent l'utilité de prendre des mesures qui aident au développement de la composante zoologique et qui pourraient se regrouper en : mesures préventives, mesures d'amélioration de l'habitat et génération d'aires de refuge et d'élevage.



MESURES PRÉVENTIVES

Parmi les principales mesures que doivent se maintenir dans une exploitation quelconque se trouve la non affectation de couloirs écologiques, l'usage de faible illumination en fréquence ultra-violette et la non introduction d'espèces exotiques de flore et de faune.

Souvent, certains cours d'eau, canaux d'irrigation ou certaines forêts qui agissent comme couloirs écologiques pour la faune sont affectés par les exploitations minières. Cette altération doit être évitée à tous prix et si cela est inévitable, reconditionner le plus tôt possible le passage de la faune, en retirant les reliefs ou barrières qui agissent comme des pièges pour certaines espèces de faune tels les amphibiens, les reptiles ou les insectes.



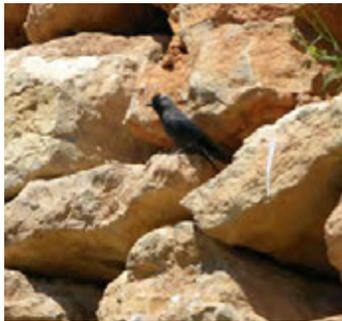
Dans le cas des exploitations à activité nocturne ou crépusculaire, l'illumination devra se faire avec des ampoules de faibles niveaux d'émission de rayons ultraviolets puisque ceux-ci agissent comme attractants d'une grande quantité d'insectes, qui meurent inutilement dans les lumières des exploitations.

Pour éviter cette altération on utilisera des ampoules de tonalités orangées et surtout celles de type led, qui en plus de leur faible consommation, elles n'émettent pas avec des ultraviolets, peu d'insectes étant ainsi attirés. Un autre conseil est l'utilisation de plusieurs points d'illumination qui additionnent leurs intensités et égalent celle d'une unique source mais avec une grande intensité, cette dernière attirant les insectes depuis une grande distance depuis le foyer de l'émission.



AMÉLIORATION DES CONDITIONS DE L'HABITAT POUR LA FAUNE

La principale amélioration pour la faune du milieu est la restauration végétale de l'habitat original. La colonisation par la faune des terrains des carrières ne se produit pas parce que l'habitat ne la nourrit pas, à l'exception de certains oiseaux et mammifères assez farouches à la présence humaine. La faune peut être présente lors des premières étapes de l'exploitation si les travaux de restauration commencent dès les phases précoces.



La diversification des espèces de flore employées dans la restauration végétale suppose une amélioration significative pour le paysage, mais c'est aussi un support important pour une grande quantité d'espèces de faune

qui vont vivre dans cet habitat naissant et qui augmenteront la stabilité du système. Pour cette raison, il convient que la restauration ne soit pas homogène et qu'on utilise des espèces végétales clés par leur grande génération de biomasse, ce qui se traduira par un meilleur développement de toute la chaîne des espèces de faune qui survivront sur elles.

D'autres actuaciones temporaires, mais qui peuvent aider spécifiquement la faune, sont les ensemencements sur les dépôts ou autres espaces altérés dans lesquels on cultive des céréales et d'autres plantes qui naissent et se développent dans la même année. En effet, céréales et plantes sont une source de nourriture de premier ordre pour de nombreux oiseaux et mammifères telles que le témoignent de nombreuses parcelles de petite taille dans des réserves de chasse pour augmenter la probabilité de survie des exemplaires étant nés dans l'année.

GÉNÉRATION D'AIRES DE REFUGE ET D'ÉLEVAGE

Création de lagunes temporaires

La création de lagunes artificielles dans les exploitations de carrières et gravières qui recueillent l'eau de pluie peut être l'origine d'espaces lacustres de grande valeur écologique. Ces lames d'eau servent de refuge pour de nombreuses espèces aquatiques, même si elles sont temporaires, puisqu'il suffit parfois de quelques mois avec de l'eau pour permettre le développement de certaines espèces d'amphibiens et d'invertébrés.

Au lieu de créer une grande lagune unique, il est préférable de construire quelques petites lagunes (jusqu'à 5 m²) avec de différentes conditions écologiques de pente, substrats, etc.... parce qu'elles augmentent notablement les possibilités pour différents types de faune.

Une fois connus l'espace et la distribution spatiale, il sera nécessaire de créer les creux du contenu lagunaire dans lesquels se déposeront les eaux de pluie. Dans une conception type il faudra qu'il existe au moins deux profondeurs, l'une peu profonde pour permettre la ponte des amphibiens et la croissance des larves, et l'autre plus profonde pour le maintien temporaire des adultes et d'autres espèces de faune qui ont besoin de plus de temps pour leur développement comme certaines libellules, scarabées, etc...

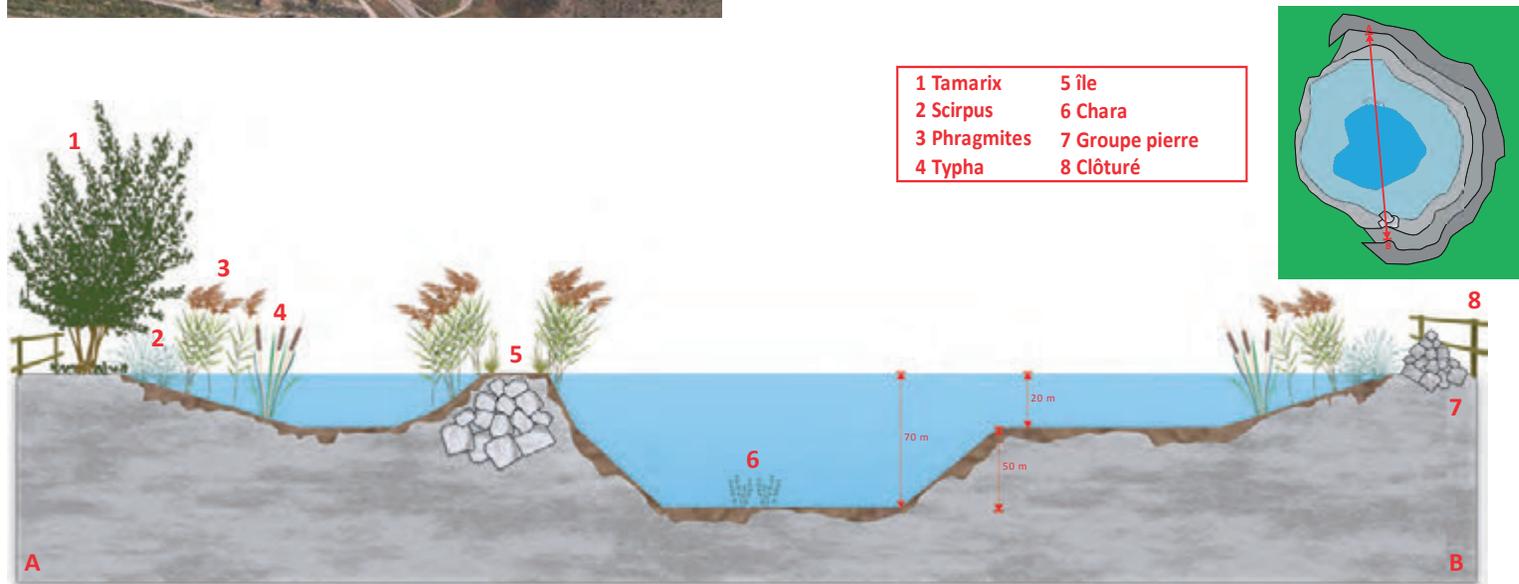
Une fois atteinte la forme finale, il est indispensable d'imperméabiliser le fond avec une couche de 5 à 10 cm d'argiles qui se compacteront manuellement du centre vers l'extérieur. En fonction du budget, on superposera une lame imperméable en plastique ou, mieux encore, en caoutchouc synthétique (EPDM vulcanisé) par sa faible toxicité. Pour cela



on devra retirer préalablement toutes les pierres ou éléments pointus qui dépassent des argiles et qui pourraient abîmer les lames.

Si la surface de la lagune le permet, il est intéressant de réaliser de petits îlots à l'intérieur de la lagune pour permettre la nidification d'oiseaux aquatiques. Il est intéressant aussi de construire sur les bords lagunaires certains entassements de pierres ou de troncs en bois pour qu'ils constituent des refuges pour les reptiles et les amphibiens lors de l'assèchement de la lagune.

Finalement, on introduira la végétation lacustre dans les diverses communautés de bordure, amphibienne et submergées, le grillage du périmètre de protection étant fondamental pour éviter les dérangements. Pour accélérer le procès de colonisation animale on peut faire une étude des zones lacustres proches et introduire certains exemplaires des espèces de faune autochtone qui se considèrent le plus adaptées.



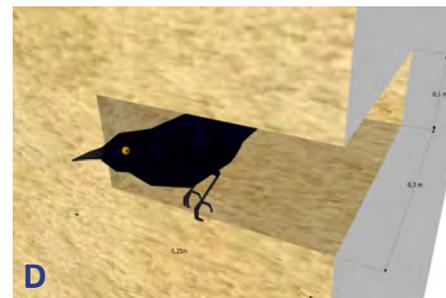
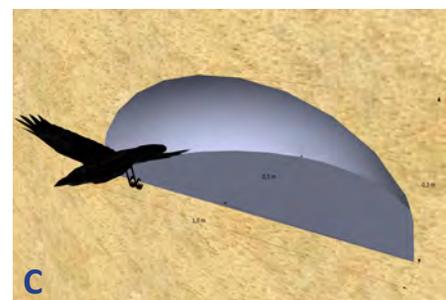
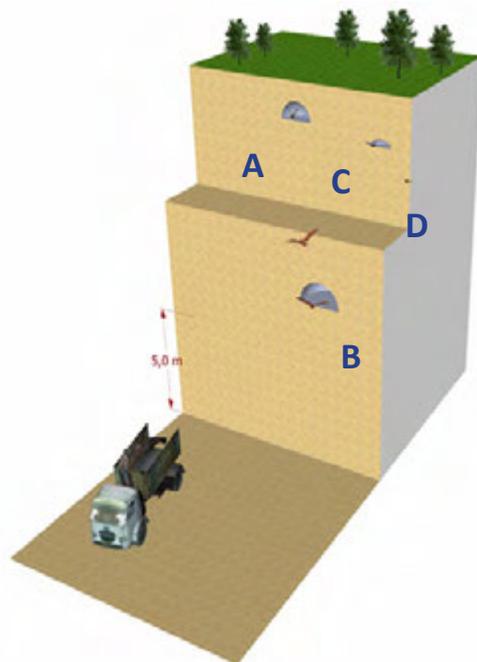
Nids pour oiseaux

Les fronts de carrières verticaux qui restent définitivement lors de l'abandon de l'exploitation sont des endroits idéaux pour construire ou installer différents types de nids pour les oiseaux rupicoles, bien qu'on puisse utiliser aussi les creux.

Pour la localisation des nids, il est indispensable de chercher des pans de parois verticaux pour éviter l'accès aux possibles déprédateurs et aussi pour obtenir une meilleure protection face à la pluie. Il est indispensable aussi de sélectionner les pans de la paroi qui soient orientés vers le Nord ou vers l'Est puisque la chaleur est moins étouffante dans ces orientations, et dans la mesure du possible, qu'ils ne soient pas perturbés par les véhicules ou personnes transitant par les chemins proches.

Une fois la paroi choisie, on peut construire facilement des creux à l'aide de machinerie avec marteau piqueur hydraulique, générant différents types en fonction des besoins du volume des espèces qui vont s'y installer.

Dans le cas de grandes rapaces telles que l'aigle royal ou le hibou royal, il est nécessaire de créer des nids situés à plus de 5 m de hauteur car plus bas, ils pourraient être abandonnés avec la possible présence de l'homme. Pour des rapaces de moindre taille comme les faucons on cherchera des zones relativement hautes de la paroi, tandis que pour les espèces de taille moyenne comme les freux, crécerelles... peuvent s'installer à différentes hauteurs mais pas trop bas. Dans le cas de petits oiseaux comme le moineau on peut installer les nids à pratiquement toutes les hauteurs au dessus de 2 mètres.



CRÉDITS

Illustrations y graphiques

NUBIA Consultores excepté les illustrations du chapitre 6 modifiées par S. Manglano, 1994.

Photographies:

Couverture: Frank Vincen; CENTRE TECHNOLOGIQUE ANDALOU DE LA PIERRE (CTAP); Miguel Angel Domene Ruiz (Estación Experimental Cajamar); NUBIA Consultores.

Verso: CENTRE TECHNOLOGIQUE ANDALOU DE LA PIERRE (CTAP); Juan Lorite Moreno, NUBIA Consultores.

Chapitres: Agrícola Lalueza: 57; BONTERRA: 94b, 100d, 101; CEMEX: 100c; Comercial Projar: 98b, 98c; CENTRE TECHNOLOGIQUE ANDALOU DE LA PIERRE (CTAP): 3, 4, 7, 12b, 13, 18, 19, 20, 26, 27, 28, 29, 59a, 94c, 108, 110; Fundación Cajamar: 59b, 95a; Gestprotec: 106c; IDS (Ingeniería y Desarrollo Sostenible): 12a; Juan Lorite Moreno: 55, 56, 92a, 92b, 92d, 92e, 93b, 93c, 93d, 93e, 94a, 96a; NUBIA Consultores: 8, 9a, 9c, 9d, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 21, 24, 30, 31, 32, 33, 34a, 34b, 35, 36b, 36c, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 49, 51, 52, 53, 54, 58, 61, 62, 63b, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 75, 77, 79, 81, 83, 85, 87, 89, 91, 92c, 93a, 95b, 98a, 99, 100a, 100b, 102, 103, 104, 105, 106a, 106b, 107; l'Observatoire Régional de l'Environnement et du Développement Durable: 34c, 36a, 63a; PAISAJES DEL SUR: 96b, 101; Sanvitero: 9b; Semillas Silvestres: 68.

Traduction:

Cecilia Gangutia



A horizontal strip containing three logos. On the left, the logo for 'PROGRAMA Cooperación Transfronteriza España-Fronteras Exteriores' on a blue background. In the center, the text 'European Union European Regional Development Fund' next to the European Union flag. On the right, the 'ecomemi' logo on a green background.

