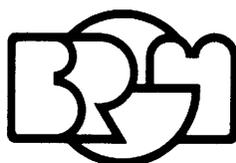


ÉTUDE DES PROBLÈMES D'ENVIRONNEMENT ET COMPARAISON DES LÉGISLATIONS DANS LE DOMAINE DES CARRIÈRES DANS LES PAYS DE LA CEE

Rapport préparé pour le Service de l'Environnement et de la Protection des Consommateurs
de la Commission des Communautés Européennes
par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières, France.

RAPPORT DE SYNTHÈSE

Publié par le



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

pour la

Commission des Communautés Européennes

EUR 6767 FR

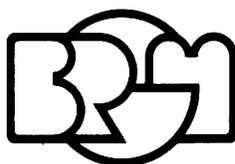
79 SGN 645 GEG

ÉTUDE DES PROBLÈMES D'ENVIRONNEMENT ET COMPARAISON DES LÉGISLATIONS DANS LE DOMAINE DES CARRIÈRES DANS LES PAYS DE LA CEE

Rapport préparé pour le Service de l'Environnement et de la Protection des Consommateurs
de la Commission des Communautés Européennes
par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières, France.

RAPPORT DE SYNTHÈSE

Publié par le



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

pour la

Commission des Communautés Européennes

EUR 6767 FR

79 SGN 645 GEG

Direction Générale "Marché de l'Information et Innovation", LUXEMBOURG.

Avertissement :

Ni la Commission des Communautés Européennes, ni aucune autre personne agissant au nom de la Commission n'est responsable de l'usage qui pourrait être fait des informations ci-après.

(C) CECA, CEE, CEEA, Bruxelles - Luxembourg, 1981.

R E S U M E

La Communauté économique européenne, le Ministère français de l'environnement et du cadre de vie et le Comité français de la taxe parafiscale sur les granulats ont chargé le BRGM d'effectuer une étude sur les problèmes de l'environnement dans le domaine des carrières, au niveau de toute la communauté.

Ce travail comprend trois parties : un exposé des problèmes de nuisances induites par les carrières, une étude des moyens techniques à mettre en oeuvre pour limiter l'impact de ces nuisances et une comparaison des législations des différents pays.

Les bruits et les vibrations, les émissions de poussières, la pollution des eaux, la dégradation des sites, les impacts écologiques (flore et faune) et les impacts socio-physiologiques ont été étudiés.

Les bruits et les vibrations peuvent être réduits par des dispositifs spéciaux (machines et écrans antibruits). D'autre part, le choix d'horaires de travail adéquats permet de "noyer" en partie le bruit de la carrière dans le bruit ambiant.

Les émissions de poussières peuvent être réduites essentiellement par des méthodes d'arrosage et de captage.

Pour les eaux, trois types de pollution sont à prendre en considération : la pollution mécanique, la pollution chimique et la pollution thermique.

Des écrans végétaux, des emplacements judicieux pour les accès de la carrière permettent de masquer la dégradation du paysage. Cette dégradation devrait être temporaire grâce au réaménagement.

Pour ce qui concerne la législation et les résultats obtenus, les différences sont très grandes entre les pays. Certains, comme les Pays-Bas ou l'Allemagne fédérale ont une tradition très ancienne ; d'autres comme l'Irlande et l'Italie commencent à peine.

D'un point de vue législatif, la pollution de l'eau est envisagée dans tous les pays de manière sérieuse, mais les émissions de poussières, les bruits et les vibrations sont à peine légiférés jusqu'à présent. Quant au réaménagement, il est devenu obligatoire presque partout, mais l'expérience très ancienne des Pays-Bas, de l'Allemagne fédérale et dans une moindre mesure de la Grande Bretagne, s'oppose aux réalisations ou aux velléités de l'Italie et de l'Irlande. Les autres pays (France, Luxembourg, Belgique, Danemark) occupent une position intermédiaire.

Il faut souligner que la tendance générale est bonne : l'environnement et le réaménagement sont de plus en plus pris en considération.

S O M M A I R E

AVANT-PROPOS

CHAPITRE I :

ANALYSE DES PROBLEMES DE DEGRADATION DES PAYSAGES, DES NUISANCES ET POLLUTIONS OCCASIONNEES PAR LES CARRIERES

1 - BRUITS ET VIBRATIONS	4
1.1 - Vibrations dans le sol	4
1.11 - Effets des vibrations transmises par le sol	4
1.12 - Mesure des paramètres de la vibration	6
1.13 - Différents facteurs influençant la vitesse particulière dans le cas des tirs	6
1.14 - Limites de sécurité	9
1.2 - Vibrations aériennes et le problème du bruit en général	9
1.21 - Mesure du bruit - Généralités	9
1.22 - Variations dans le domaine des fréquences	12
1.23 - Variations dans le temps : les paramètres statistiques	12
1.24 - Effets sur les personnes	13
2 - EMISSIONS DE POUSSIÈRES	16
2.1 - Impact des poussières	16
2.2 - Méthode d'analyse des poussières émises	17
2.21 - Granulométrie	17
2.22 - Composition chimique des poussières émises	18
2.23 - Les taux d'empoussièrement	18
2.3 - Méthodes de mesure	21
2.31 - Mesures ponctuelles	21
2.32 - Mesures automatiques	21
2.4 - Trois exemples concernant les carrières de calcaires, grès, quartz et quartzites, et granites étudiées aux Etats-Unis ...	24
2.41 - Emissions de poussières dues aux industries du granite (U.S.A.)	24
2.42 - Emissions de poussières dues aux exploitations des grès, quartz et quartzite	25
2.43 - Emissions de poussières dues aux exploitations de calcaires	25

3 - POLLUTION DES EAUX	27
3.1 - Pollution chimique et physique des eaux de surface	27
3.11 - Pollution chimique	27
3.12 - Pollution physique	27
3.2 - Pollution chimique et physique des eaux de nappe	30
3.21 - Pollution chimique	30
3.22 - Pollution physique	32
3.23 - Normes communautaires de qualité des eaux	32
4 - DEGRADATION DES SITES	40
4.1 - Pollution visuelle	40
4.2 - Affectation des terrains	41
5 - IMPACT ECOLOGIQUE	42
5.1 - Impact sur la flore	42
5.11 - Milieu aquatique	42
5.12 - Milieu terrestre	42
5.2 - Impact sur la faune	44
5.21 - Milieu aquatique	44
5.22 - Milieu terrestre	47
5.23 - Directives communautaires	48
6 - IMPACTS SOCIO-PHYSIOLOGIQUES	52
6.1 - Impacts socio-économiques	52
6.2 - Impacts physiologiques	52
6.21 - Inhalation des poussières liées à la granulométrie ...	52
6.22 - Inhalation des poussières liées à leur composition chimique	52

CHAPITRE II :

REMEDES APPORTES AUX PROBLEMES DE DEGRADATION DES PAYSAGES, DES NUISANCES ET POLLUTIONS OCCASIONNEES PAR LES CARRIERES

1 - EQUIPEMENTS ANTIBRUIT ET DE REDUCTION DES VIBRATIONS PAR DISPOSITIFS DIVERS	55
1.1 - Dispositifs de réduction des vibrations	55
1.11 - Réduction des vibrations dues au tir	55
1.12 - Réduction des vibrations dues aux machines présentes sur le chantier	55
1.2 - Dispositifs antibruit	56
1.21 - Réduction du bruit au niveau du tir	56
1.22 - Réduction du bruit des machines de chantier	56
1.23 - Réduction du bruit au niveau du trafic induit par les carrières	57
2 - REDUCTION DES EMISSIONS DE POUSSIERES	58
2.1 - Les quatre grands principes de dépoussiérage des carrières ..	58
2.11 - Abattage par pulvérisation d'eau	58
2.12 - Dépoussiérage classique poste par poste	59
2.13 - Dépoussiérage classique par îlots	64
2.14 - Captage par renouvellement d'air	68
2.2 - Une méthode de protection : l'utilisation des écrans végétaux	68
2.3 - Réduction des émissions de poussières liées au transport des matériaux	69
2.4 - Conclusion	69
3 - METHODES DE TRAITEMENT ET DE PROTECTION DES EAUX	70
3.1 - Pendant l'exploitation	70
3.11 - Méthodes permettant la réduction de la pollution mécanique	70
3.12 - Méthodes de lutte contre le colmatage	74
3.13 - Méthodes permettant la réduction de la pollution thermique	75
3.2 - Après l'exploitation	76
4 - MASQUES ET ECRANS	77
4.1 - Carrières en terrain plat	77
4.2 - Carrières à flanc de relief	79

5 - REMISE EN VEGETATION	80
5.1 - Remise en végétation avant et pendant l'exploitation	80
5.2 - Remise en végétation après les travaux	81
5.21 - Mise en culture	81
5.22 - Boisement	82
5.23 - Végétalisation des plans d'eau	88
5.24 - Autres cas	89

CHAPITRE III :

MESURES REGLEMENTAIRES PRISES DANS LES PAYS MEMBRES DE LA CEE EN MATIERE DE REDUCTION DES NUISANCES ET DE GESTION DE L'ESPACE DES CARRIERES

1 - INTRODUCTION	96
2 - PRINCIPES GENERAUX	98
2.1 - Définition d'une carrière	98
2.2 - Installations annexes	106
2.3 - Régime de la propriété	106
2.4 - L'aménagement du territoire	107
3 - PROCEDURES D'AUTORISATION	110
3.1 - Les différents types de dossier	110
3.2 - Instruction des dossiers	112
3.21 - Les différents types d'instruction	112
3.22 - Les services compétents	113
3.23 - Les niveaux de décision	114
3.3 - Pouvoirs locaux et régionaux	115
3.4 - Consultation du public	115
3.5 - Modalités des consultations et des décisions	116
3.6 - Conclusion	117
4 - PRISE EN CONSIDERATION DE L'ENVIRONNEMENT	119
4.1 - Paysage	119
4.2 - Bruit	120
4.3 - Poussières	121
4.4 - Eaux	121

4.5 - Sols	122
4.6 - Faune et flore	122
4.7 - Conclusion	123
5 - REAMENAGEMENT DES CARRIERES	124
5.1 - Responsabilité du réaménagement et garantie	124
5.11 - Caution bancaire	125
5.12 - Révocabilité des autorisations	125
5.13 - Réaménagement administratif	125
5.2 - Types de réaménagement	125
5.3 - Réaménagement des carrières abandonnées	127
5.4 - Conclusion	127
Tableaux comparatifs des législations (carrières et environnement)	

CONCLUSION : RECOMMANDATIONS POUR AMORCER UNE ACTION
COMMUNAUTAIRE DANS LE DOMAINE DES CARRIERES

1 - ANALYSE DES CRITERES A PRENDRE EN COMPTE POUR L'ETUDE D'IMPACT ...	135
2 - ACTIONS A MENER EN COURS D'EXPLOITATION	137
2.1 - Le contrôle des nuisances	137
2.2 - Le suivi du plan d'exploitation par rapport au réaménagement	137
3 - ACTIONS A MENER APRES EXPLOITATION POUR UNE REMISE EN ETAT DES SOLS OU UN AMENAGEMENT PLUS ELABORE	138
3.1 - Les carrières en activité	138
3.2 - Les carrières abandonnées	138

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

- Annexe I : Schéma de l'enquête menée dans les pays de la CEE
Rapports par pays de la CEE (Allemagne fédérale, Belgique,
Danemark, France, Grande Bretagne, Irlande, Italie,
Luxembourg, Pays-Bas)
- Annexe II : Rapports par pays hors de la CEE (Grèce, Suisse, Etats-Unis
d'Amérique).

AVANT - PROPOS

Sans préjuger de définitions différentes suivant les pays, problème qui sera abordé avec la comparaison des législations, on peut estimer que le secteur de l'exploitation des matériaux utiles dans la C E E comprend au moins 15000 carrières en activité occupant environ 200.000 personnes. La production de ces exploitations est destinée pour une large part à l'industrie de la construction et consiste surtout en sables, graviers, granulats, argiles (briques), calcaires et gypses pour la production de chaux et de plâtre, et en pierres de construction (calcaire, marbres, granites, etc.). Une autre partie de la production est destinée principalement à l'industrie chimique (chaux notamment) et à l'industrie de la céramique (argiles plastiques, etc.). La dimension des entreprises dans ce secteur est très variable allant d'une petite entreprise familiale à une grosse entreprise industrielle qui peut opérer sur une surface importante couvrant parfois plusieurs centaines d'hectares et comprenant également des installations annexes (fours à chaux, cimenterie, etc.).

A l'échelle nationale et communautaire, ces exploitations jouent un rôle important dans la valorisation des ressources du sous-sol en fournissant une série de matières premières pour les travaux d'infrastructure et pour les industries chimiques, de la céramique ainsi que pour d'autres secteurs.

A quelques exceptions près, les matériaux exploités sont largement représentés à l'échelle locale ou régionale, ce qui différencie le secteur des carrières et des gravières de l'industrie minière où l'occurrence d'un gisement est géologiquement exceptionnelle et de nature ponctuelle.

D'autre part, dans plusieurs pays, les carrières sont concentrées de manière préférentielle au voisinage des grandes agglomérations du fait de la demande qui y atteint un niveau élevé ou au voisinage de voies de communication permettant un transport aisé de la production. Cette concentration peut amener parfois une prolifération néfaste d'exploitations en carrières ou en gravières qui dégradent le paysage. De plus, dans certains cas, l'exploitation des matériaux s'est effectuée d'une manière désordonnée sans étude géologique préalable, ce qui amène un abandon prématuré des exploitations sans réaménagement du site et qui constitue un facteur important de dégradation du paysage.

Sur le plan de la pollution et des nuisances, les carrières et gravières peuvent amener parfois des modifications sensibles de l'environnement et les exploitations de gravières, notamment celles situées dans les vallées, peuvent modifier le régime des nappes d'eaux souterraines, voire polluer ces nappes si aucune précaution n'est prise. Elles peuvent aussi augmenter la charge des eaux de surface en particules en suspension et nuire de ce fait à leur biologie. Elles peuvent aussi être une source de nuisances acoustiques.

Pour les exploitations en carrières de roches assez dures ou dures pour la production de granulats ou la fabrication de la chaux, les principaux problèmes de nuisances consistent en émissions de poussières (broyage, tirs d'explosifs, fours à chaux, ciments), de bruits (tamisage, broyage, transport, tirs) et de vibrations (tirs). Ces nuisances peuvent être particulièrement ressenties par la population si la carrière est située au voisinage d'habitations.

L'exploitation des roches tendres (sables et argiles) se fait généralement à la pelle mécanique et conduit souvent à la production d'un certain tonnage de déchets. En dehors de la dégradation du paysage, les exploitations d'argiles peuvent amener des émissions de poussières par temps sec et des rejets d'eaux chargées de matières fines en suspension dans l'environnement. Si ces argiles contiennent des éléments polluants (sulfures, métaux lourds), elles peuvent provoquer une pollution des eaux de surface par oxydation ou échange d'ions. Il faut aussi noter que la filtration avant décharge peut être un problème assez ardu à résoudre.

L'impact des carrières sur l'environnement et le paysage est donc souvent très sensible, mais comme il est essentiel d'arriver à concilier l'extraction des matériaux utiles dans des conditions économiques convenables et la sauvegarde de l'environnement, des mesures sont à prendre à l'échelle communautaire.

Dans cette optique, il a paru utile d'analyser les problèmes de dégradation des paysages, de nuisances et de pollutions occasionnées par les carrières, d'étudier les remèdes utilisés sur le plan technique et de comparer la manière dont ce problème est traité sur le plan législatif dans les différents pays de la C E E afin de tenter d'harmoniser les procédures.

CHAPITRE I

ANALYSE DES PROBLEMES DE DEGRADATION DES PAYSAGES,
DES NUISANCES ET POLLUTIONS OCCASIONNEES PAR LES CARRIERES

1. Bruits et vibrations
2. Emission de poussières
3. Pollution des eaux
4. Dégradation de sites
5. Impact écologique (faune-flore)
6. Impacts socio-physiologiques

1 - BRUITS ET VIBRATIONS

Les sources de bruits et vibrations dans les exploitations de carrières peuvent être classées en deux types :

- celles dues aux machines d'exploitation (criblage, broyage, transport, etc.) qui créent des bruits ayant une nature relativement continue et répétitive
- celles dues aux tirs d'abattage de la roche qui créent des vibrations acoustiques fortes mais de courte durée, qui sont la préoccupation majeure des carriers et des mineurs. En tant que telles nous les étudierons ici plus spécialement.

Concernant les vibrations et bruits dus aux matériels de chantiers, la littérature est relativement pauvre. Ce n'est que ces dernières années que le problème a été étudié au niveau de l'installation globale de la carrière, dans le cadre de la protection de l'environnement.

1.1 - VIBRATIONS DANS LE SOL

1.1.1 - Effets de vibrations transmises par le sol

Elles sont à prendre en compte pour leurs effets sur les personnes, sur les structures et sur les sols.

1.1.1.1 - Effets sur les personnes

Les organismes humains sont particulièrement sensibles aux vibrations transmises par le sol.

Des études montrent que les personnes sont importunées par des vibrations dont le niveau est inférieur au centième de celui qui est admissible pour les immeubles. Les vibrations de vitesse 0,4 mm/s sont déjà perceptibles et on ressent nettement des phénomènes correspondant à des vitesses particulières de 1 mm/s.

Pour des vitesses dépassant 0,5 cm/s, on a déjà des effets que l'on peut qualifier d'inconfortables et au-delà de 2 cm/s, les secousses

ressenties sont brutales et peuvent même avoir pour des personnes non averties, un certain effet traumatisant.

Les effets psychologiques sont d'autant plus désagréables que les fréquences sont plus élevées ; si l'accélération dépasse la valeur g , l'homme couché ou assis a la très désagréable sensation d'être soulevé de son lit ou de sa chaise même si l'amplitude des déplacements n'est que de quelques microns.

Les facteurs psychologiques sont donc très contraignants pour les travaux en site urbain, surtout si les tirs sont fréquents et répétés. Naturellement, la première des choses à faire sera d'avertir et d'informer les gens pour éviter des réactions inconsidérées dues à l'ignorance des problèmes ; on ne fera pas de tirs de nuit, et on sera amené, surtout si des opérations doivent se répéter pendant une assez longue durée, à limiter les vitesses particulières à des valeurs assez basses de l'ordre du cm/s, ce qui, impose une certaine contrainte au constructeur.

1.1.1.2 - Effets sur les constructions

Les mouvements de vibrations qui se propagent dans les terrains vont soumettre les constructions à un régime de vibrations forcées qui engendreront des déformations. Si celles-ci sont trop importantes, les contraintes qui en résulteront pourront donner lieu à des dommages, fissures, cassures, etc..

Les paramètres qui entrent en compte sont :

- la longueur d'onde de la vibration : plus la longueur d'onde est importante, plus la déformation unitaire sera faible,
- la fréquence engendrera des contraintes d'autant plus importantes qu'elle est élevée,
- la fréquence propre de l'ouvrage doit être prise en compte : les vibrations seront d'autant plus dangereuses que l'on s'approche de cette fréquence propre, ou fréquence de résonance.

1.1.1.3 - Effets sur les sols

Dans certains cas, l'effet des vibrations peut engendrer des phénomènes de liquéfaction qui désorganisent un sol apparemment cohérent.

1.1.2 - Mesure des paramètres de la vibration

Les ondes sont enregistrées sur trois capteurs dirigés selon les trois composantes : verticale, horizontale radiale et horizontale transverse. Le paramètre représentatif est la vitesse particulaire, ou vitesse de déplacement du sol (quantité différente de la vitesse de propagation de l'onde considérée dans le terrain traversé. Cette dernière va de 100 m/s à quelques 6.000 m/s pour les terrains de surface, selon le type de terrain traversé).

Les vitesses particulières se situent en général pour les tirs de mines dans des fourchettes allant de 0,02 mm/s à 5,3 m/s (U.S. Bureau of Mines).

1.1.3 - Différents facteurs influençant la vitesse particulaire dans le cas des tirs

De ce qui précède, il ressort que les nuisances seront d'autant plus faibles que les vitesses particulières seront faibles. Il est donc utile de connaître tous les facteurs qui influencent ce paramètre.

1.1.3.1 - Effet de la charge et de la distance

Le US Bureau of Mines a effectué des tests sur plusieurs sites de carrières, avec des explosifs de différents poids et des enregistrements à différentes distances.

La mise en forme relationnelle de la vitesse particulaire avec la charge et le poids W a conduit à la formule

$$v = H_i \left(\frac{D}{W} \right)^{\beta_i}$$

où v = vitesse particulaire

D = distance

W = poids de l'explosif

β_i = coefficient dépendant du site et de la composante étudiée (horizontale, transverse ou radiale)

H_i est la vitesse pour $\frac{D}{W \frac{1}{2}} = 1$ au site i , qui doit être déterminée pour chaque composante.

Le tableau I donne quelques valeurs de β (les indices r , v , t , correspondent aux composantes respectivement radiales, verticales et tangentielles de la vitesse) pour cinq carrières étudiées aux Etats-Unis dans diverses conditions de tir.

1.1.3.2 - Effets géologiques et directionnels et influence du type de roches sur les niveaux de vibrations

a) Effets géologiques directionnels

Dans des carrières ayant une géologie simple stratifiée, les effets directionnels à prévoir sont faibles. Des cassures ou failles importantes dans les massifs peuvent introduire des atténuations d'amplitude pour les vibrations qui les traversent.

b) Influence du type de roche sur les niveaux de vibrations

Des essais ont été faits sur des roches distinctes : calcaires, dolomies, diabases, granites, grès et schistes quartzites.

C'est dans les granites que les amplitudes relevées ont été moindres. Il semble difficile de tirer d'autres conclusions de ces essais. Cependant, de nombreuses données ont été étudiées ; la référence à ces données permet d'avoir une idée de la fourchette de valeurs dans lesquelles on a de grandes chances statistiquement de se trouver (cf. "Explosifs", n° 2, 1973).

TABLEAU I
Résumé - Essais des méthodes d'initiation par carrière

Essais	Nombre de four-neaux de mine	Nombre de retards	Type de retard	Retard (ms)	Charge max. par retard (livre)	Charge totale (livre)	« Intercept » de la vitesse de particule (pouce/s)			Pente moyenne
							H ₁₀₀	H ₁₀	H ₁	
Weaver										
15	291	6	EDC	25	1.100	6.400	—	0.733	—	—
16	147	6	EDC	25	484	3.234	—	1,75	—	—
17	60	6	EDC	25	420	1.680	—	0.463	—	—
19	3	2	PDC	9	200	600	3.97	1.86	0.961	—
20	7	6	PDC	9	200	1.400	2.66	2.18	1.45	—
5	7	6	PDC	17	200	1.400	4.85	3.53	1.52	—
11	15	14	PDC	17	200	3.000	2.92	2.27	1.31	—
6	3	2	PDC	34	200	600	3,00	2,05	0,914	$\beta_r = -1.66$
7	7	6	PDC	34	200	1.400	2,48	1,57	0,819	$\beta_r = -1.66$
13	15	14	PDC	34	200	3.000	2,78	2,32	0,990	$\beta_r = -1.24$
27	13	3	PDC	17	800	2.600	3,63	1,92	1,09	—
9	1	0	INST	0	200	200	2,10	1,86	0,613	—
10	1	0	INST	0	200	200	2,48	1,75	0,698	—
18	1	0	INST	0	200	200	3,13	1,73	1,46	—
2	3	0	INST	0	600	600	2,56	1,46	0,712	—
8	7	0	INST	0	1.400	1.400	2,83	1,70	0,698	—
12	15	0	INST	0	3.000	3.000	2,41	1,16	1,04	—
Flat Rock										
75	36	9	PDC	9	1.072	6.430	1,97	1,67	1,52	$\beta_r = -1.32$
78	36	12	PDC	9	4.620	16.520	1,72	1,28	1,23	$\beta_r = -1.45$
79	1	0	INST	0	468	468	1,48	1,05	0,861	$\beta_r = -0.99$
Bloomville										
36	12	2	EDC	25	840	1.680	2,77	1,48	1,02	$\beta_r = -1.17$
76	31	2	EDC	25	1.218	2.519	2,04	1,26	0,741	$\beta_r = -1.46$
77	1	0	INST	0	80	80	2,71	2,01	1,19	$\beta_r = -1.29$
Shawnee										
81	12	3	EDC	25	612	1.224	0,998	0,719	0,463	$\beta_r = -1.37$
82	13	3	EDC	25	660	1.636	1,15	0,684	0,607	$\beta_r = -1.65$
83	1	0	INST	0	132	132	1,67	1,51	1,40	$\beta_r = -1.40$
Jack										
165	122	7	EDC	25	3.003	16.650	0,970	0,923	0,835	$\beta_r = -1.34$
166	125	7	EDC	25	2.565	16.950	0,923	0,811	0,771	$\beta_r = -1.17$
167	128	7	EDC	25	3.124	18.200	1,36	1,17	1,00	$\beta_r = -1.14$
168	1	0	INST	0	150	150	1,52	1,75	0,861	—

c) Influence de la couverture

Des études du US Bureau of Mines ont montré que l'amplitude de la vitesse des particules n'est pas affectée par l'épaisseur du massif.

Si les déplacements sont plus grands et les fréquences plus basses sur les massifs épais, sur des massifs minces, les différences sont telles que la vitesse particulaire ne s'en trouve pas affectée.

1.1.4 - Limites de sécurité

Les limites de sécurité retenues dans les différents pays sont résumées dans le tableau II. On considère généralement que le risque de dégât est réel pour 50 mm/s pour des habitations de type courant.

Cependant, ces critères doivent être considérés comme relatifs, des modulations intervenant en fonction de la fréquence de la vibration et de la vitesse des terrains dans lesquels elles se propagent.

1.2 - VIBRATIONS AERIENNES ET PROBLEME DU BRUIT EN GENERAL

1.2.1 - Mesure du bruit - Généralités

Le bruit se mesure en fonction d'une loi logarithmique de la variation de pression. Le niveau de pression sonore est défini par :

$$NPS = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 = 20 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right). \text{ Son unité est le décibel.}$$

P_0 est une variation de pression de référence, prise égale à $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$, qui est la variation de pression la plus faible qu'une oreille jeune peut déceler à la fréquence de 1000 Hz.

P est la variation de pression mesurée. La figure 1 donne le niveau sonore correspondant aux différentes variations de pression.

Pression sonore en bar et N/m^2	Niveau sonore en dB		Conditions d'environnement
1 mbar $100 N/m^2$	134	140	seuil de la douleur
100 bar $10 N/m^2$	114	130	raboteuse pneumatique
		120	klaxon puissant (à 1 m)
10 bar $1 N/m^2$	94	110	
		100	intérieur d'un wagon de métro
1 bar $0,1 N/m^2$	74	90	intérieur d'un autobus
		80	trafic moyen angle de rue
0,1 bar $0,01 N/m^2$	54	70	conversation
		60	bureau
0,01 bar $0,001 N/m^2$	34	50	salon en banlieue
		40	bibliothèque
0,001 bar $0,0001 N/m^2$	14	30	chambre à coucher la nuit
		20	studio de radiodiffusion
0,0002 bar $0,00002 N/m^2$		10	
		0	seuil d'audition

Fig. 1 - Pression sonore et niveau sonore correspondant

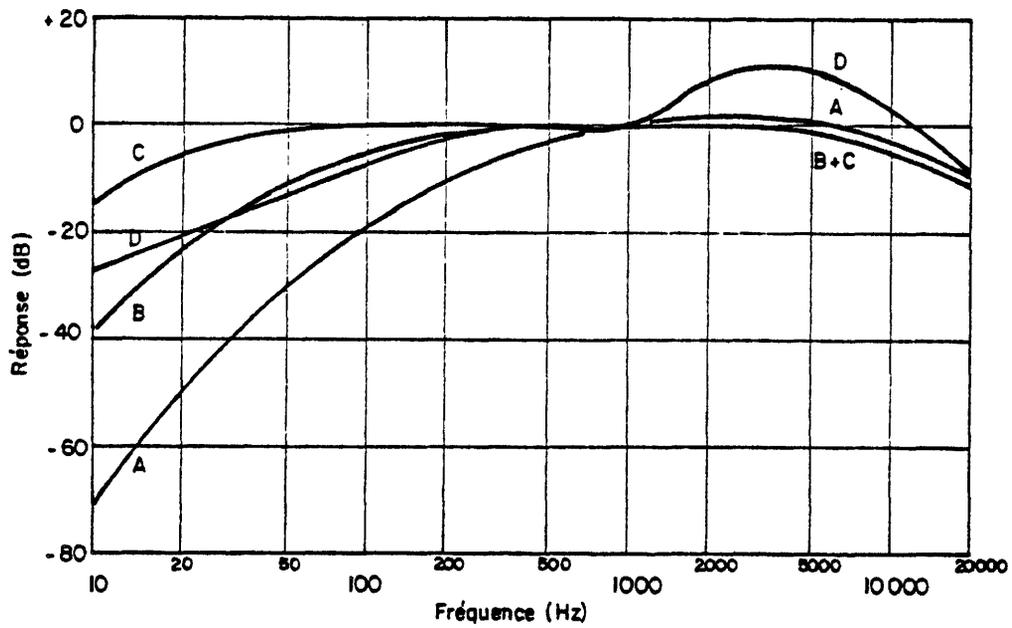


Figure 2 - Courbes de pondération A, B, C, D

Limites de sécurité retenues dans différents pays

Vitesse maxi mm/s	USA Résultats USBM	SUEDE Langefors 1958	RFA Norme provisoire DIN 4150	FRANCE Recommandations AFTEC
75		Seuil de dégâts légers		Valeurs admissibles suivant 3 qualités d'ouvrage 3 types de terrain
50	Probabilité de dégâts < 5 %			
40			Seuil de dégâts pour Batiments solides	
30				
25				
15				
10	Probabilité plaintes faible		Habitations normales	
7,5				
5			Maisons peu solides Monuments	
4				
2,5				
	<u>V résultante</u>	<u>V verticale</u>	<u>V résultante</u>	<u>V résultante</u>

TABLEAU II

1.2.2 - Variations dans le domaine des fréquences

Pondérations A, B, C, D

Si l'oreille n'est pas un récepteur linéaire en intensité de bruit, elle ne l'est pas non plus en fréquence. Elle se caractérise par une courbe de réponse, comme tout récepteur, avec un maximum vers 3500 à 4000 cycles par secondes, qui correspond à la fréquence propre de l'oreille. Il faudrait donc connaître le niveau sonore correspondant à chaque fréquence existant dans le bruit étudié pour en apprécier l'effet sur l'oreille. Cela peut se faire dans certains cas mais on utilise la plupart du temps une mesure unique qui est une moyenne pondérée des niveaux à différentes fréquences.

4 courbes de pondération sont actuellement utilisées, notées A, B, C, D (fig. 2).

La pondération A donne une approximation de la courbe d'égale perception aux faibles niveaux de bruit acoustiques, la pondération B aux niveaux moyens et la pondération C aux niveaux élevés.

La pondération D est une norme utilisée pour la mesure du bruit des avions.

La pondération A est la plus largement reconnue et employée actuellement. La mesure correspondante est notée dBA.

1.2.3 - Variations dans le temps : les paramètres statistiques

La mesure en dBA étant une mesure unique du niveau de bruit qui tient compte de la distribution des fréquences, on s'intéresse alors à la variation de cette mesure dans le temps.

1.2.3.1 - Les paramètres L_N

Une méthode d'appréhension consiste à enregistrer le bruit pendant un temps T, et de calculer le niveau de bruit qui a été dépassé pendant N pour cent du temps d'enregistrement. Ce niveau est un paramètre statistique noté L_N . L_1 et L_{10} servent souvent à calculer les niveaux maximaux de bruits, et L_{90} et L_{99} à calculer le bruit ambiant.

1.2.3.2 - Le paramètre Leq

On définit également un niveau équivalent Leq qui est le niveau d'un bruit constant pendant le temps T contenant la même énergie que le bruit aléatoire mesuré. Sa formulation s'écrit :

$$\text{Leq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{P_0}{P}\right)^2 dt,$$

$$\text{ou encore } \text{Leq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{L(t)}{10} dt,$$

$$\text{où } L(t) \text{ est niveau instantané } L(t) = 10 \log \left(\frac{P(t)}{P_0}\right)^2$$

1.2.4 - Effets sur les personnes

L'exposition au bruit suscite des préoccupations touchant à la qualité de la vie en général, en raison de ses effets sur la santé, de ses effets sur le comportement et sur les activités de l'homme et de ses conséquences psychologiques et sociales.

L'acuité auditive de l'homme n'est pas altérée si le niveau sonore équivalent de son environnement ne dépasse pas 70 décibels en moyenne quotidienne sur l'ensemble de la vie et ne dépasse pas 75 décibels pendant 8 heures par jour. Dans plusieurs pays européens, le seuil de sécurité adopté en vue de prévenir une perte permanente d'acuité auditive correspond à un niveau sonore équivalent quotidien qui ne doit pas dépasser 80 décibels A. L'effet le plus évident du bruit de l'environnement est une simple gêne. La complexité des réactions subjectives est toutefois telle qu'il n'est pas possible de prévoir l'importance de la gêne pour une personne déterminée. On peut néanmoins établir un lien statistique entre le pourcentage de gens qui ressentent une "forte gêne" en un lieu donné et l'intensité du bruit à l'extérieur des bâtiments en cet endroit. Les études les plus récentes montrent que la relation entre l'exposition au bruit et le pourcentage de gens fortement gênés est exponentielle ; presque personne ne ressent de gêne pour un Leq extérieur de 45 dBA, près de 10 % des gens sont gênés pour un Leq de 55 dBA et tout le monde ressent une gêne pour un Leq de 85 dBA. Entre ces deux limites, le pourcentage de personnes "fortement gênées" double approximativement pour chaque augmentation de 10 décibels.

Il apparaît que de 10 à 20 % de la population des pays de l'OCDE vivent dans des zones exposées à des intensités de bruit extérieur supérieures à 65 dBA (Leq quotidien ou Leq sur 24 heures). La valeur de 65 dBA est considérée comme la limite supérieure de la "tolérance" ou de l'"acceptabilité", et dans plusieurs pays, cette valeur sert de base pour la réglementation relative aux indemnités et pour l'isolation acoustique. On notera toutefois que dans une ville comme Paris, près de la moitié de la population vit dans des zones exposées à des niveaux sonores extérieurs supérieurs à un Leq de 65 dBA.

Dans les carrières, comme pour les vibrations transmises par le sol, les vibrations aériennes se classent en deux familles distinctes, celles dues au matériel de chantier, relativement continues et répétitives, et celles dues aux tirs de mine, impulsionnelles, de valeurs beaucoup plus fortes.

1.2.4.1 - Bruits dus au matériel de chantier

Les installations de carrières sont la plupart du temps hors ville, les problèmes de voisinage existent, mais n'ont pas le même retentissement que sur les chantiers courants.

Des mesures ont été faites sur différents chantiers donnant des résultats très variables, selon le type de matériel utilisé. En France par exemple, dès 1970, EDF avait autrefois une campagne de mesures du niveau sonore de certains engins, dont les groupes motocompresseurs travaillant sur ses propres chantiers.

1.2.4.2 - Bruits dus aux tirs de mine

Ceux-ci sont mieux connus. Outre la gêne procurée aux riverains de la carrière, les dégâts tels que bris de vitres, toitures soulevées, sont observés.

On notera que des bris de vitres peuvent avoir lieu pour des pressions de 50 g/cm² (50 millibars), mais parfois dès 7 g/cm² des bris ont été observés selon l'orientation des vitres et la qualité de la monture.

1.2.4.3 - Bruits et vibrations dus au trafic induit par l'exploitation des carrières

Autant les bruits et vibrations précédemment cités sont localisés aux abords immédiats des carrières et peuvent n'intéresser qu'un nombre minimal de personnes, autant les bruits et vibrations dus aux passages des véhicules lourds desservant les carrières peuvent être perçus de façon intermittente mais intense tout au long des itinéraires qu'ils empruntent.

2 - EMISSIONS DE POUSSIÈRES

La littérature est abondante sur le problème de la pollution atmosphérique due aux particules solides en suspension dans l'air, mais une analyse sommaire sur les sources de ces pollutions montre une inégale répartition des publications selon les domaines d'activité.

Les mines ont depuis longtemps déjà abordé le problème (réf. : rapport CEE : lutte technique contre les poussières dans les mines. Rapport de synthèse sur les recherches du 2ème programme 1964-1970, Luxembourg, 1972), cette nuisance étant particulièrement ressentie dans l'espace restreint des galeries souterraines.

Les carrières se sont préoccupés beaucoup plus tardivement du problème. En fait c'est seulement ces dernières années que l'augmentation constante de l'utilisation des matériaux de construction, les programmes toujours plus importants dans le domaine immobilier comme dans celui des travaux publics, ont entraîné dans certains cas une exploitation intensive à haut rendement de certains sites créant un empoussiérement qui a été ressenti comme une nuisance. Un exemple de cette évolution est donné par la carrière de MATAKI, en Suède (cf. chap.2.1) : jusqu'en 1964 la protection contre l'empoussiérement n'a pas été jugée nécessaire.

En 1964, quand il a été décidé d'augmenter la production en donnant à l'usine de concassage une capacité nominale de 900 t/h, les exploitants se sont aperçus que la seule façon d'éviter les risques de silicose (le gisement exploité est constitué de quartzites) était d'empêcher que les poussières siliceuses ne s'échappent des aires de travail. Les procédés mis au point ont effectivement permis d'atteindre un taux de poussière de $0,5 \text{ mg/m}^3$ au lieu des 20 mg/m^3 couramment observé dans les installations classiques.

2.1 - IMPACT DES POUSSIÈRES

Le seul impact important est pratiquement toujours l'impact physiologique. L'impact sur le paysage et sur la visibilité ne sera mentionné ici que pour mémoire.

2.1.1 - Impact des poussières lié à la granulométrie

En atmosphère poussiéreuse, une partie des poussières inhalées (particules ≤ 7 microns) est arrêtée par les voies respiratoires (nez, bouche, trachée, bronches) ; une partie plus fine pénètre dans les alvéoles pulmonaires et s'y dépose. Une troisième partie, parmi les plus fines, est rejetée à l'expiration.

2.1.2 - Impact des poussières lié à leur composition chimique

Parmi les poussières produites par les carrières, les plus fréquemment rencontrées sont la silice ou bioxyde de silice et ses composés les silicates, poussières fibrogènes, qui ont un effet nocif sur les cellules des poumons et ganglions lymphatiques, qu'elles détruisent massivement, altérant ainsi l'architecture alvéolaire du poumon. Leur évolution amène à la silicose, maladie bien connue chez les mineurs.

Les affectations dues aux poussières ont été regroupées sous le nom de pneumoconioses, qui est défini par les experts de l'organisation internationale du travail (1971) comme la conséquence de l'accumulation de poussières dans les poumons et de la réaction des tissus à la présence de ces poussières. La silicose est la pneumoconiose la plus répandue ; on a dénombré 250 à 300 cas par an ces dernières années. Le seuil pathologique est atteint à 37 microgrammes de silice libre par mètre cube d'air (pour les pneumocionioses du Kaolin, le seuil passe à 10 mg/m³).

Le tableau suivant (n° III), extrait de l'encyclopédie du BIT donne la liste des principales poussières industrielles responsables d'affections professionnelles. En fait le seul type de poussière qui apparaît d'après ce tableau comme relevant de l'industrie des carrières est celle issue du quartz.

2.2 - METHODE D'ANALYSE DES POUSSIÈRES EMISES

2.2.1 - Granulométrie

La taille des poussières est un paramètre important qui détermine le comportement des particules. Le terme de poussières ne recouvre pas une définition granulométrique précise. Les carriers utilisent le

terme de fines pour des particules de dimension inférieure à 80 microns. Les particules en suspension ont des dimensions de quelques microns. La figure 3 et la figure 4 montrent les lois de chute des particules en fonction de leur granulométrie.

Le mouvement des particules très fines (< 0,1 micron), est associé au mouvement Brownien du gaz dans le milieu où elles sont diffusées.

2.2.2 - Composition chimique des poussières émises

Elle dépend de la nature de l'exploitation qui la génère. (voir tableau III "Impact sur la santé").

2.2.3 - Les taux d'empoussièrément

Les taux d'empoussièrément sont importants pour connaître les seuils à ne pas dépasser, pour préserver la santé du personnel en place sur la carrière d'abord, pour les problèmes de pollution générale de l'environnement ensuite, et pour que la bonne marche des appareils et machines présents sur le chantier ne soit pas perturbée par un empoussièrage excessif.

Les taux d'empoussièrément peuvent être définis :

- en grammes par m³/jour.
- en nombre de particules par cm³
- en nombre de particules par litre d'air.

Nous résumerons ici les principaux résultats présentés par J.P. LARDEUX (janvier-février 1978 - Les Annales des Mines) "Bilan de 25 ans de prélèvement de poussières en milieu industriel" en nous attachant aux résultats du Comité technique national n° 5, pierres et terres à feu.

Les tableaux des figures 6 et 7 représentent les résultats, respectivement l'empoussièrément N en nombre de particules inférieures à 5 microns par centimètre cube d'air, et l'empoussièrément P en milligramme par mètre cube d'air dans des industries dépendant de ce Comité.

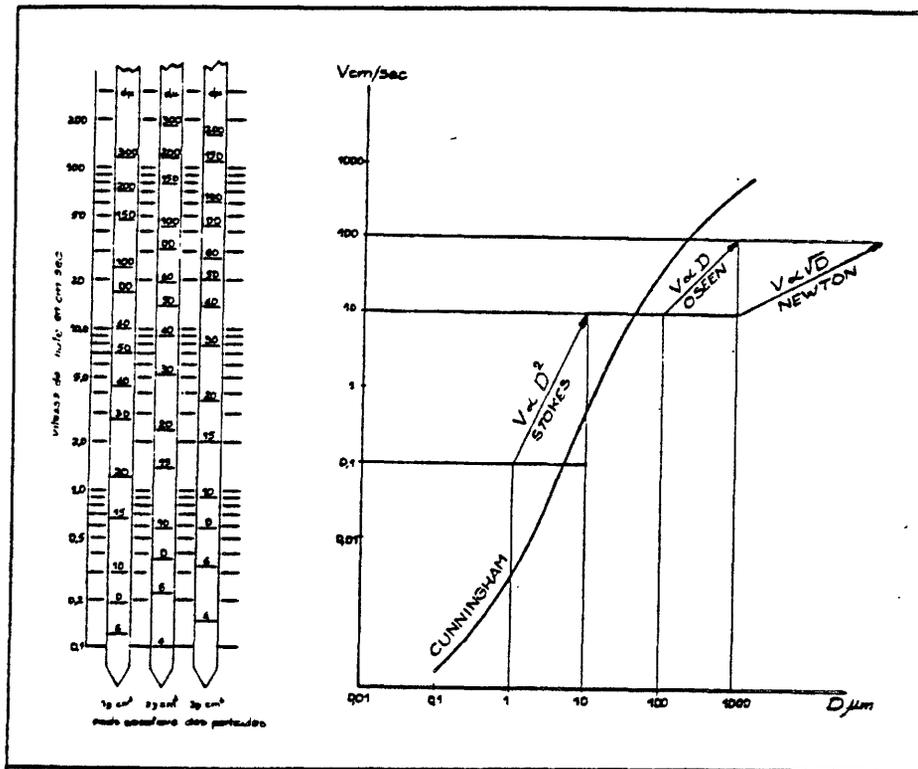


Fig. 3, 4
 - à gauche
 Vitesse de chute des poussières dans l'air à 20°
 - à droite
 Lois suivies par la vitesse de chute des particules selon la granulométrie.

DIAMÈTRE DES PARTICULES EN MICRONS	DIMENSIONS DES IMPURETES ATMOSPHERIQUES	DOMAINE D'EFFICACITE DES SEPARATEURS	PARTICULES CONTENUES DANS 1 m ³ D'AIR (voir note)		VITESSE DE CHUTE DES PARTICULES EN FONCTION DE LEURS DIMENSIONS (délimitations approximatives)	
			Vitesse de chute en cm/s de corps sphériques de même volume que l'a à 21°C	Nombre	Surface en cm ²	Les particules tombent à une vitesse croissante
5000			875			Les particules se déplacent avec une vitesse constante. $v = \sqrt{\frac{4(p_1 - p_2)g}{3\rho_1 \psi}}$ Loi de Stokes: $v = \frac{(p_1 - p_2)g}{18\eta}$ Pour l'air à 20°C et 760 Torr, le viscosité $\eta = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ g/cm} \cdot \text{s}$ Facteur de Cunningham: $v = v' \left(1 + A \frac{\lambda}{r}\right)$ $v' = \text{vitesse selon la loi de Stokes}$ $A = 0,80 - 0,86$
1000	Pluie	Lourdes poussières industrielles	395	2,5	0,076	
			277	2,0	0,157	Les particules se déplacent avec une vitesse constante. $v = \sqrt{\frac{4(p_1 - p_2)g}{3\rho_1 \psi}}$ Loi de Stokes: $v = \frac{(p_1 - p_2)g}{18\eta}$ Pour l'air à 20°C et 760 Torr, le viscosité $\eta = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ g/cm} \cdot \text{s}$ Facteur de Cunningham: $v = v' \left(1 + A \frac{\lambda}{r}\right)$ $v' = \text{vitesse selon la loi de Stokes}$ $A = 0,80 - 0,86$
			29,6	$2,5 \cdot 10^3$	0,76	
100			7,4	$2,0 \cdot 10^4$	1,57	Les particules se déplacent avec une vitesse constante. $v = \sqrt{\frac{4(p_1 - p_2)g}{3\rho_1 \psi}}$ Loi de Stokes: $v = \frac{(p_1 - p_2)g}{18\eta}$ Pour l'air à 20°C et 760 Torr, le viscosité $\eta = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ g/cm} \cdot \text{s}$ Facteur de Cunningham: $v = v' \left(1 + A \frac{\lambda}{r}\right)$ $v' = \text{vitesse selon la loi de Stokes}$ $A = 0,80 - 0,86$
			0,296	$2,5 \cdot 10^6$	7,6	
10			0,074	$2,0 \cdot 10^7$	15,7	Les particules se déplacent avec une vitesse constante. $v = \sqrt{\frac{4(p_1 - p_2)g}{3\rho_1 \psi}}$ Loi de Stokes: $v = \frac{(p_1 - p_2)g}{18\eta}$ Pour l'air à 20°C et 760 Torr, le viscosité $\eta = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ g/cm} \cdot \text{s}$ Facteur de Cunningham: $v = v' \left(1 + A \frac{\lambda}{r}\right)$ $v' = \text{vitesse selon la loi de Stokes}$ $A = 0,80 - 0,86$
			0,0035 12,6 cm/h	$2,5 \cdot 10^9$	76	
1			0,001 3,6 cm/h	$2,0 \cdot 10^{10}$	157	Les particules se déplacent avec une vitesse constante. $v = \sqrt{\frac{4(p_1 - p_2)g}{3\rho_1 \psi}}$ Loi de Stokes: $v = \frac{(p_1 - p_2)g}{18\eta}$ Pour l'air à 20°C et 760 Torr, le viscosité $\eta = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ g/cm} \cdot \text{s}$ Facteur de Cunningham: $v = v' \left(1 + A \frac{\lambda}{r}\right)$ $v' = \text{vitesse selon la loi de Stokes}$ $A = 0,80 - 0,86$
0,4			0,00035 1,26 cm/h	$2,5 \cdot 10^{12}$	760	
0,1				$2,0 \cdot 10^{13}$	1570	Les particules se déplacent comme des molécules de gaz Mouvement Brownien: $\bar{x} = \sqrt{\frac{k T t}{3\pi \eta r}}$
0,01				$2,5 \cdot 10^{15}$	$7,6 \cdot 10^3$	
				$2,0 \cdot 10^{16}$	$1,6 \cdot 10^4$	
0,001				$2,5 \cdot 10^{18}$	$7,6 \cdot 10^6$	

NOTA: On a supposé que les particules sont uniformément sphériques, d'une masse volumique égale à 1 et que la concentration des poussières dans l'air est de 12 mg/m^3

Fig. 5 - Table de Frank

PRINCIPALES POUSSIÈRES INDUSTRIELLES RESPONSABLES D'AFFECTIONS PROFESSIONNELLES

(Extrait de l'encyclopédie du Bureau international du Travail)

Tableau : impact sur la santé

Type de poussière	Composition chimique ou facteurs étiologiques	Localisation industrielle	Partie du corps affectée	Types de réaction	Désignation	Complications	Observations
<i>Quartz et mélanges de poussières quartzifères</i>							
Quartz	SiO ₂ (forme cristalline)	Traitement de la pierre, meulage, travaux miniers	Parenchyme pulmonaire, hile, ganglions lymphatiques	Nodules collagènes	Silicose	Tuberculose	Evolution parfois extrêmement rapide
Kaolin ¹	Al ₂ (SiO ₂ O ₅)OH ₄	Industrie céramique	idem	idem	Kaolinose	idem	
Diatomite ¹	SiO ₂ (amorphe)	Traitement des terres à diatomées	Parenchyme pulmonaire	Fibrose diffuse	Pneumoconiose due à la diatomite		Evolution parfois extrêmement rapide
Talc ¹	Mg ₆ (SiO ₂)OH ₄ + quartz		Parenchyme pulmonaire, ganglions lymphatiques	Nodules collagènes granulomes cellulaires	Talcoses	Epaississement de la plèvre	
<u>Silicates</u>							
Amiante	Silicates fibreux Mg, Ca	Traitement de l'amiante	Parenchyme pulmonaire	Fibrose diffuse	Asbestose	Carconome épaississement de la plèvre	Particule d'amiante dans les crachats ou le tissu pulmonaire

1 - A l'état pur, ces poussières peuvent être considérées comme inertes ; mais dans l'industrie, elles se présentent le plus souvent en association avec le quartz et sont, de ce fait, susceptibles de provoquer des pneumoconioses connues sous le nom de silicose par poussières mixtes

Dans les industries des terres, du broyage et des carrières

$$\begin{array}{l} 400 < N < 35.000 \text{ particules/cm}^3 \quad N_{50} \cong 3.500 \\ \text{et } 1 \text{ à } 3 < P < 4.000 \text{ mg/m}^3 \quad P_{50} \cong 35 \end{array}$$

C'est dans les industries extractives que les valeurs sont les plus fortes et nécessitent un effort de prise en compte pour la santé de leur personnel.

2.3 - METHODES DE MESURE

2.3.1 - Mesures ponctuelles

Une méthode consiste en une aspiration de l'air empoussiéré à l'aide d'une pompe. Des filtres de différents calibres arrêtent les poussières selon leur granulométrie. Une analyse par pesée, ou par des méthodes microscopiques, permet alors de déterminer l'empoussièrement en fonction de fractions granulométriques déterminées à partir des filtres. Des traitements au microscope électronique à balayage permettent d'en déterminer la morphologie (poussières de diamètre supérieur ou égal à 0,1 micron). Cette méthode est utilisée en France par le B.R.G.M..

On peut également utiliser des filtres solubles. Le filtre est alors dissous et les particules mises en suspension sont comptées en hématimétrie.

La mesure des retombées, c'est-à-dire des particules qui sédimentent sur le sol et celles des poussières restées en suspension s'effectue à l'aide des plaquettes et jauges de dépôt. Elles sont exprimées en grammes par mètre carré par mois.

2.3.2 - Mesures automatiques

Elles se font sur de longues périodes et permettent de mesurer les fluctuations d'empoussiérement. On citera pour information les différentes méthodes envisageables :

- les méthodes optiques par opacimètres et tyndallomètres,

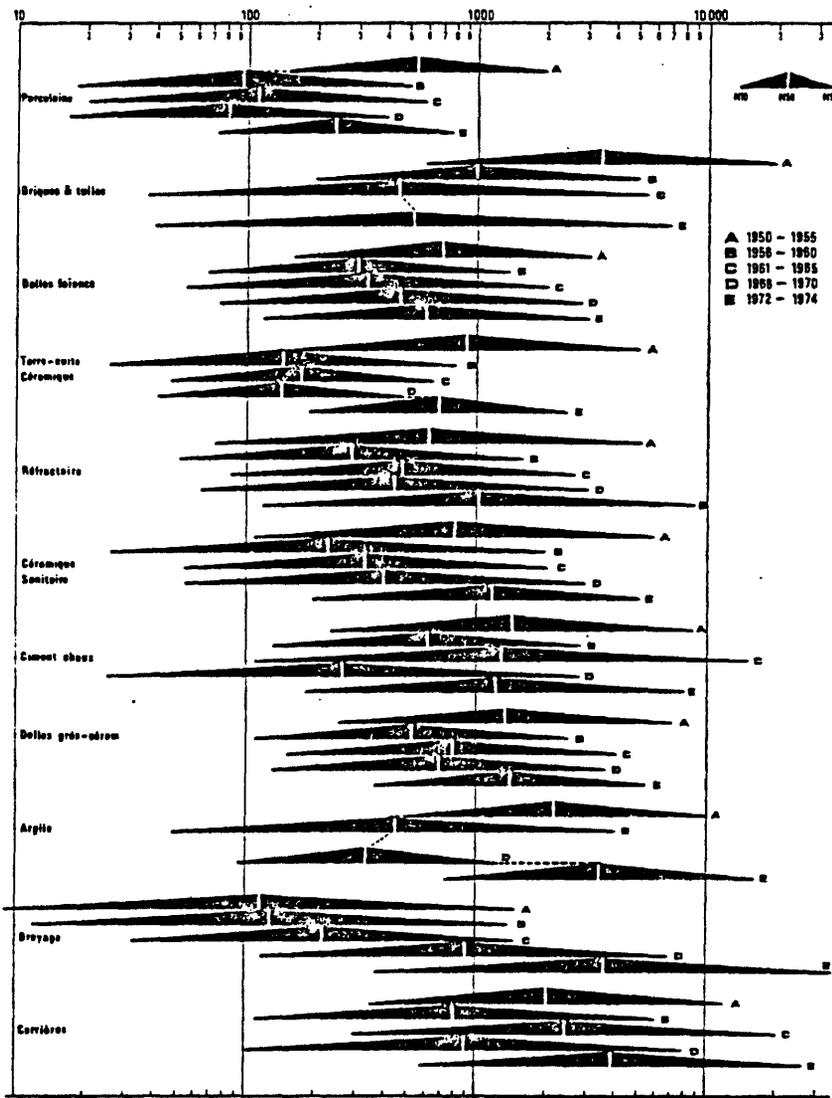


Fig. 6 — Empoussièrement N en nombre de particules inférieures à 5 microns/cm³ d'air dans les industries dépendant du comité technique national 5 (pierres et terres à feu) pour différentes périodes.

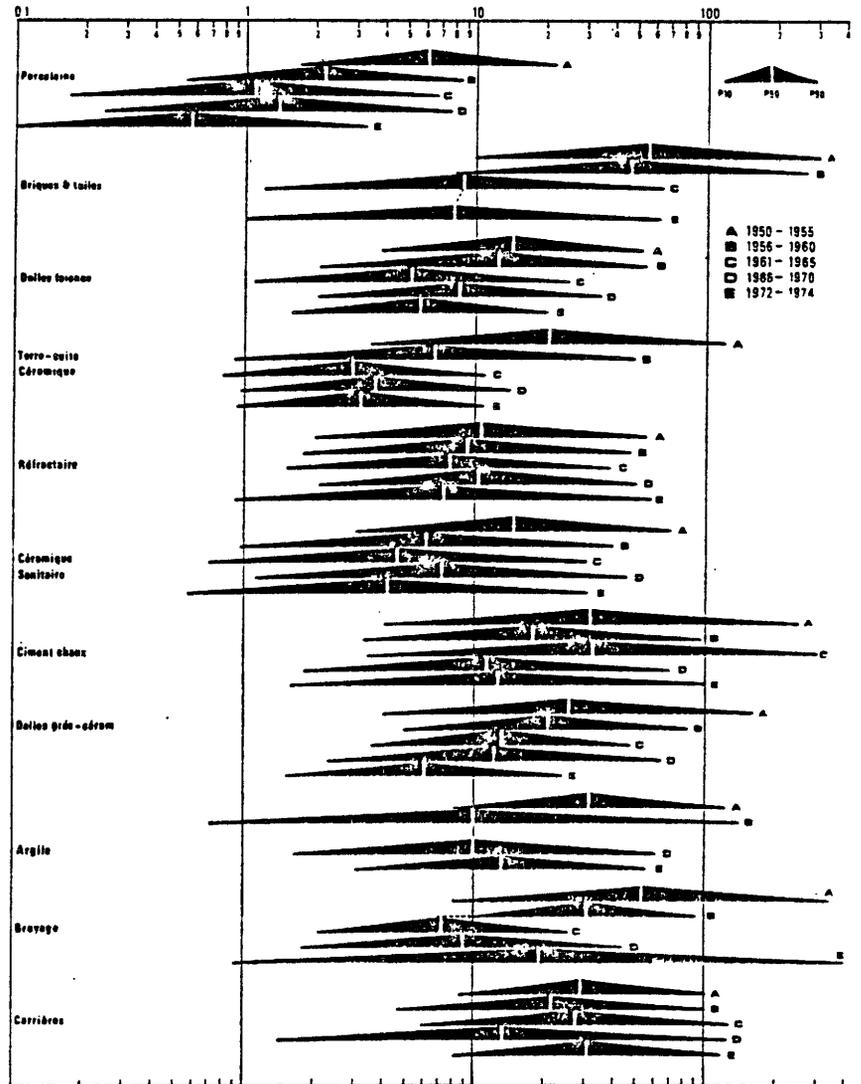


Fig. 7— Empoussièrément P en mg/m^3 d'air dans les industries dépendant du comité technique national 5 (pierres et terres à feu) pour différentes périodes.

- les méthodes électriques basées sur l'ionisation des particules,
- les méthodes par absorption de rayons β , basées sur l'analyse de prélèvements par absorption de rayons β .

Il faut choisir la méthode en fonction du paramètre mesuré que l'on estime prépondérant : granulométrie, concentration, composition chimique, morphologie ou recherche des fluctuations.

2.4 - TROIS EXEMPLES CONCERNANT LES CARRIERES DE CALCAIRES, GRES, QUARTZ ET QUARTZITES ET DE GRANITES ETUDIEES AUX ETATS-UNIS

L'Environmental Protection Agency (USA) a réalisé des études sur les exploitations de ces trois types de matériaux, en collectant les données fournies par de nombreuses carrières implantées sur leur territoire. Si les valeurs en termes absolus ne peuvent être comparées à celles d'un pays européen, du moins en termes relatifs peuvent-elles donner des ordres de grandeur des émissions de poussière à attendre selon l'importance de la production nationale. Nous donnerons les principaux résultats de l'étude, renvoyant pour une information plus exhaustive aux ouvrages d'origine cités en bibliographie.

2.4.1 - Emissions de poussières dues aux industries du granite (USA)

En 1972, il a été dénombré 412 carrières aux Etats-Unis, produisant 96,5 millions de tonnes de granite broyé ou concassé.

Les émissions de particules proviennent de plusieurs postes :

- le forage
- l'abattage à l'explosif
- le transport sur des routes de terre
- le concassage et broyage
- le criblage
- le déplacement par bandes transporteuses
- le stockage.

Le facteur d'émission pour les particules respirables est de 15,3 grammes par tonne, avec une contribution d'environ 88 % pour la seule opération d'abattage où la silice pure représente 27,7 % du poids en moyenne. Les autres constituants sont considérés comme inertes.

Une exploitation de granite typique a un taux de production de 450 tonnes par heure et émet 6,9 kg par heure de poussières respirables et 49 kg par heure de poussière totale.

2.4.2 - Emissions de poussières dues aux exploitations des grès, quartz et quartzites

En 1972, 362 sociétés aux USA produisaient $24,3 \times 10^6$ tonnes de grès, quartz et quartzites.

Les pollutions atmosphériques proviennent des mêmes postes que ceux cités pour les industries du granite, auxquelles peuvent s'ajouter les opérations de lavage.

Le facteur d'émission pour les particules respirables est de 3,6 g/t où les opérations de lavage, criblage, broyage et le déplacement de véhicule sur des routes de terre contribuent à environ 80 %.

Ici aussi la silice est le constituant le plus dangereux.

Une exploitation de grès, quartz et quartzites typique a un taux de production de 454 t/heure et émet des particules respirables (inférieures à 7 microns), au taux de 1,63 kg/heure, l'émission totale de particules étant de 15,7 kg/heure.

2.4.3 - Emissions de poussières dues aux exploitations de calcaires (USA)

En 1972, 1374 sociétés exploitaient 2904 carrières de calcaires aux Etats-Unis.

L'exploitation représentative produit 450 tonnes par heure et émet des particules à différentes étapes de son exploitation (cf. parag. 2.41).

Le facteur d'émission totale est de 3,5 grammes/tonne dont 66 % sont dus aux déplacements des véhicules sur des chemins ou routes en terre.

Le facteur d'émission des particules respirables est de 0,6 gramme par tonne, dont 38 % proviennent des déplacements des véhicules sur chemins non empierrés ou non bitumés.

Là aussi la silice est le constituant le plus dangereux (1,2 % en poids). Les oxydes d'azote et le mono-oxyde de carbone, émis par les opérations d'abattage, sont négligeables au regard de ces émissions particulières.

3 - POLLUTION DES EAUX

3.1 - POLLUTION CHIMIQUE ET PHYSIQUE DES EAUX DE SURFACE

3.1.1 - Pollution chimique

En dehors de pollutions accidentelles, les eaux superficielles peuvent être polluées par l'exploitation des carrières du fait :

- du déversement d'huiles et d'hydrocarbures utilisés par les engins d'extraction
- du rejet de produits chimiques nécessaires à la séparation de certains minerais exploités en carrière à ciel ouvert, tels que la barytine, la fluorine, l'uranium...
- de la mise à nu de certains gisements sur lesquels les eaux de pluie, en ruisselant, se chargent de minerais pouvant être, à faible dose, à l'origine de pollutions de cours d'eau
- de bacs de décantation défectueux qui peuvent laisser s'échapper des eaux chargées en produits polluants.

3.1.2 - Pollution physique

La pollution physique est due en majeure partie à la mise en suspension dans l'eau des rivières de particules minérales de petite taille, phénomène dû :

- soit à un mauvais traitement des eaux de lavage utilisées pour l'exploitation (dû très fréquemment au sous-dimensionnement ou au comblement des bacs de décantation...),
- soit à la nature même de l'exploitation (ballastière, gravière situées dans le lit mineur des rivières).

Les rejets de matières minérales en suspension accroissent la turbidité de l'eau réduisant ainsi la pénétration de la lumière dans l'eau et donc la photosynthèse, mécanisme par lequel les plantes ou les algues dotées de pigments produisent, à partir de gaz carbonique, d'eau, et grâce à l'énergie lumineuse, de l'oxygène et de la matière organique indispensables à la reproduction et à la croissance du plancton. La réduction de la photosynthèse amène donc à la baisse de productivité d'un

cours d'eau, à son appauvrissement. Certaines études ont démontré que ces seuls aspects peuvent entraîner une baisse très sensible de la qualité piscicole des cours d'eaux (cet aspect est développé dans le paragraphe 5).

Dans des cours d'eau dont le courant est faible, les dépôts de fines amènent une réduction de la DBO par entraînement des matières organiques en suspension dans l'eau. Dans l'ensemble, la décantation des boues est un phénomène très favorable à l'auto-épuration car elle permet de faire disparaître de l'eau courante une "quantité de DBO" très supérieure à la bio-dégradation normale. Toutefois, la remise en suspension des boues (ex. : au moment d'une crue) provoquera un pic de DBO pouvant être très nocif à la vie du cours d'eau. Notons également que les matières polluantes, en se décantant, localisent la consommation d'oxygène dans certaines zones où l'on a :

- une consommation due aux éléments polluants en suspension
- une consommation par les boues de fond déposées
- une faible aération du fait de la faible vitesse du courant.

Tout ceci fait que les zones de dépôt de boues sont particulièrement critiques.

En ce qui concerne les extractions de matériaux pratiquées dans le lit même des cours d'eau, d'autres effets s'ajoutent à l'augmentation de la turbidité.

Les modifications apportées à la ligne d'eau des rivières par l'extraction occasionnent des perturbations dans l'écoulement des eaux qui se traduisent :

- en amont par une augmentation de la pente de la ligne d'eau, d'où une érosion régressive du lit et son enfoncement. (On cite pour exemple dans le cours de l'Allier un affouillement de l'ordre de 2 m au pied de la pile d'un pont).
- en aval, par une réduction de la pente due à la diminution brutale de la capacité de transport solide du cours d'eau ; il s'ensuit la constitution d'un piège à sédiments.

- sur les berges, par l'érosion de celles-ci.

Une autre pollution physique est à signaler, il s'agit du réchauffement des eaux des rivières du fait de la multiplication de carrières (ballastières). sur leurs rives.

Excepté quelques situations particulières qui résultent d'aménagements hydrauliques, les cours d'eau sont en général alimentés par les nappes d'eaux souterraines de leur vallée.

L'ouverture d'une ballastière ne modifie pas en général cette situation, mais elle met en contact avec l'atmosphère un certain volume d'eau de nappe. Ceci a pour effet d'augmenter les échanges thermiques entre nappe et atmosphère. Il s'ensuit que les eaux qui se dirigent vers la rivière soit au travers de la masse d'alluvions, soit directement par un canal de liaison, sont à certaines périodes à une température assez élevée, de sorte qu'il peut en résulter une élévation de la température du cours d'eau.

Dans le cas d'une liaison directe avec le cours d'eau, l'élévation de température est fonction des températures et des débits respectifs du plan d'eau de la carrière et de la rivière. Dans l'autre cas, le problème est plus complexe. Une étude réalisée en Haute-Normandie par le Service géologique régional du B.R.G.M. a tenté de l'appréhender.

Vingt sites ont été choisis sur lesquels ont été pratiquées des mesures de température et de débit au cours de la période de canicule de l'été 1975. L'étude a montré que l'élévation de température subie par le cours d'eau était au plus de :

- 0,2° C dans 25 % des cas
- 0,4° C dans 50 % des cas
- 0,8° C dans 75 % des cas

et des valeurs maximales enregistrées de 1,8° C.

Une relation semble pouvoir être établie entre l'élévation de température subie par la rivière et, dans l'ordre d'importance, les facteurs suivants :

- débit de la rivière,
- distance de la ballastière à la rivière,
- surface de la ballastière,
- longueur de la ballastière dans le sens parallèle à la rivière,
- degré de colmatage de la rivière.

Au-delà de 50 m de distance entre ballastière et rivière, l'effet thermique est nul.

Selon certains spécialistes des questions piscicoles, il y a lieu de craindre un possible effet cumulatif des effets thermiques dus à chaque ballastière.

Dans le cas d'exploitations dans le lit du cours d'eau, il est probable que les effets thermiques sont nuls, sinon parfaitement négligeables.

3.2 - POLLUTION CHIMIQUE ET PHYSIQUE DES EAUX DE NAPPE

3.2.1 - Pollution chimique

D'une manière générale, les études réalisées sur les interactions entre carrières et nappes souterraines ont montré que la mise à nu d'une nappe phréatique lors de l'extraction de matériaux n'altérerait pas la qualité chimique de l'eau souterraine.

On observe certes quelques effets, mais ceux-ci iraient plutôt dans le sens d'une amélioration de la qualité.

Le contact avec l'atmosphère et par ailleurs l'action photosynthétique de la végétation aquatique enrichissent en effet les eaux en oxygène dissous ; il s'ensuit une augmentation du pH et une diminution de la concentration en gaz carbonique qui provoque la précipitation des carbonates de calcium et de magnésium donc une diminution de la dureté de l'eau (titre hydrotimétrique) et une augmentation de la résistivité. Par ailleurs, l'oxydation du fer et du manganèse provoque leur précipitation sous forme d'oxydes.

Les gravières récentes forment en définitive des milieux oxydants. Elles sont de ce point de vue favorables à la qualité des eaux.

Le vieillissement des plans d'eau est marqué par un développement très conséquent de la flore aquatique, l'action des micro-organismes et l'envasement des fonds qui conduisent à la réalisation de conditions anaérobies au fond des gravières. Cette évolution s'accompagne du colmatage progressif des plans d'eau. Ceux-ci constituent peu à peu des milieux de plus en plus individualisés par rapport aux cours d'eau et aux eaux souterraines avoisinants. Les interactions possibles entre ces milieux sont alors très limitées.

Par contre, le colmatage a une influence sur l'écoulement souterrain d'une nappe et constitue alors un facteur essentiel de l'influence d'une gravière sur la nappe, la carrière constituant dans ces conditions un obstacle à contourner par les écoulements souterrains : le niveau de la nappe s'élève à l'amont et est rabattu à l'aval. Les débits d'échange entre la nappe et la gravière sont réduits au minimum et les risques de pollution de la nappe sont faibles.

Au contraire, dans les carrières non colmatées, il se produit une convergence des filets liquides vers l'excavation. Les débits d'échange entre la nappe et la gravière sont, dans ces conditions, maximaux, les risques de pollution sont forts.

De plus, la transmissivité effective d'un aquifère au voisinage d'une ballastière dépend du degré de colmatage de celle-ci. Dans le cas de sablière où la totalité des matériaux n'a pas été extraite en profondeur et dans la mesure où les berges et le fond ne sont pas colmatés, les écoulements d'eau naturelle se feront préférentiellement à travers la carrière où la transmissivité est infinie.

C'est l'inverse dans les sablières colmatées où les écoulements ne peuvent se faire qu'à travers les formations restées en place : la transmissivité effective est diminuée par rapport à la transmissivité naturelle.

En dehors de ces aspects, les carrières en eau augmentent l'exposition des eaux aux pollutions et c'est là qu'il y a un problème.

On relève en effet trop souvent dans les plans d'eau de carrières des indices de pollution chimique. Ceux-ci ne résultent pas directement de l'exploitation au cours de laquelle les pollutions chimiques sont souvent négligeables, mais de divers rejets (ordures, déchets multiples, huiles de vidange, etc.) qui ont lieu sur le site une fois l'extraction terminée. Les pollutions des eaux de la nappe sont alors fonction de la nature et de la qualité des produits déversés, ainsi que des paramètres hydrogéologiques et hydrodynamiques du site.

3.2.2 - Pollution physique

On signalera uniquement la possibilité d'un réchauffement des eaux de la nappe du fait de nombreuses et vastes carrières non colmatées où l'eau est chauffée par le rayonnement solaire.

3.2.3 - Normes communautaires de qualité des eaux

A titre indicatif, on trouvera dans les tableaux qui suivent les spécifications requises pour des eaux destinées à l'alimentation humaine, après traitement (n° IV, V).

Annexe au paragraphe 41 : Conseil de l'Europe :

Qualités limites des eaux brutes d'origine superficielle destinées à la production d'eau en vue de la consommation humaine (art. 17, paragraphe 1 (a) de la Convention)

		A1 (1)		A2 (2)		A3 (3)			
		I = impératif		R = recommandé					
Paramètres	Unités	I	R	I	R	I	R	Méthodes d'analyse de référence	Notes et observations
FACTEURS ORGANOLEPTIQUES									
Coloration	Pt mg/l	< 20	< 10	< 100	< 50	< 100(a)	< 50	Echelle platinocobalt	
Odeur (valeur de seuil)			< 3	(b)	< 10	(b)	< 20	Selon "Standard methods"	
Température	°C	< 25(c)	< 22	< 25(c)	< 22	< 25(c)	< 22	Degrés centigrades à 0,1 près.	
FACTEURS PHYSICO-CHIMIQUES									
pH		6,5-8,5		6,5-8,5		6,5-8,5		Electrométrique	(4) Pour ce qui est de la résistivité, la grandeur de ce paramètre est l'inverse de celle de la conductivité, à savoir RE 1/1000
Conductivité(4)	µS/cm		< 1000		< 1000		< 1000	Pont de Wheatstone à 20°C, µS/cm (micro-Siemens/cm)	
Chlorures	Cl mg/l		< 200		< 200		< 200	Méthode de Mohr	
Sulfates MES totales	SO ₄ mg/l mg/l	< 150		< 150		< 150		Gravimétrie versenate séché à 110°C	
O ₂ immédiat (d)	O ₂ mg/l		> 7		> 5		> 4	Méthode de Winkler	

(a) valeur communautaire 200 mg/l

(b) pas de valeurs communautaires impératives

(c) valeurs impératives ajoutées conformes aux normes communautaires

(d) paramètre communautaire : taux de saturation

TABEAU IV

		A1 (1)		A2 (2)		A3 (3)			
		I = impératif		R = recommandé					
Paramètres	Unités	I	R	I	R	I	R	Méthodes d'analyse de référence	Notes et observations
FACTEURS INDESIRABLES									
Nitrates (5)	NO ₃ mg/l	≤ 50(e)	≤ 25	≤ 50(e)	≤ 25	≤ 50 (e)	≤ 25	Acide phénoldisulfonique Salicylate de soude	(5) Valeurs devant être réexaminées lorsque les normes établies par l'OMS feront l'objet d'une révision
Ammoniaque	NH ₄ mg/l		≤ 0,05	≤ 1(f)	≤ 0,5(f)	≤ 2	(f)	Réactif de Nessler ou distillation	
Azote Kjeldahl (NO ₃ excepté)	N mg/l		≤ 1		≤ 2	≤ 3		Méthode de Kjeldahl, NO ₃ exclu	
Oxydabilité à froid en milieu acide	O ₂ mg/l		(6)		(6)		(6)		(6) Valeur à fixer selon procédure art. 29
Oxydabilité à chaud en milieu alcalin	O ₂ mg/l		(6)		(6)		(6)	Méthode au permanganate à 10 minutes à l'ébullition en milieu alcalin	
DBO ₅	O ₂ mg/l		≤ 3		≤ 5		≤ 7		
TOC (dissous)	C mg/l		≤ 3(7)		≤ 5(7)		≤ 8(7)	Méthode de Beckman	(7) Valeurs provisoires, devant être réexaminées selon procédure art. 29
DCO	O ₂ mg/l	(8)		(8)			≤ 30	Méthode du bichromate en milieu acide sulfurique	(8) Valeur inférieure à 30 à fixer selon procédure art. 29
SEC	mg/l		≤ 0,1		≤ 0,2		≤ 0,5	Extraction chloroformique	
Hydrocarbures dissous ou émulsionnés	mg/l	≤ 0,03 (g)	≤ 0,01 (g)	≤ 0,5 (g)		≤ 1 (g)	≤ 0,5	Après extraction par éther de pétrole	(9) Pour les qualités A1 et A2 les valeurs indiquées ne concernent que les agents anioniques, mais elles s'appliquent sans préjudice des normes minimales de l'Annexe 1 concernant les agents anioniques et non-ioniques réunis
Phénols (2 méthodes)	mg/l	≤ 0,001		≤ 0,005 (h)		≤ 0,04 (h)		Paranitraniline et 4 aminoantipyrine	
Bore total	B mg/l		≤ 1		≤ 1		≤ 1		
Substances actives au bleu de méthylène (détergents) (9)	TBS mg/l		≤ 0,2		≤ 0,2				

(e) valeurs impératives modifiées conformes aux normes communautaires

(f) valeurs communautaires : A₂ 1,5 (I) 1 (R) :

A₃ 4

(g) valeurs existantes différentes des normes communautaires

(h) valeurs existantes différentes, des normes communautaires

TABLEAU IV (Suite)

		A1 (1)		A2 (2)		A3 (3)					
		I = impératif				R = recommandé					
Paramètres	Unités	I	R	I	R	I	R	Méthodes d'analyse de référence	Notes et observations		
FACTEURS INDESIRABLES (suite)											
Fe dissous	Fe mg/l	< 0,3	< 0,1	< 2 (i)	< 0,1 (i)	< 0,1 (i)	0,7-1,7 (i)	Sulfocyanure de potassium dipyridyl, ortho-phenanthroline dimethyl-glyoxine			
Manganèse	Mn mg/l		< 0,05		< 0,1		< 0,5 (j)	Persulfate ou absorption atomique			
Cuivre	Cu mg/l	< 0,05 (k)	< 0,02 (k)		< 0,05		< 1 (k)	Absorption atomique ou diethyldithiocarbamate			
Zinc	Zn mg/l	(6) (1)	< 0,5 (1)	(6) (1)	< 1 (1)	(6) (1)	< 1 (1)	Absorption atomique dithizone	(6) Valeurs à fixer selon procédure art. 29		
Phosphates	P total mg/l		< 0,15 (m)		< 0,30 (m)		< 0,30 (m)	Méthode céruleo molybdique			
Fluor	F mg/l	< 1,5	< 0,7 (n)	< 1,5 (n)	< 0,7 (n)	< 1,5 (n)	< 0,7 (n)	Réactif zirconium alizarine			
Cobalt total (10)	Co mg/l							AT	(10) Valeurs à fixer selon procédure art. 29 après que des normes auront été établies par l'OMS		
FACTEURS TOXIQUES											
Arsenic	As mg/l	< 0,05		< 0,05		< 0,1	(o)	AT	(10) Valeurs à fixer selon procédure art. 29 après que des normes auront été établies par l'OMS		
Béryllium total (10)	Be mg/l										
Cadmium	Cd mg/l	< 0,005	(p)	< 0,005	(p)	< 0,005	(p)	AT			
Cyanure	CN mg/l	< 0,05		< 0,05		< 0,05		AT			
Chrome total (q)	Cr mg/l	< 0,05		< 0,05		< 0,05		AT			
Mercure	Hg mg/l	< 0,001	(r)	< 0,001	(r)	< 0,001	(r)	AT			
Nickel total (10)	Ni mg/l							AT			
Plomb	Pb mg/l	< 0,05		< 0,05		< 0,05		AT			
Sélénium	Se mg/l	< 0,01		< 0,01		< 0,01		AT			

- (i) valeurs proposées conformes aux normes communautaires : (j) valeur communautaire : 1 mg/l
(k) valeurs proposées conformes aux normes communautaires : (1) valeurs recommandées proposées conformes aux normes communautaires ; valeurs impératives à fixer selon procédure art. 29.
. (m) valeurs proposées pour A2/A3 conformes aux normes communautaires ; valeur existante pour A1 maintenue.
. (n) valeurs existantes différentes des normes communautaires
(o) valeur A3 (R) biffée
(p) valeurs recommandées biffées
(q) auparavant chrome VI
(r) valeurs recommandées biffées

TABLEAU IV (Suite)

		A1 (1)		A2 (2)		A3 (3)			
		I = impératif				R = recommandé			
Paramètres	Unités	I	R	I	R	I	R	Méthodes d'analyse de référence	Notes et observations
FACTEURS TOXIQUES (suite)									
Pesticides et produits apparentés (composés organohalogénés persistants, insecticides ou divers, insecticides organophosphorés (éventuellement chlorés) et carbamates inhibiteurs d'acétyl-cholinestérase, herbicides, fongicides)		< 0,001 (s)		< 0,0025 (s)			< 0,005 (s)	Extraction par solvants appropriés et détermination chromatographique ou spectrophotométrique	
Composés aromatiques polycycliques	mg/l	<0,0002		<0,0005 (t)		< 0,001			
Baryum	Ba mg/l	<0,1(u)		< 1(u)		< 1 (u)		Gravimétrie	
FACTEURS MICROBIOLOGIQUES									
Coliformes totaux à 37°C	/100ml		< 50 (11)		<5000 (11)		<50000 (11)	Membrane filtrante	(11) Chiffres n'ayant qu'une valeur indicative retenus provisoirement pour marquer l'importance des caractéristiques bactériologiques des eaux brutes, et devant être précisés ultérieurement dans le cadre de la procédure à l'article 29 de la Convention
Coliformes fécaux à 44°C	/100ml		< 20 (11)		<2000 (11)		<20000 (11)	Membrane filtrante	
St. fécaux			<20 (11)		<1000 (11)		<10000 (11)	Membrane filtrante	
Salmonelles		Absence dans 5 l (11)		Absence dans 1 l (11) (v)					
Radioactivité (12)									

(s) valeurs proposées conformes aux normes communautaires

(t) valeur communautaire : 0,0002 mg/l

(u) valeurs proposées conformes aux normes communautaires

(v) libellé proposé conforme à la définition communautaire

TABLEAU IV (fin)

Annexe au paragraphe 41 : Conseil de l'Europe

Qualités limites des eaux brutes d'origine superficielle destinées aux fins récréatives

Compte tenu des exigences de l'hygiène et de l'esthétique
(article 17, paragraphe 1(e) de la Convention)

Avant d'attribuer au cours d'eau international relevant de sa compétence ou à une de ses sections la vocation d'être utilisé aux fins récréatives, la commission internationale s'assurera que l'état des eaux en question soit satisfaisant pour ces fins en ce qui concerne celles de leurs conditions qui sont énumérées ci-après :

La distance à respecter entre le premier déversement d'eaux résiduaires épurées et le lieu de baignade, l'eutrophisation des eaux (qualité du phytoplancton recueilli dans la zone de baignade), l'odeur de l'eau, la présence éventuelle des pesticides, l'apparition des matières flottantes, la qualité de la vase

QUALITES-LIMITES POUR LA FIXATION DE NORMES PARTICULIERES

Paramètres	Unités	I = impératif	R = recommandé	Méthodes d'analyse de référence	Notes et observations
		I	R		
FACTEURS ORGANOLEPTIQUES					
Coloration		Pas de changement anormal de la couleur		Inspection visuelle ou photométrique aux étalons de l'échelle Pt-Co	
Transparence	m	1	1,5 (1)	Disque de Secchi	
FACTEURS PHYSICO-CHIMIQUES					
pH	pH	6,5-8,5 (2)		Electrométrie avec calibration aux pH 7 et 9	Dépassements jamais < 6 ni > 9
Matières en suspension	mg/l M.E.S.		25	Par filtration ou centrifugation, pesage après séchage à 105°C	Ne s'applique qu'aux eaux douces
Index de saturation	% O ₂	50 - 150	30-120	Méthode de Winkler Méthode électrométrique (oxygène-mètre)	Valeurs pour les eaux saumâtres : I = 50, R = 80
FACTEURS INDESIRABLES					
Nitrates (3) et phosphates	mg/l NO ₃ mg/l PO ₄			Spectrophotométrie d'absorption à l'aide d'un réactif spécifique	Ces paramètres doivent être vérifiés par les autorités compétentes lorsqu'il y a tendance à l'eutrophisation des eaux
Ammoniaque	mg/l NH ₄		1	Spectrophotométrie d'absorption Réactif de Nessler Méthode au bleu indophenol	Ne s'applique qu'aux eaux douces
Azote Kjeldahl	mg/l N		2	Méthode de Kjeldahl	Ne s'applique qu'aux eaux douces

(1) valeur communautaire : 2 m

(2) valeur communautaire : 6-9

(3) il est proposé d'inclure ce paramètre dont le libellé est conforme à celui des normes communautaires

TABLEAU V

Paramètres	Unités	I = impératif	R = recommandé	Méthodes d'analyse de référence	Notes et observations
		I	R		
FACTEURS INDESIRABLES (suite)					
Indices phénols (4)	mg/l C ₆ H ₅ OH	absence d'odeur spécifique < 0,05	< 0,005	Vérification de l'absence d'odeur due au phénol Spectrophotométrie d'absorption Méthode à la 4-aminoantipyrine (4 A.A.P.)	Valeurs chiffrées non applicables aux eaux saumâtres
Substances tensio-actives pour celles réagissant au bleu de méthylène	mg/l lauryl sulfate de Na	Pas de mousse persistante	< 0,3 (5)	Par inspection visuelle de la zone de baignade Spectrophotométrie d'absorption au bleu de méthylène	
Résidus goudronneux			Pas de résidus goudronneux visibles sur l'estran	Inspection visuelle	S'applique uniquement aux eaux saumâtres
Huiles minérales		Pas de film visible à la surface de l'eau et absence d'odeur (6)	< 0,3 (6)	Inspection visuelle et olfactive Extraction sur un volume suffisant et pesée du résidu sec	
FACTEURS TOXIQUES					
Arsenic Cadmium Cyanures Chrome total Mercure Plomb	mg/l As mg/l Cd mg/l CN mg/l Cr mg/l Hg mg/l Pb			AT AT AT éventuellement précédée d'une extraction AT AT	Il appartiendra aux commissions internationales compétentes de chiffrer, le cas échéant, les valeurs, compte tenu de la vocation des eaux brutes d'origine superficielle pour la production d'eau en vue de la consommation humaine (Qualité A1)
Pesticides (7) (parathion, HCH, dieldrine)	mg/l			Extraction par solvants appropriés et détermination chromatographique	
FACTEURS MICROBIOLOGIQUES					
Coliformes totaux	Col. totaux par 100 ml	10 000	(8)	1° Fermentation en tubes multiples. Repiquage des tubes positifs sur milieu de confirmation	

(4) libellé et valeur proposés conformes aux normes communautaires

(5) chiffre proposé conforme à la valeur communautaire

(6) libellé et valeur proposés conformes aux normes communautaires

(7) il est proposé d'inclure ce paramètre dont le libellé est conforme à celui des normes communautaires

(8) norme communautaire : 500

TABLEAU V (Suite)

Paramètres	Unités	I = impératif	R = recommandé	Méthodes d'analyse de référence	Notes et observations
		I	R		
FACTEURS MICROBIOLOGIQUES (suite)					
Coliformes fécaux	Col. fécaux par 100 ml	2.000	(9)	1° Dénombrement selon N.P.P. (nombre le plus probable) ou 2° Filtration sur membrane et culture sur un milieu approprié par exemple gélose lactosée au tergitol, gélose d'endo, bouillon au teepol 0,4 repiquage et identification des colonies suspectes Pour 1° et 2° température d'incubation variable selon que l'on recherche les coliformes totaux ou les coliformes fécaux	
Streptocoques fécaux	Streptocoques fécaux par 100 ml	200 (10)		1° Méthode de Litsky Dénombrement selon N.P.P. (nombre le plus probable) 2° Filtration s/membrane Culture s/un milieu approprié	
Clostridium sulfite réducteur	par 20 ml	2		Après chauffage de l'échantillon à 80° C, dénombrement des spores par - ensemencement dans milieu type - filtration sur membrane - répartition en tubes de milieu (D.R.C.M.) (differential reinforced clostridial medium) Dénombrement selon N.P.P. (nombre le plus probable)	S'applique uniquement aux eaux douces
Virus	PFU par 10 l	(11)		Concentration par filtration par floculation ou par centrifugation et confirmation	S'applique uniquement aux eaux douces Valeur à fixer selon procédure art. 29
Salmonella	Salmonella par 1 L	0		Concentration par filtration sur membrane. Inoculation sur milieu type. Enrichissement - repiquage sur gélose d'isolement - identification	S'applique uniquement aux eaux douces

(9) norme communautaire : 100
(10) norme communautaire : 100
(11) norme communautaire : 0

TABLEAU V (Fin)

4 - DEGRADATION DES SITES

L'extraction des matériaux entraîne presque toujours une altération de la qualité des paysages et, ultérieurement, une remise en cause de la vocation des terrains occupés.

4.1 - POLLUTION VISUELLE

a) Toute carrière introduit une discontinuité dans le paysage ; elle crée, par sa simple existence, des contrastes :

- de forme : bouleversement des pentes (ex. : passage d'un versant arrondi à un front de taille subvertical), des lignes de crêtes
- de couleurs : la couleur de la roche mise à nu peut plus ou moins bien s'intégrer dans le paysage ; l'effet de contraste sera évidemment maximal dans le cas de carrières de matériaux clairs exploités à flanc de relief (craie, calcaires...) où la réverbération est violente.

De ce fait, les carrières sont souvent perçues comme une "bles-sure" dans le paysage.

Néanmoins, dans certains cas, l'existence d'un front de carrière puissant et subvertical peut revêtir un aspect positif, voire attrayant, constituant ainsi un point fort du paysage.

b) L'apparence chaotique des carrières de matériaux meubles constitue un impact visuel négatif, et, de ce fait, attire souvent les décharges sauvages (pollution renforcée). De plus, dans le cas des ballastières, on assiste bien souvent au "mitage" d'une vallée par la multiplication de trous dispersés çà et là.

Enfin, les ballastières ont la plupart du temps des formes géométriques, rigides, dues aux techniques d'exploitation, constituant des fosses ou plans d'eau à rives linéaires qui ne s'intègrent pas au paysage. Il conviendrait que l'exploitant arrondisse les angles des bassins au fur et à mesure de l'extraction, afin de préparer l'aménagement futur, celui-ci visant à obtenir des plans d'eau de forme naturelle.

c) Les installations et les véhicules contribuent largement à la dégradation visuelle des sites : c'est pourquoi la localisation et l'apparence des équipements (broyage, classification, manutention) sont des problèmes majeurs, résolus en partie par un choix judicieux des couleurs de peinture et la création de masques.

4.2 - AFFECTATION DES TERRAINS

L'extraction des matériaux remet en cause les activités humaines antérieures ; il faut, par la suite, reconsidérer l'usage du milieu.

Deux cas peuvent se présenter : soit le terrain laissé par la carrière constitue l'ébauche d'un nouveau milieu (étendues d'eau des gravières, carrières en eau), soit il s'agit d'un terrain "vierge" - à potentialités multiples et dans ce cas se pose le problème de sa vocation future (terre agricole, zone de sports, de loisirs, boisements, etc.).

5 - IMPACT ECOLOGIQUE

Les extractions de matériaux instaurent une zone sensible dans le paysage et dans le milieu naturel.

5.1 - IMPACT SUR LA FLORE

5.1.1 - Milieu aquatique

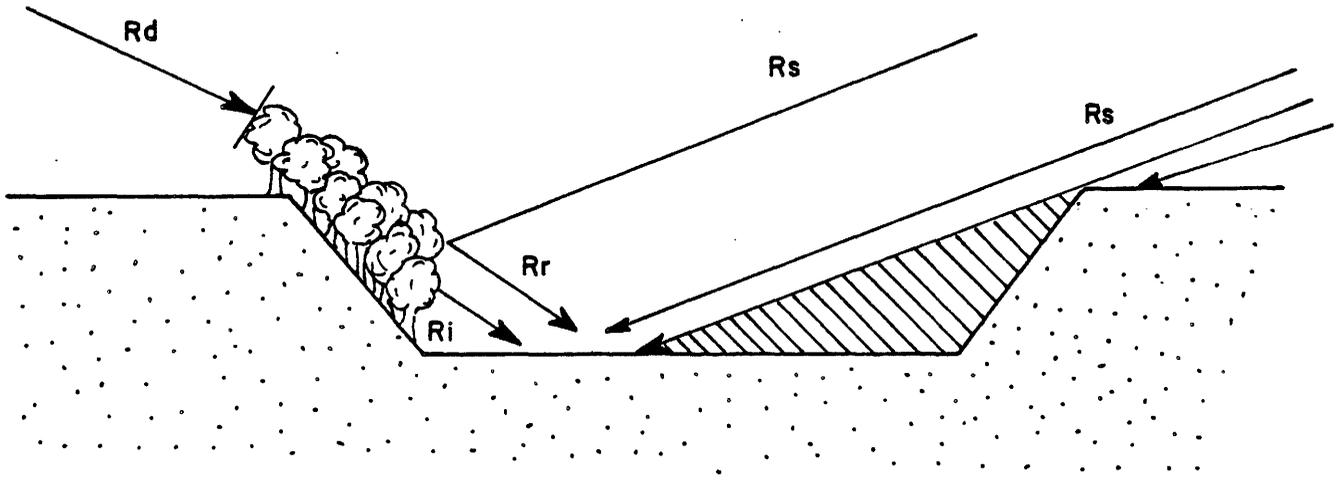
Nous avons vu, au § 3 que la source principale de pollution induite par les carrières sur le milieu aquatique est constituée par la mise en suspension dans les cours d'eau de particules fines, ce qui a pour conséquence :

- d'une part, d'empêcher la croissance des algues et la vie des plantes enracinées lors de la décantation de ces matières
- d'autre part, de réduire la pénétration de la lumière, rendant impossible la croissance des végétaux par inhibition de la photosynthèse (on sait que la tranche d'eau dans laquelle la photosynthèse est possible a une épaisseur de 10 m lorsque la turbidité correspond à une concentration de solides en suspension de 5 ppm et que cette épaisseur est réduite à 1 m lorsque la concentration atteint 115 ppm).

En outre, ces effets peuvent agir en synergie avec les polluants déjà existants dans les cours d'eau.

5.1.2 - Milieu terrestre

L'existence d'une carrière peut modifier sensiblement le milieu écologique naturel en instaurant un nouveau microclimat : d'une part en détruisant les haies et les arbres, d'autre part en changeant la distribution du rayonnement solaire (cf. fig. 8) ; il en résulte une modification du sens de circulation des masses d'air, des zones d'ombres portées, et par conséquent des variations journalières et saisonnières de températures. Cela peut causer la disparition de certaines espèces végétales très strictes vis-à-vis des conditions de milieu.



Rs = rayonnement solaire direct
 Rr = rayonnement solaire réfléchi

Ri = rayonnement infrarouge
 Rd = rayonnement diffus

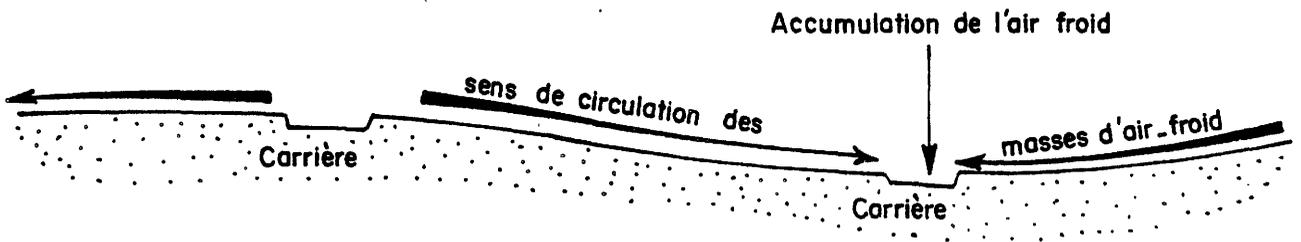


Figure 8

Les poussières émises lors de l'extraction de matériaux ont une forte incidence sur les végétaux : en se déposant sur leurs feuilles, elles freinent les échanges vitaux (photosynthèse, évapotranspiration...), les rendant plus sensibles aux maladies et aux parasites et risquant de les faire dépérir par asphyxie.

En milieu forestier, l'implantation d'une carrière entraîne nécessairement l'existence d'une zone déboisée sensible aux vents, et provoque par conséquent des "chablis" en lisière du site, sur une bande de 30 à 100 m de large.

Enfin, dans le cas des carrières en eau, les variations du niveau de la nappe causées par leur exploitation peuvent avoir des effets catastrophiques pour un rabattement de quelques décimètres : mort rapide des arbres âgés et, à terme, régression complète de l'espace sur le plan floristique -puis, en conséquence, sur le plan faunistique.

5.2 - IMPACT SUR LA FAUNE

5.2.1 - Milieu aquatique

5.2.1.1 - Influence de la pollution thermique

Les poissons, animaux à température variable, sont très sensibles à la température de l'eau : elle agit directement sur leur métabolisme et leur comportement, et détermine ainsi l'abondance de la répartition des espèces dans le cours d'eau.

- L'élévation de température diminue la capacité du sang à s'oxygéner pour une pression d'oxygène donnée et par ailleurs, accélère le rythme respiratoire ; elle entraîne une régression du pourcentage d'utilisation effective de l'oxygène de l'eau.

Ces effets sont particulièrement nets chez les embryons dont les besoins en oxygène augmentent très vite avec la température.

- La température agit sur la vitesse d'évolution du cycle parasitaire donc sur le nombre d'éléments pathogènes produit par unité de temps (on a observé un développement important des maladies bactériennes chez

les salmonidés à 20-25°C). Par ailleurs, l'augmentation de température diminue les capacités de résistance des poissons.

- Certaines espèces résistant mieux que d'autres aux augmentations de température, il y a déséquilibre de la faune aquatique.

Par exemple, dans les rivières de première catégorie piscicole (salmonidés dominant) de basse et moyenne altitude, un réchauffement de quelques degrés suffit à éliminer les salmonidés. Aux "espèces d'accompagnement" normales de la truite (chabot, vairon) se substituent des espèces plus thermophiles compétitrices (chevaines) ou prédatrices d'oeufs (barbeau, hotu) ou d'alevins (brochets, perches).

A l'aval des cours d'eau, les peuplements basculent donc vers des espèces de moindre valeur halieutique.

- La température oriente le comportement des populations aquatiques qui cherchent à satisfaire leurs exigences quant à leur température optimale : une augmentation thermique peut donc entraîner des déplacements de faune et des changements dans la structure des populations.

Enfin, la nocivité des produits toxiques déjà existants dans le cours d'eau est aggravée par une augmentation thermique ; l'effet nocif est donc fonction inverse du taux d'oxygène dissous, qui lui-même diminue lorsque la température augmente.

5.2.1.2 - Influence de la pollution mécanique

La mise en suspension des matières minérales dans les cours d'eau entraîne :

- un taux assez fort de pollution, un colmatage des ouïes des poissons entraînant leur mort par asphyxie,

- le colmatage des lieux de frayères : les dépôts réduisent la perméabilité, le taux de percolation de l'eau à travers le gravier et donc le taux de survie des oeufs et alevins se trouvant dans le gravier.

De ce fait, certaines espèces sensibles aux variations de milieu (salmonidés) disparaissent totalement de ces zones polluées,

tandis que d'autres, plus tolérantes, voient leur croissance réduite par la présence des "fines" dans l'eau.

- L'abrasion mécanique de l'épiderme des poissons - due aux particules minérales - à l'origine de leur infection par les micro-organismes,

- Une diminution de la visibilité des poissons, ce qui les gêne pour trouver leur nourriture,

- Une modification des communautés d'invertébrés aquatiques (sur des distances pouvant atteindre 2 km à l'aval de gravières exploitées dans le lit mineur : cas de la Loire et de l'Allier - France), dont la conséquence est la réduction de la diversité et surtout de l'abondance de la nourriture pour les poissons,

- Une répercussion, sur la faune, des incidences de la pollution mécanique des cours d'eau par les matières en suspension sur la flore : diminution de la nourriture pour les herbivores, disparition d'abris et de lieux de ponte pour certaines espèces.

A ce sujet, la F.A.O. estime que la production piscicole d'un cours d'eau ne peut être bonne au-dessus de 80 mg/l de matières en suspension (cf. tableau VI).

5.2.1.3 - Impacts positifs

Monsieur ARRIGNON, du Conseil supérieur de la pêche (France), écrit :

"Ouverture de ballastières dans les vallées des cours d'eau de 2ème catégorie :

- cours d'eau pollués :

L'ouverture des ballastières est toujours bénéfique à la pêche ; si elles sont fermées, elles sont intéressantes parce qu'en bordure des cours d'eau inexploitable elles constituent les seuls territoires pouvant donner de réelles satisfactions aux pêcheurs.

Si elles sont ouvertes sur le fleuve, au moment des grandes crises de pollution, les ballastières sont autant de refuges pour le poisson qui repart vers des espaces vitaux plus importants dès qu'ils deviennent vivables. Dans tous les cas, ces plans d'eau sont les seules possibilités de frayères et au plan piscicole, ils constituent les véritables poumons du fleuve.

- cours d'eau non pollués :

L'ouverture de ballastières accroît les possibilités piscicoles de la vallée. En fait, le problème que soulève leur exploitation tient à des incompatibilités règlementaires car certains plans d'eau en relation, occasionnelle ou permanente, avec le cours d'eau principal ne peuvent être considérés comme des eaux closes et doivent alors être soumis à la réglementation sur la pêche".

Il résulte de ces propos que l'exploitation de carrière est, dans certaines conditions, une activité favorable à la vie piscicole. Cette appréciation méritait d'être citée car elle concerne d'importantes vallées riches en gisements de matériaux alluvionnaires.

5.2.2 - Milieu terrestre

Les exploitations à ciel ouvert provoquent une série de nuisances subies par la faune terrestre environnante :

- destruction immédiate des biotopes : lieux de nidification, aires de repos et de nourriture des grands animaux, etc..

- coupures des lieux de passage habituels du grand gibier (cerfs, chevreuils, sangliers...) ; cet impact, en lui-même, n'a qu'une faible incidence puisque les animaux peuvent passer généralement ailleurs, étant donné les dimensions limitées d'une carrière. Mais vient s'ajouter l'effet du bruit et des vibrations, ce qui réduit finalement le territoire des grands animaux d'une aire bien supérieure à celle de l'exploitation, et entraîne l'exil définitif d'un certain nombre d'individus ;

- effet toxique de l'ingestion de poussières sur les ruminants, et contamination du lait des vaches (poussières de fluorine, arséniate provenant de l'oxydation des arséniosulfures de terrils...).

Enfin, toutes les précautions doivent être prises en région de bocage, car celui-ci représente un milieu écologiquement riche puisqu'offrant une très grande diversité de biotopes.

5.2.3 - Directives communautaires

On trouvera ci-après, extrait du Journal officiel de la Communauté européenne (28.08.76) des tableaux donnant les caractéristiques à respecter pour qu'une eau soit de la qualité requise à la vie des poissons (n° VI).

ANNEXE

Observation générale : Les valeurs indiquées ci-après pour chaque paramètre correspondent aux cas où les niveaux des autres paramètres considérés ou non dans la présente annexe sont favorables, ce qui implique, en particulier, que les concentrations en substances nocives sont nulles ou très faibles.

Paramètres	Eaux salmonicoles		Eaux cyprinicoles		Méthodes d'analyse ou d'inspection	Fréquence minimale d'échantillonnage et de mesure	Observations
	G	I	G	I			
1. Température °C - pendant la saison chaude - pendant la saison froide		(*) ≤ 20 (0) (*) ≤ 10 (0)		(*) ≤ 20 (0) (*) ≤ 10 (0)	Thermométrie	- trimestrielle - hebdomadaire s'il y a présomption de rejets thermiques	Une augmentation trop brusque de la température doit être évitée afin que la reproduction des poissons ne soit pas gênée
(*) Les températures indiquées s'appliquent aux eaux situées dans les zones soumises directement à l'influence des rejets thermiques. Lorsque la température naturelle de l'eau ne dépasse pas les valeurs I, des augmentations de 1,5 °C pour les eaux salmonicoles et 3 °C pour les eaux cyprinicoles peuvent être admises dans les zones de mélange de rejets thermiques et sont applicables en toute saison.							
2. Oxygène dissous mg/l O ₂	50 % ≥ 9 100 % ≥ 7	50 % ≥ 9 95 % ≥ 7 100 % ≥ 5	50 % ≥ 8 100 % ≥ 5	50 % ≥ 7 95 % ≥ 5 100 % ≥ 3	Méthode électrochimique	mensuelle Variation diurne (24 h) avec au minimum un prélèvement par heure	Afin de tenir compte des variations saisonnières des teneurs en oxygène les niveaux à retenir sont exprimés en concentrations minimales fixées pour 50 %, 95 % et 100 % des échantillons examinés au cours d'une année (fréquence cumulée) Valeur I : les périodes de temps pendant lesquelles la concentration en oxygène dissous est inférieure à 7 mg/l (eaux salmonicoles) ou à 5 mg/l (eaux cyprinicoles) doivent être suffisamment courtes pour ne pas porter préjudice aux poissons
3. pH	pH	6-9 (0) (*)		6-9 (0) (*)	Electrométrie Etalonnage au moyen de deux solutions tampon de pH connus, voisins et de préférence situés de part et d'autre de la valeur du pH à mesurer	- trimestrielle - hebdomadaire s'il y a présomption de rejets chimiques	
(*) Les variations artificielles du pH par rapport aux valeurs "naturelles" ne doivent pas dépasser ± 0,5 unités pH dans les limites comprises entre 6,0 et 9,0 à condition que ces variations n'augmentent pas la nocivité d'autres substances présentes dans l'eau							

TABLEAU VI

Paramètres	Eaux salmonicoles		Eaux cyprinicoles		Méthodes d'analyses ou d'inspection	Fréquence minimale d'échantillonnage et de mesure	Observations
	G	I	G	I			
4. Matières en suspension (mg/l)	≤ 25 (0)		≤ 25 (0)		Par filtration sur membrane poreuse 0,45 μ ou par centrifugation Séchage à 105 °C et pesée		Les valeurs indiquées sont des concentrations moyennes et ne s'appliquent pas aux matières en suspension ayant des propriétés chimiques nocives
5. DBO ₅ mg/l O ₂	≤ 3		≤ 6		Détermination de O ₂ par la méthode dite de Winkler avant et après incubation de 5 jours à l'obscurité à 20° ± 1 °C		
6. Phosphates mg/l PO ₄	≤ 0,2		≤ 0,4		Spectrophotométrie d'absorption après réduction du complexe phosphomolybdique		
7. Nitrates mg/l NO ₃	≤ 3		≤ 6		Spectrophotométrie d'absorption pouvant être précédée ou non d'une réduction des nitrates en nitrites		
8. Nitrites mg/l NO ₂	≤ 0,05		≤ 0,5		Spectrophotométrie d'absorption		
9. Ammonium total mg/l NH ₄	≤ 0,04	≤ 1	≤ 0,2	≤ 1	Spectrophotométrie d'absorption au bleu d'indophénol	mensuelle	
10. Composés phénoliques mg/l C ₆ H ₅ OH		≤ 0,005 (0) (*)		≤ 0,005 (0) (*)	Spectrophotométrie d'absorption : - méthode à la paranitraniline - méthode à l' amino-4 antipyrine	bimensuelle	Les niveaux indiqués tiennent compte de la présence de chlorophenols. En cas d'absence de chlore libre les niveaux peuvent être dépassés
11. Hydrocarbures d'origine pétrolière		(*)		(*)	Examen visuel et gustatif	bimensuelle	
		(*) Les produits d'origine pétrolière ne doivent pas être présents dans les eaux en quantités telles : - qu'ils produisent à la surface de l'eau un film visible et qu'ils recouvrent d'enduits le lit des cours d'eau et des lacs - qu'ils communiquent aux poissons une saveur perceptible due aux hydrocarbures - qu'ils provoquent des effets nocifs chez les poissons					
12. Ammonium non ionisé mg/l NH ₃		≤ 0,005		≤ 0,025	Méthode de Nessler associée à la détermination du pH	bimensuelle	

TABLEAU VI (Suite)

Paramètres	Eaux salmonicoles		Eaux cyprinicoles		Méthodes d'analyses ou d'inspection	Fréquence minimale d'échantillonnage et de mesure	Observations
	G	I	G	I			
13. Chlore mg/l non ionisé HOCl		< 0,004		< 0,004	Méthode de Palin	bimensuelle	
14. Zinc mg/l Zn Dureté de l'eau (mg/l CaCO ₃)					Absorption atomique	bimensuelle	Les concentrations correspondant à des duretés comprises entre 10 et 500 mg/l CaCO ₃ sont calculées par interpolation.
10		< 0,03		< 0,3			Pour les duretés inférieures à 10 mg/l CaCO ₃ , le calcul des concentrations par extrapolation ne donne pas des résultats fiables
50		< 0,2		< 0,7			
100		< 0,3		< 1,0			
500		< 0,5		< 2,0			

15. Autres substances nocives (valeur I applicable aux eaux salmonicoles et cyprinicoles)

a) Substances dégradables

La concentration en substances dégradables dont la demi-durée de vie est inférieure à 96 heures et/ou qui n'ont pas d'effets cumulatifs ne doit pas dépasser 0,1 du seuil de concentration létale, à aucun moment et en aucun lieu. De plus, la concentration moyenne en ces substances en 24 heures ne doit pas dépasser 0,05 du seuil de concentration létale.

b) Substances persistantes

La concentration en substances persistantes et/ou ayant des effets cumulatifs doit être telle qu'elle ne produise pas des bio-accumulations non désirées. Pour ces substances, cette concentration ne doit pas dépasser 0,05 du seuil de concentration létale, à aucun moment et en aucun lieu. De plus, la concentration moyenne en ces substances en 24 heures ne doit pas dépasser 0,01 du seuil de concentration létale. Pour des autres substances à persistance élevée, le "facteur d'application" (on entend par "facteur d'application", le facteur par lequel doivent être multipliées les valeurs du seuil de la concentration létale, afin d'obtenir la concentration de sécurité) devra être fixé cas par cas.

Ainsi par exemple, la concentration en cadmium ne doit, à aucun moment et en aucun lieu, dépasser 0,002 du seuil de concentration létale.

Exemples de substances persistantes ou ayant des effets cumulatifs :

- composés organo-halogénés,
- composés organo-phosphoriques,
- composés organo-stanniques,
- substances cancérigènes,
- mercure,
- cadmium.

Fréquence minimale d'échantillonnage et de mesure : bimensuelle.

16. Mélanges de substances nocives (valeur I applicable aux eaux salmonicoles et cyprinicoles)

Les substances ayant des effets synergiques ou antagonistes ne doivent pas être prises en considération dans le calcul ci-après. Seul le cas de substances nocives ayant des effets additifs est considéré ici.

En désignant par :

A_s, B_s, \dots, Z_s : les concentrations des différentes substances en mélange

A_a, B_a, \dots, Z_a : les concentrations admissibles (*) des différentes substances lorsqu'elles sont présentes isolément, les concentrations des différentes substances nocives en mélange sont considérées comme admissibles lorsque l'on a :

$$\frac{A_s}{A_a} + \frac{B_s}{B_a} + \dots + \frac{Z_s}{Z_a} \leq 1$$

Il convient d'éliminer de la somme de fractions ci-dessus, les fractions telles que : $\frac{Z_s}{X_a}$ qui seraient inférieures à : 0,2.

Fréquence minimale de contrôle : mensuelle.

(*) Pour certains paramètres ces concentrations sont définies à l'annexe ; pour les autres paramètres ne les mentionnant pas spécifiquement, celles-ci doivent être définies cas par cas.

6 - IMPACTS SOCIO-PHYSIOLOGIQUES

6.1 - IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES

Une carrière représente une activité industrielle parfois non négligeable ; de ce fait, elle peut revêtir une certaine importance pour des régions rurales, sans industrie aucune. Pour peu que l'exploitation utilise une proportion notable de personnes au regard de l'ensemble des habitants de la commune, elle permet des créations d'emplois, le maintien d'une population jeune et active sur place (dans des zones où sévit l'exode rural), ainsi que celui d'autres activités (commerce, restauration, artisanat, ...). Enfin, une carrière représente une source de revenus pour la commune (patentes).

On peut noter une conséquence indirecte de l'installation d'une exploitation à ciel ouvert : la création de nouvelles voies, à l'origine pour l'évacuation du matériel (cas de la carrière de Gourdon en France).

6.2 - IMPACTS PHYSIOLOGIQUES

Les tirs non programmés peuvent provoquer des effets de surprise, avec augmentation du rythme cardiaque. Quant aux vibrations, leurs conséquences physiologiques ont été traitées au paragraphe 1 - Bruits et vibrations.

Les impacts les plus importants sont sans aucun doute ceux liés aux émissions de poussières.

6.2.1 - Inhalation des poussières liée à la granulométrie

En atmosphère poussiéreuse, une partie des poussières inhalées (particules ≤ 7 microns) est arrêtée par les voies respiratoires (nez, bouche, trachée, bronches) ; une partie plus fine pénètre dans les alvéoles pulmonaires et s'y dépose. Une troisième partie, parmi les plus fines, est rejetée à l'expiration.

6.2.2 - Inhalation des poussières liée à leur composition chimique

Parmi les poussières produites par les carrières, les plus

fréquemment rencontrées sont la silice ou bioxyde de silice et ses composés les silicates, poussières fibrogènes, qui ont un effet nocif sur les cellules des poumons et ganglions lymphatiques, qu'elles détruisent massivement, altérant ainsi l'architecture alvéolaire du poumon. Leur évolution amène à la silicose, maladie bien connue chez les mineurs.

Les affections dues aux poussières ont été regroupées sous le nom de pneumoconioses, qui est défini par les experts de l'organisation internationale du travail (1971) comme la conséquence de l'accumulation de poussières dans les poumons et de la réaction des tissus à la présence de ces poussières. La silicose est la pneumoconiose la plus répandue ; on a démontré 250 à 300 cas par an ces dernières années. Le seuil pathologique est atteint à 37 microgrammes de silice libre par mètre cube d'air (pour les pneumoconioses du kaolin, le seuil passe à 10 mg/m³).

Les principales poussières responsables d'affections professionnelles sont énumérées dans le tableau III

CHAPITRE II

REMEDES APPORTES AUX PROBLEMES DE DEGRADATION DES PAYSAGES,
DES NUISANCES ET POLLUTIONS OCCASIONNEES PAR LES CARRIERES.

1. Equipements antibruits et de réduction des vibrations
2. Réduction des émissions de poussières
3. Méthodes de traitement et de protection des eaux
4. Masques et écrans
5. Remise en végétation

1 - EQUIPEMENTS ANTIBRUIITS ET DE REDUCTION DES VIBRATIONS

1.1 - DISPOSITIFS DE REDUCTION DES VIBRATIONS

1.1.1 - Réduction des vibrations dues au tir

1.1.1.1 - Réduction par action sur le schéma de tir

Pour réduire les vibrations, sans diminuer la charge, on utilise des détonateurs à micro-retards qui introduisent des écarts de quelques millisecondes entre l'explosion des différentes charges. L'effet en est une baisse du niveau des vibrations du sol par fractionnement de la volée et diminution de la granulométrie des produits abattus.

D'autres méthodes parfois employées consistent à :

- procéder à des tirs de prédécoupage pour fissurer la roche,
- placer des barrières de trous forés pour atténuer les vibrations au voisinage du site à étudier.

1.1.1.2 - Réduction par action au niveau du site et de l'aménagement du terrain

On choisit si possible une orientation du front de taille bien adaptée en utilisant le pendage, la fracturation et la fissuration du massif.

On implante des rideaux d'arbres pour atténuer l'intensité de la surpression aérienne.

1.1.2 - Réduction des vibrations dues aux machines présentes sur le chantier

Les vibrations sont ici secondaires car généralement très vite atténuées avec la distance.

1.2 - DISPOSITIFS ANTIBRUIT

1.2.1 - Réduction du bruit au niveau du tir

Un tir bien mené ne doit pas être une nuisance en ce qui concerne le bruit aérien. Les effets de bruits ne se produisent qu'en cas de minage défectueux (trou de mine surchargé ou mal bourré) ou d'accidents dans le terrain donnant lieu à des coups formant canon (ex. : présence d'un vide dans la zone de minage).

On pourra par suppression des pétardages, améliorer la tranquillité du voisinage.

1.2.2 - Réduction du bruit des machines de chantier

Ce problème est d'abord celui du constructeur, qui conçoit les machines de façon à ce qu'elles produisent un minimum de bruit. Malheureusement l'insonorisation des machines de chantier est onéreuse et peut rendre le prix de la machine plus silencieuse non compétitif. Un moyen terme est généralement établi, qui réduit le bruit sans rendre le prix de revient excessif.

Au niveau de l'utilisateur, le bruit peut être fortement atténué par l'emploi d'écrans pour les machines à poste fixe.

Le bâchage est une solution couramment utilisée mais qui, semble-t-il, réduit le bruit essentiellement au voisinage immédiat de l'appareil.

A des distances plus grandes (200 m), la protection semble peu efficace.

Parfois, une simple tôle d'acier sur laquelle est fixé un panneau absorbant du côté de la source, ou la mise en place sur les machines de dispositifs élastiques antichoc, permettent une diminution appréciable du bruit.

L'écran type butte de terre est d'autant plus efficace qu'il se trouve placé près du récepteur et qu'il est boisé. D'une manière généra-

le, il est souhaitable d'utiliser la topographie et de mettre dans le creux du terrain les machines les plus bruyantes.

1.2.3 - Réduction du bruit au niveau du trafic induit par les carrières

Ceci se passe en dehors de l'enceinte même de la carrière ; les véhicules de transport de matériaux (poids lourds), pouvant être à l'origine d'une pollution sonore non négligeable, il appartient donc aux carriers d'établir à proximité de leur exploitation des itinéraires évitant dans la mesure du possible les traversées d'agglomérations. Dans certains cas, la circulation pourra être limitée à un certain nombre de rotations par jour et les horaires définis, afin de gêner au minimum les riverains des voies de circulation empruntées.

2 - REDUCTION DES EMISSIONS DE POUSSIÈRES

Si les problèmes de réduction des émissions de poussières ont été pris en compte relativement tôt du point de vue de la sécurité et de la santé des travailleurs, c'est plus tardivement qu'est apparu ce souci au niveau de la dégradation des sites.

Parmi les méthodes indiquées, beaucoup permettent une récupération des poussières qui peuvent avoir une utilisation industrielle, donc abaisser le prix de revient d'une installation de dépoussiérage.

La réduction des émissions de poussières dans les carrières exige la connaissance préalable des taux de poussières, de leur granulométrie, et de leur composition chimique qui peut être la cause de corrosions. Les méthodes de mesure de ces divers paramètres ont été décrites dans le chapitre 1.

On peut classer les méthodes de dépoussiérage de carrières en quatre grands principes :

- abattage par pulvérisation d'eau
- dépoussiérage classique poste par poste
- dépoussiérage classique par îlot
- captage par renouvellement d'air.

2.1 - LES QUATRE GRANDS PRINCIPES DE DEPOUSSIERAGE DE CARRIERES

2.1.1 - Abattage par pulvérisation d'eau

Cette méthode évite la dispersion des poussières dans l'atmosphère. On pulvérise une solution d'eau et d'un agent mouillant (souvent à base de chlorure de sodium), qui abaisse la tension superficielle de l'eau.

Les pulvérisateurs se placent aux endroits susceptibles de provoquer un empoussiérage.

Une telle installation comprend généralement :

- une centrale de dosage du mélange eau + adjuvant
- des pulvérisateurs placés judicieusement
- des contrôleurs de présence des matériaux
- un réseau de distribution.

La consommation d'eau est d'environ 5 à 10 litres par tonne.

Les avantages en sont la facilité d'adaptation et le coût relativement faible.

Mais les contraintes sont assez nombreuses :

- nécessité de décantation
- évacuation des boues
- ennuis dus au gel en hiver.

2.1.2 - Dépoussiérage classique poste par poste

C'est un procédé couramment utilisé. On isole la source de poussière par un capotage dans lequel on crée une mise en dépression. Les poussières captées à la source ne sont pas dispersées dans l'atmosphère.

Ce système est un des plus classiques. Nous le décrirons plus en détail. Il comporte généralement :

- un ou plusieurs dispositifs de captage constitués par des capotages, des hottes ou des buses d'aspiration,
- un réseau d'aspiration de forme très variée et appropriée aux locaux
- un dépoussiéreur qui sépare l'air et les poussières
- un ventilateur de tirage qui assure le mouvement de l'air dans les circuits d'aspiration.

2.1.2.1 - Captage

Il se fait par des hottes ou buses d'aspiration qui sont positionnées et dimensionnées de façon à obtenir des vitesses d'aspiration supérieures à la vitesse de dispersion des particules. Elles sont conçues de façon à diriger au mieux le sens d'écoulement des filets d'air et à profiter de la trajectoire naturelle des poussières.

2.1.2.2 - Réseau d'aspiration

Il assure la liaison entre les hottes de captage et le dépoussiéreur. Il consiste en un réseau de tuyauteries où les vitesses des gaz doivent être comprises entre deux valeurs limites, pour éviter les risques de dépôt (vitesse trop lente) ou des problèmes d'usure (vitesse trop élevée).

La littérature donne des chiffres compris généralement entre 14 et 20 m/s.

2.1.2.3 - Dépoussiéreurs

A partir des trois quantités :

I = quantité de poussières incidentes

R = quantité de poussières retenues

E = quantité de poussières émergentes

on peut exprimer

le rendement $r = \frac{R}{I}$, proportion de poussières retenues

la perméance $p = \frac{E}{I}$, proportion de poussières non retenues

le coefficient d'épuration $\frac{I}{E}$, coefficient de réduction de la quantité de poussière incidente.

Les rendements ne sont pas des caractéristiques intrinsèques du dépoussiéreur. Ils dépendent des caractéristiques des poussières (voir 4.1) et du gaz qui les transporte.

On distingue quatre classes de dépoussiéreurs :

- les dépoussiéreurs mécaniques
- les dépoussiéreurs à voie humide
- les dépoussiéreurs électriques
- les dépoussiéreurs à couche filtrante.

a) Dépoussiéreurs mécaniques

Les dépoussiéreurs à gravité et à inertie, peu efficaces et encombrants, sont tombés en désuétude. On utilise actuellement les dépoussiéreurs centrifuges : les gaz sont mis en rotation. Ils heurtent les parois sous l'effet de la force centrifuge et se déposent par gravité dans les trémies.

La figure 9 résume les caractéristiques des dépoussiéreurs centrifuges du type cyclone, les plus utilisés pour le dépoussiérage, le transport mécanique, les machines outils...

b) Dépoussiéreurs à voie humide

Le mécanisme en est une captation des poussières par des gouttelettes et le captage des gouttelettes elles-mêmes.

La figure 10 résume les caractéristiques des dépoussiéreurs par voie humide.

c) Dépoussiéreurs électriques

(En France, ils représentent 40 % du chiffre d'affaires des dépoussiéreurs).

Les particules sont ionisées dans un champ électrique et recueillies sur plaque faisant office de pôle positif de l'électrofiltre.

Les électrodes émissives sont filiformes et portées au potentiel négatif.

Les électrodes collectrices, reliées à la terre, sont en général planes et presque parallèles à la direction de l'écoulement gazeux.

La distance entre les électrodes collectrices est en général de l'ordre de 25 cm. La hauteur totale du dépoussiéreur peut dépasser 10 mètres.

La figure 11 résume les caractéristiques des dépoussiéreurs électriques.

Fig. 9
Principales caractéristiques des
dépoussiéreurs centrifuges

	Cyclones	Multicyclones
- Efficacité	Faible au-dessous de 10 à 30 μm	Bonne au-dessus de 4 à 8 μm
- Utilisation	Grande simplicité	Grande simplicité
- Coût d'investissement	Très faible	Faible
- Coût d'exploitation	Très faible	Faible à moyen
- Entretien	Très réduit	Réduit

Fig. 10
Principales caractéristiques des
dépoussiéreurs par voie humide

- Efficacité.....	Moyenne à forte (Venturi)
- Coût d'investisse- ment.....	Faible
- Coût d'exploitation	Moyen à très élevé (Venturi)
- Coût d'entretien	Faible à moyen
- Divers.....	Problèmes de corrosion, de traitement de boues, de consommation et de pollution de l'eau

d) Dépoussiéreurs type filtres à manche

L'élément de base est un cylindre de tissu ou de feutre aiguilleté, fermé à une de ses extrémités. Le gaz empoussiéré traverse le tissu filtrant sur lequel se déposent les particules. Les poussières retenues sont détachées en séquence automatique, soit pas secouage mécanique, soit par soufflage à contre courant, soit par décolmatage pneumatique.

La figure 12 indique les fibres utilisées et leurs propriétés.

La figure 13 résume les caractéristiques des filtres à manche.

2.1.2.4 - Ventilateurs de tirage

Ils assurent la mise en dépression du circuit d'aspiration et la mise en mouvement de l'air qui entraîne les poussières.

Leur choix sera déterminé essentiellement par deux paramètres :

- le débit d'aspiration souhaité
- la pression à fournir, composée de la perte de charge du circuit d'aspiration, de la résistance du filtre et de la perte de pression au refoulement

2.1.3 - Dépoussiérage classique par îlots

Pour certaines installations (ex. cribles) où les sources de poussières sont nombreuses, on utilise le procédé "par îlot" qui consiste à "enfermer" l'ensemble du crible dans un "local" ou "bardage" de construction très légère et avec un débattement suffisant autour de l'appareil pour permettre l'entretien et le changement des toiles. En créant une légère dépression dans le local, on évite la dispersion des poussières fournies par l'ensemble du crible.

Ce procédé a l'avantage particulier de réduire l'aspiration à une seule prise de captation tout en mettant en jeu un débit d'aspiration plus faible.

Fig. 11
Principales caractéristiques des
dépoussiéreurs électriques

Effacité.....	Excellente pour toute poussière
Coût d'investissement	Elevé
Coût d'exploitation..	Faible
Coût d'entretien.....	Moyen

Fig. 12

Propriétés des fibres utilisées dans les filtres à manches

	Fibres naturelles		Fibres synthétiques						Fibre minérale
	Coton	Laine	Polypropylène	Tergal	Dralon	Nomex	Teflon	Verre	
Température limite d'utilisation	80° C	93° C	90° C	150° C en atm.sèche	140° C	190° C	260° C	275° C	
Résistance aux acides	Faible	Moyenne	Excellente	Bonne	Très bonne	Bonne	Excellente	Bonne	
Résistance aux alcalis	Bonne	Faible	Excellente	Bonne	Bonne	Très bonne	Excellente	Bonne	
Résistance à l'abrasion	Très bonne	Moyenne	Très bonne	Excellente	Moyenne	Bonne	Bonne	Très bonne	
Particularités	Economique Utilisation limitée	Efficacité d'épuration élevée	Utilisation limitée température	Déconseillé sur gaz humides	Utilisation sur gaz humides et chauds	Pour température élevée	Cher	Tissu fragile	

Fig. 13
Principales caractéristiques des
filtres à manches

Effacité.....	Excellente pour toutes poussières
Coût d'investissement	Elevé
Coût d'exploitation	Moyen
Coût d'entretien	Important

Il peut être envisagé pour certains types de concasseurs (gravillonneurs giratoires) qui, en alimentation normale, ne dégagent pratiquement pas de poussières, sauf en fin de broyage (effet de cheminée). En revanche, il présente un moindre intérêt pour la chute des transporteurs, l'alimentation des trémies, etc..

2.1.4 - Captage par renouvellement d'air

Il peut être intéressant, suivant le type de carrières, le matériel d'exploitation, le nombre de personnes sur le site, d'enfermer l'ensemble du matériel dans un bâtiment relativement étanche (ou exécution d'un bardage). Dans ce cas particulier, il s'agit alors d'assurer à l'intérieur du bâtiment une ventilation générale en prévoyant des dispositifs d'arrivée d'air frais et de reprise d'air poussiéreux judicieusement répartis.

Ce procédé a l'avantage de diminuer considérablement les débits mis en jeu, de réduire l'investissement de l'ensemble de dépoussiérage (pratiquement plus de tuyauterie), et il répond à "l'arrêt" des nuisances sur l'environnement ; en revanche, il présente les inconvénients suivants :

- maintien de la présence des poussières à l'intérieur du bâtiment et sur les appareils, d'où problèmes aigus de nettoyage
- difficultés de surveillance et entretien
- impossibilité d'utilisation sur des ensembles semi-fixes.

2.2 - UNE METHODE DE PROTECTION : L'UTILISATION DES ECRANS VEGETAUX

Des modèles théoriques et des essais ont été réalisés en vue d'évaluer l'effet protecteur d'écrans végétaux pour protéger les populations contre les effets néfastes des émissions industrielles. Les résultats obtenus sont assez décevants car les particules les mieux retenues par les bandes boisées de protection sont les grosses particules qui sont aussi les mieux retenues par les dépoussiéreurs. Les bandes boisées ne peuvent constituer dans ces conditions qu'un appoint et ne sauraient remplacer des dispositifs d'épuration à la source.

2.3 - REDUCTION DES EMISSIONS DE POUSSIERES LIEES AU TRANSPORT DES MATERIAUX

Sur les courtes distances, on préférera les bandes transporteuses aux véhicules routiers.

Sur les longues distances, la circulation devra être étudiée afin d'éviter l'envol trop important de poussières. On pourra recouvrir les pistes d'une couche d'enrobé, de dalles de béton, de treillis métalliques ou les arroser régulièrement. On veillera également à ne pas surcharger les véhicules, ce qui peut provoquer des pertes et des envols importants de poussières ; pour la même raison, pour le transport sur la voie publique, le bâchage des camions est recommandé.

2.4 - CONCLUSION

Les méthodes existantes sont nombreuses, et la classification présentée n'est qu'un artifice dans un but simplificateur. Il est évident que dans la pratique plusieurs méthodes peuvent interférer selon le problème posé. Mais dans tous les cas, il est nécessaire de connaître au mieux les paramètres initiaux, c'est-à-dire les taux d'empoussièrement, la granulométrie et la composition chimique.

3 - METHODES DE TRAITEMENT ET DE PROTECTION DES EAUX

3.1 - PENDANT L'EXPLOITATION

Les pollutions dues aux rejets d'huiles, d'hydrocarbures et de produits chimiques peuvent être évitées par l'installation de plates-formes imperméabilisées sur lesquelles se font toutes les manipulations des produits polluants. Tout déversement accidentel s'écoule alors par l'intermédiaire de rigoles, de drains, jusque dans une fosse de récupération.

De même, les eaux de ruissellement chargées en minerai peuvent être collectées en grande partie par un réseau de drains ou fossés entourant l'exploitation et aboutissant à un bac de décantation.

3.1.1 - Méthodes permettant la réduction de la pollution mécanique

La pollution mécanique (minérale) par les rejets de carrière étant considérée comme une nuisance majeure, différentes techniques ont été mises au point. On peut citer :

3.1.1.1 - Recyclage intégral des eaux de lavage des matériaux

L'eau est généralement utilisée en grande quantité lors des deux phases importantes du lavage des matériaux exploités en ballastières ou à partir de dragage dans les lits des cours d'eau pour procéder à l'élimination des impuretés et au classement granulométrique des matériaux.

Le premier lavage est destiné à éliminer les éléments enrobant les produits sains : argiles ou produits fins adhérents, éléments libres de dimension inférieure à 50 microns, déchets d'origine organique ou minérale friables. Il s'effectue par arrosage, lavage sur crible, ou débouillage par voie humide.

Le second lavage a pour but de procéder au tri ou au classement granulométrique.

La préparation des granulats entraîne un rejet de matière en suspension de l'eau, ces matières étant surtout composées de limons terreux, de particules fines et éventuellement des pertes en produits nobles consécutives à un mauvais réglage des installations. Plusieurs solutions de traitement ont été proposées par FAURES et VACHER en 1976 pour l'élimination des eaux chargées :

3.1.1.2 - Bassin de décantation simple

Il s'agit généralement de fosses rectangulaires creusées à même le sol. Les particules les plus lourdes se déposent, les limons continuant à être rejetés. Le bassin rempli, son curage devient difficile à cause de l'accumulation de boues très liquides qui sont difficilement pelletables. Ce type d'installation a donc une efficacité limitée et ne permet pas un recyclage convenable de l'eau traitée. Il est par contre peu onéreux.

3.1.1.3 - Bassin de décantation composé

La décantation s'effectue par adjonction de flocculants en utilisant un système à deux bassins fonctionnant de façon alternée. En régime permanent, un bassin fonctionne en clarification, l'autre est réservé au séchage en vue du curage (cf. fig. 14).

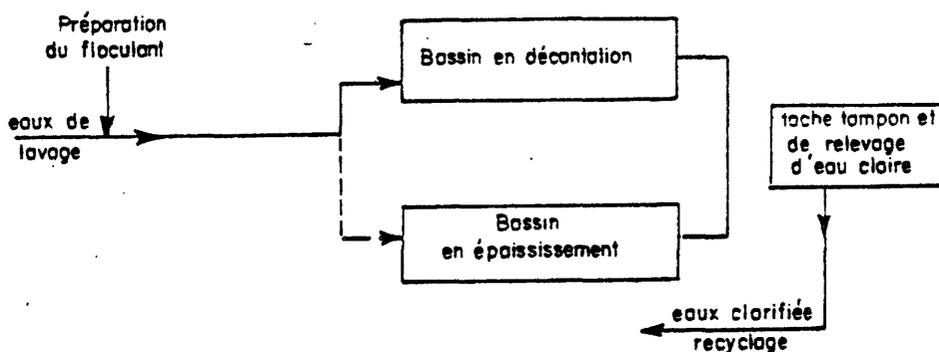


Figure 14

La floculation augmente la clarification en provoquant l'agglomération des particules très fines dispersées dans les eaux pour former des agrégats de taille très supérieure ayant une vitesse de sédimentation

plus élevée que les particules isolées. La solution du flocculant est préparée dans des bacs d'une capacité suffisante pour permettre le fonctionnement pendant une journée au moins.

Les flocculants doivent être soigneusement adaptés aux effluents à traiter. Les flocculants utilisés tels que les sels de fer, le sulfate d'aluminium et les polymères naturels, ont tendance à être remplacés depuis une vingtaine d'années par les flocculants synthétiques dont les performances sont meilleures.

La détermination de la capacité des bassins de décantation est fonction du régime d'écoulement, de la dimension des particules et des vitesses limites de sédimentation, telles qu'elles résultent de l'application de la loi de STOCKES. En admettant que la vitesse de chute des particules est constante, la capacité minimale d'un bassin pour que les particules séjournent un temps supérieur à t est donnée par la relation :

$$C = H S_h = Qt \text{ avec } W = H/t = Q/S_h$$

dans laquelle :

C = capacité du bassin en cm^3

H = profondeur du bassin en cm

S_h = surface horizontale du bassin en cm^2

Q = débit d'eau en cm^3/s

t = en secondes

W = vitesse de chute constante en cm/s .

Pratiquement, toutes les particules ayant des vitesses de sédimentation supérieures à W seront complètement éliminées. Celles dont la vitesse est inférieure à W ont toutes les chances de ne pas l'être (cf. fig. 15).

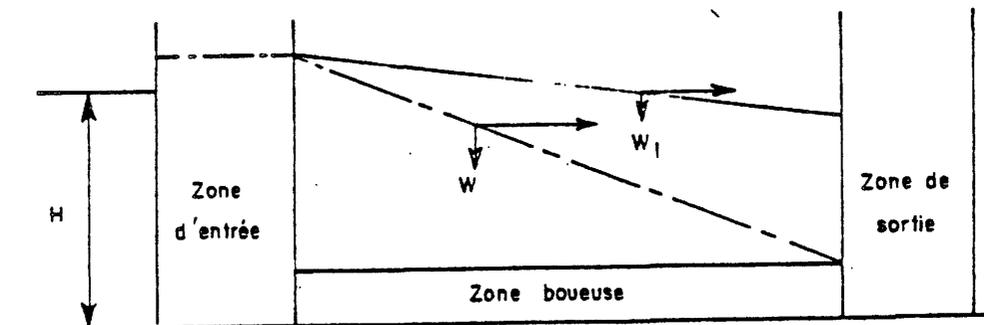


Figure 15

Les conditions de bonne filtration (répartition uniforme sur toute la largeur du bassin de l'effluent grâce à un seuil denté ou à la disposition de la tuyauterie d'amenée) ou de bon fonctionnement (évacuation continue de l'effluent) sont rarement réalisées (cf. fig. 16).

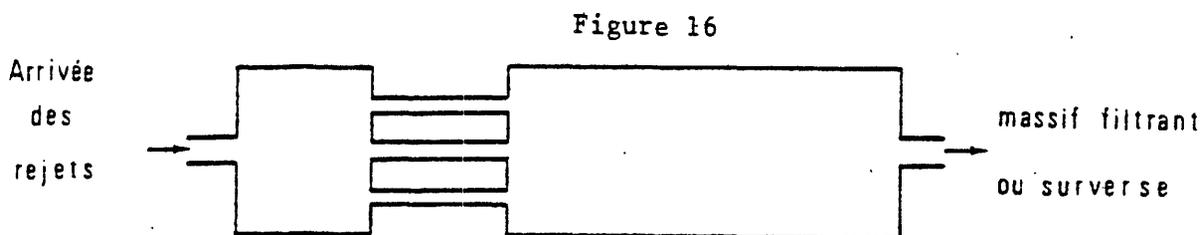


Schéma d'un des bassins de décantation

3.1.1.4 - Panneau tamiseur

Il permet la récupération de matériaux fins, et peut réduire de moitié ou de deux tiers la quantité des produits à curer.

3.1.1.5 - Panneau tamiseur

Il existe d'autres modèles de décanteurs clarificateurs plus ou moins complexes mettant en oeuvre des systèmes à anneaux concentriques et à chicanes ou à spirales, des épaisseuriers circulaires avec mécanisme de raclage, etc..

Ces techniques ne sont pas applicables quand l'extraction se fait dans le lit même du cours d'eau. Dans ce cas, il est seulement possible de limiter les dommages, non de les éviter. Pour réduire la pollution mécanique en aval des chantiers, il est nécessaire :

- de séparer la zone d'extraction du reste du cours d'eau par une digue provisoire suffisamment étanche ;
- ou de ne mettre les nouvelles sections de lit creusées, en communication avec le cours d'eau, que lorsque les dragages y sont terminés ;
- enfin, de cesser toute opération susceptible d'entraîner des pollutions mécaniques dans les périodes de faible débit et/ou

de forte chaleur où le cours d'eau est particulièrement vulnérable.

Ajoutons que toute exploitation dans le lit mineur d'un cours d'eau devrait de toute façon être proscrite de certaines zones particulièrement "sensibles" telles que, notamment :

- zones de reproduction de salmonidés, notamment saumon
- voisinage de seuils ou barrages, risquant de devenir des obstacles sérieux pour les poissons migrateurs.

En règle générale, étant donné l'importance des perturbations et des pollutions mécaniques engendrées et la difficulté technique à limiter ces nuisances, ce mode d'exploitation devrait être supprimé.

3.1.2 - Méthodes de lutte contre le colmatage

Différents procédés ou techniques peuvent être mis en oeuvre pour lutter contre le colmatage :

3.1.2.1 - La scarification des zones colmatées peut s'effectuer à des périodes déterminées pour débarrasser le fond et les parois des produits fins. Cette opération met en oeuvre une pelle ou une dragline suivant la profondeur de la carrière. Le risque encouru est la remise en suspension dans l'eau des particules fines nuisibles à la vie végétale et animale.

3.1.2.2 - Le siphonnage et remplissage simultané ou successif de la carrière par une eau puisée en amont. Les turbulences provoquées par l'arrivée d'eau pompée et par l'aspiration par le siphon assurent le départ des matériaux fins qui seront déposés dans un puisard situé à proximité. Cette solution est onéreuse et n'est à envisager que dans le cas d'un aménagement de carrière en pisciculture.

3.1.2.3 - Adoption de formes, de dimensions et d'une orientation ou position privilégiée de la carrière par rapport à l'écoulement de la nappe. Une excavation de forme allongée dont la plus grande dimension est parallèle à l'écoulement naturel des eaux souterraines aura peu d'effet sur ceux-ci. Par contre, si elle est creusée perpendiculai-

rement aux écoulements, les rabattements provoqués à l'amont et les surélévations du niveau d'eau à l'aval peuvent être appréciables. En cas de colmatage, ces conditions risquent d'entraîner un débordement. Le morcellement des gravières peut permettre de réduire ces risques.

3.1.2.4 - Mise en communication de la carrière avec un cours d'eau. Dans le cas où l'écoulement général de la nappe est approximativement parallèle à celui du cours d'eau, une position amont du canal de liaison entraînera une augmentation de l'alimentation de la nappe par contre, une position aval du canal de liaison déterminera un drainage accru.

3.1.3 - Méthodes permettant la réduction de la pollution thermique

Dans le cas d'exploitations nécessitant un certain débit d'eau vers la rivière, au lieu d'établir une liaison libre avec le cours d'eau, l'aménagement de cette liaison est susceptible d'apporter des améliorations intéressantes à la situation.

Sachant que l'écart de température entre surface et fond de ballastière peut aller jusqu'à 13,2° C (moyenne 6,7° C) d'après des mesures effectuées en été 1975 en Haute Normandie, on conçoit l'intérêt qu'il y a à aménager les liaisons ballastières - rivières pour admettre plutôt les eaux de fond des ballastières dans les canaux de liaison. La mise en place d'un siphon permet d'atteindre ce résultat.

Dans le cas des exploitations en fouille noyée sans communication directe avec les cours d'eau, l'influence thermique peut être supprimée.

On a vu que les effets thermiques sont dans ce cas de figure fonction de divers facteurs dont notamment l'éloignement du cours d'eau. En adaptant la distance ballastières - rivières aux conditions locales, il est donc possible de supprimer tout effet thermique notable.

Un effet bénéfique complémentaire peut être obtenu en réduisant dans le sens parallèle à la rivière, la dimension des ballastières à venir.

Enfin, la recherche d'un colmatage plus rapide et plus efficace des ballastières par décantation de fines ou dépôt de terres côté rivière doit permettre d'améliorer la situation dans le cas des ballastières existantes.

3.2 - APRES L'EXPLOITATION

Ici se pose le problème de la surveillance d'un site qui, isolé, d'accès facile et d'aspect dégradé, est susceptible de recevoir des déversements autorisés ou sauvages de matériaux de toute nature, représentant pour certains un risque majeur de pollution de la nappe ou des cours d'eau.

Notons que dans certains pays (France) les décharges officielles se font fréquemment en carrière, ce qui nécessite des études hydrogéologiques et hydrologiques poussées.

Ce problème très préoccupant peut être en partie résolu par l'obligation de réaménager le site une fois l'exploitation terminée.

4 - MASQUES ET ECRANS

Nous avons vu ci-dessus combien les divers types de carrières pouvaient constituer une plaie dans le paysage pendant et après leur exploitation. Nous allons examiner les remèdes à apporter en cours d'exploitation pour limiter les nuisances visuelles des divers types de carrières.

4.1 - CARRIERES EN TERRAIN PLAT

Les écrans végétaux prennent ici une importance primordiale en limitant la perception visuelle qu'un observateur peut avoir d'une carrière à distance variable ; par ailleurs, si leur rôle d'écran phonique effectif est assez faible, puisqu'une épaisseur de 20 m de végétaux (arbres, arbrisseaux) n'entraîne qu'une diminution de 3 à 5 dB, l'effet psychologique fait croire à une protection phonique plus importante.

Il importe de procéder, avant toute chose, à une analyse visuelle des lieux, afin de mettre en évidence la perceptibilité du site à courte et à longue distance (perception directe et perception globale), de rechercher les points de vue, les couloirs de vision, de relever les profils, les pentes, les formes, de comparer l'importance relative des masses végétales, d'analyser les couleurs, leur répartition et leur évolution saisonnière, de comprendre l'ordonnance des plans qui règle la profondeur optique (cette analyse visuelle est préliminaire à celle, plus approfondie, débouchant sur la formulation des propositions de réaménagement).

Par la suite, les actions à mener seront les suivantes :

- Préventivement, essayer de garder les arbres en lisière des parcelles destinées à être exploitées. Actuellement, des transplantations de grande capacité permettent d'arracher les arbres jeunes et adultes avec leur motte de terre et de faciliter ainsi leur transplantation pratiquement à toute époque avec de fortes chances de reprise ; mais le coût de cette opération est élevé. Il devient donc possible de former des bosquets ou des rideaux d'arbres, masques efficaces à court terme.

- Implanter les bâtiments et les installations techniques derrière les écrans visuels existants ou à créer (talus de découverte par

exemple) ; une route d'accès "en baïonnette" permet de supprimer, ou du moins de réduire la vue sur l'exploitation en activité.

Eviter les couleurs agressives pour les installations de traitement : choisir de préférence des couleurs sombres telles que le vert olive ou le brun sombre - voire les revêtements naturels - qui s'intègrent mieux dans le paysage (on pourra également peindre les convoyeurs, etc.). Là où il y a de la poussière, la teinte peut être avantageusement assortie à la couleur dominante de la poussière.

- Soigner les voies d'accès, assurer leur entretien et leur propreté. Des inspections régulières des parties éloignées des carrières, le nettoyage, l'enlèvement des vieilles cabanes et vieilles carcasses, des fils et des lignes électriques inutilisés, des véhicules abandonnés, le ramassage régulier et l'enlèvement des vieux métaux, tout ceci est très simple et limite la dégradation excessive du site.

Pour créer des écrans visuels :

- Rassembler d'abord la terre de découverte en cordon, merlon, talus ou digue à la périphérie de la parcelle, afin de constituer, en même temps qu'un stockage des terres susceptibles d'être régénées en phase finale, une amorce d'écran visuel. Attention ! la terre végétale ne doit pas être amassée en épaisseur de plus de 1,50 m, sinon elle perd ses qualités biologiques et par conséquent sa fertilité. Ne pas la mélanger aux stériles, entretenir sa valeur pédologique en l'ensemencant de légumineuses qui enrichissent sa teneur en azote, sont des précautions élémentaires qu'il convient de prendre.

- Planter ensuite sur le flanc des talus ou bien des arbres prélevés sur le site lui-même, ou bien des arbres à croissance rapide disposés en quinconce sur plusieurs rangs. Pour une meilleure insertion dans le paysage, il est préférable d'utiliser des essences locales seules ou associées aux peupliers (solution la meilleure).

On notera que les talus - écrans physiques -, revégétalisés, peuvent constituer des écrans phoniques acceptables, dans la mesure où ils sont proches des sources de bruit.

4.2 - CARRIERES A FLANCS DE RELIEF

Après étude des points de vue, couloirs de vue, et l'établissement d'un plan d'exploitation, on pourra employer les solutions déjà envisagées ci-dessus pour les carrières en terrain plat.

Mais plus spécifiquement :

Quelques installations - tels les ateliers de concassage - peuvent être situées plus en hauteur que les autres (généralement proches des entrées) : tout doit être fait pour éviter de les implanter sur ou au voisinage de la ligne d'horizon.

Créer un talus frontal suffisamment élevé pour être un masque efficace aux vues lointaines. Ce talus protecteur peut être formé de différentes manières : par exemple, en entaillant le versant parallèlement aux isoclines de façon à laisser subsister un cordon de largeur telle que son profil constitue un écran derrière lequel se poursuivra l'extraction.

On peut aussi, dans certains cas, rassembler les stériles de découverte en cordons sur lesquels on étendra la terre arable décapée, qu'on fixera en l'engazonnant. Des plantations sur le flanc et le sommet des talus accroîtront son efficacité d'écran visuel.

Elaborer un "plan d'exploitation" par tranches annuelles décrivant les mesures à réaliser avant le commencement de la tranche suivante, ceci en accord avec le type de réaménagement prévu :

- remodelage du sol,
- adoucissement des pentes,
- plantations pionnières, etc..

Eviter de laisser en finale une paroi lisse de dimension démesurée sur laquelle la lumière ne produit aucun jeu d'ombres (cas d'une paroi subverticale). Prévoir de préférence une exploitation en gradins, que l'on mettra en végétation au fur et à mesure, ce qui brisera la masse et permettra sa réinsertion dans le site.

5 - REMISE EN VEGETATION

La remise en végétation - totale ou partielle - est une opération qui touche l'amélioration des carrières à différents niveaux, et des fins diverses suivant ceux-ci : avant les travaux, elle permet de "préparer le terrain" en vue de masquer l'exploitation future ; cette action se prolonge pendant les travaux et sera même améliorée au fur et à mesure de l'extension de la carrière ; enfin, après les travaux, la plantation de végétaux s'inscrit dans le réaménagement global de la carrière.

5.1 - REMISE EN VEGETATION AVANT ET PENDANT L'EXPLOITATION

La remise en végétation d'une carrière avant travaux peut et doit être un prélude à l'aménagement paysager dont elle fera l'objet par la suite ; le problème est toutefois plus délicat lorsqu'il s'agit d'exploitations de roches massives, la majeure partie devant être réalisée plus tard.

On peut, en premier lieu, envisager :

- l'utilisation des premières terres de recouvrement pour créer des banquettes coupe-vues, antibruits et antipoussières
- des plantations pour masquer les futurs travaux
- une étude des boisements existants pour déterminer dans quelle mesure ils peuvent être intégrés dans un plan paysager
- toutes les plantations possibles en rapport avec les accès ou les déviations de route.

Une fois l'exploitation entamée, les nouvelles masses de terres de découverte peuvent fournir l'occasion de créer d'autres banquettes servant d'écrans ou la reprise et l'amélioration des anciennes.

La partie externe des banquettes de stériles (partie visible) peut être végétalisée si faire se peut.

D'autre part, dès que les terrils sont tassés (ce qui demande 6 à 12 mois), on peut envisager de les planter afin de les stabiliser et d'empêcher la dispersion des "fines" sous l'action du vent et des précipitations ; dans le même temps, cela permet de satisfaire le point de vue esthétique.

5.2 - REMISE EN VEGETATION APRES LES TRAVAUX

Nous abordons ici le problème de la remise en état des sols et du réaménagement des carrières.

Le cadre végétal participe, sans conteste, à la création du nouvel équilibre suivant trois actions distinctes :

- une action mécanique limitant les phénomènes érosifs de surface et contribuant à la stabilité hydrogéologique du site ;

- une action biologique développant le potentiel organique des sols et favorisant les échanges entre le milieu et la matière vivante ;

- une action psychologique par l'intermédiaire du site réintégré dans le paysage environnant.

Selon que l'exploitation se trouve en milieu rural, en milieu urbain ou périurbain - donc selon la vocation du terrain - la végétalisation revêtira des aspects différents ; en outre, les problèmes ne seront pas les mêmes suivant qu'il s'agisse d'une carrière en eau ou à sec, en terrain plat ou à flanc de relief.

En milieu rural, afin de rétablir la continuité du paysage, on peut procéder à la remise en culture ou en prairie, au reboisement et à la végétalisation des plans d'eau ; en milieu urbain ou périurbain, la revégétalisation s'oriente vers la création de zones vertes, parcs de loisirs, terrains de sports, etc..

5.2.1 - Mise en culture

Selon l'environnement agricole, elle consiste à rétablir des terrains à vocation céréalière, prairiale, maraîchère, pastorale, viticole, etc.. Parallèlement, il s'avère nécessaire de reconstituer des haies lorsque le réaménagement s'inscrit dans un paysage bocager.

Avant toute chose, il est indispensable d'effectuer une remise en état des sols : le tableau n° VII et la figure 17 indiquent les opérations qui précèdent la mise en culture d'une carrière.

Le sol qui repose sur le soubassement, est constitué par les terres de découverte qui ont été mises de côté pendant l'exploitation. Le temps de stockage ayant une action défavorable sur les propriétés des terres arables (au-delà d'un an, voire même six mois, une terre mal stockée peut perdre toutes ses qualités par lessivage et devenir inerte), il importe de procéder à leur fertilisation.

5.2.2 - Boisement

Le milieu forestier est le résultat d'une évolution patiente et active du milieu naturel ; toute atteinte à son intégrité ne pourra être restaurée dans sa totalité en quelques semaines ou en quelques mois. Dans tous les cas, il ne s'agira que d'un compromis entre l'homme et son milieu avec prépondérance de l'un dans un premier temps, puis de l'autre par la suite.

5.2.2.1 - Caractéristiques des sols

La profondeur de sol utilisable par les racines des arbres revêt une importance fondamentale dans le choix des espèces à planter. Dans le cas où une espèce déterminée s'imposerait pour des raisons d'harmonie paysagère, on pressent la nécessité d'une reconstitution adéquate du sol d'une carrière. Lorsque la terre végétale est en quantité insuffisante, on la dispose dans des fosses creusées individuellement pour chaque arbre (dans des tranchées pour les haies) afin d'éviter tout apport extérieur de terre arable supplémentaire qui s'avère fort coûteux.

Quelques matériaux de découverte peuvent être suffisamment fertiles par eux-mêmes pour porter des arbres, en particulier des espèces peu exigeantes telles que le bouleau ou le sycomore.

Là où les plantations doivent être effectuées sur sol non remanié, les problèmes de structure du sol ont des chances d'être moindres, mais le site doit être examiné à cause des débris, de la pollution, des obstacles au drainage et de tout autre facteur susceptible d'entraver la croissance des plantes.

5.2.2.2 - Drainage

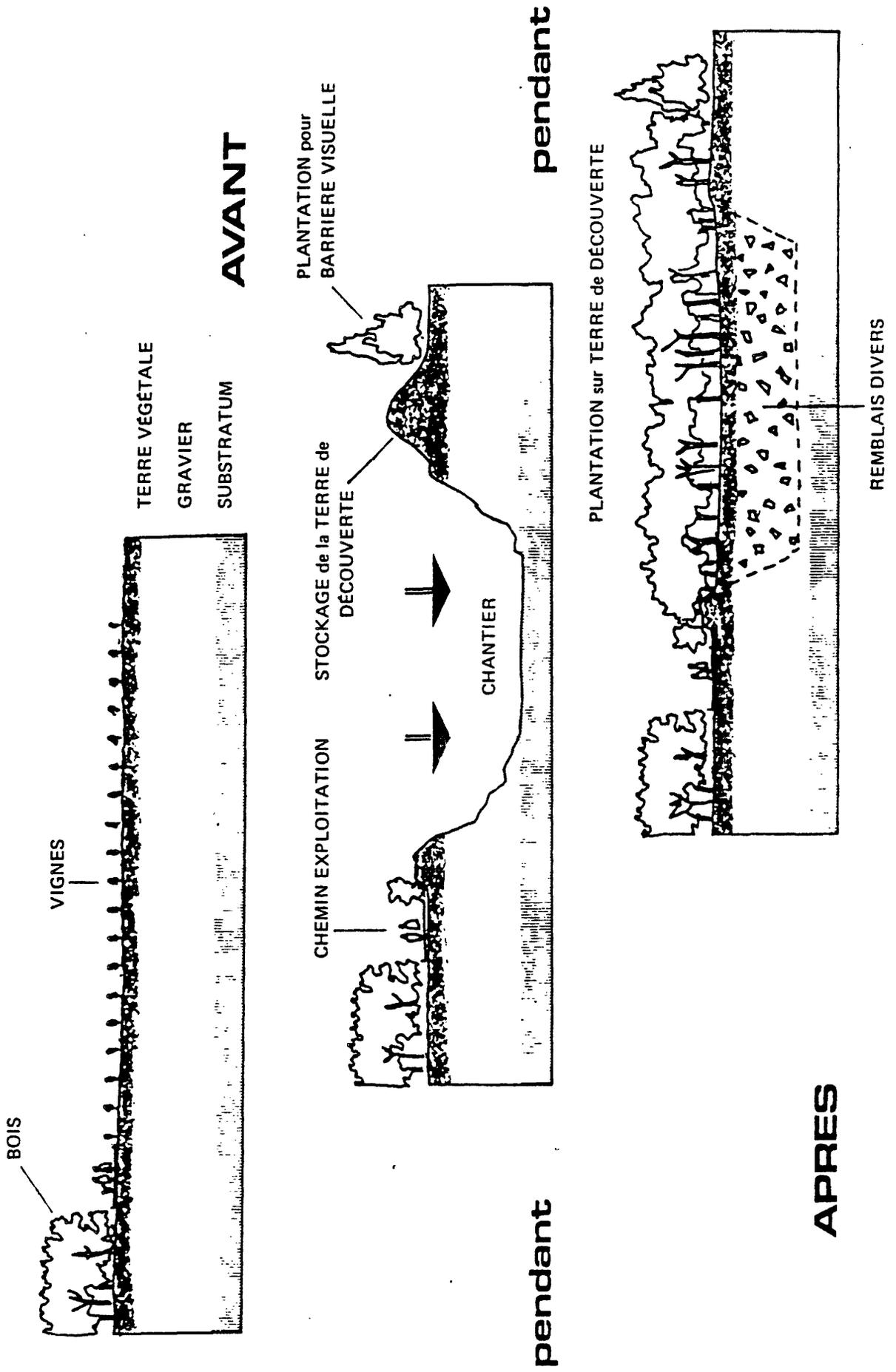
Les sols saturés d'eau en permanence sont impropres aux planta-

TABLEAU VII
OPERATIONS A EFFECTUER AVANT MISE EN CULTURE D'UNE CARRIERE

NIVEAU	OPERATIONS
<p>Soubassement</p> <p>Matériaux de décharge et/ou mise en couches des stériles</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Remblayage éventuel → mise hors d'eau - Planéification → évite toute cuvette de rétention des eaux passage des outils agricoles - Assainissement
<p>Sous-couche (+ "fines" de décantation éventuellement)</p> <p>Sol Couche humifère (= terre arable s.s.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place - Fumure organique - Complément de fertilisation minérale - Façons culturales - Mise en culture - Irrigation

(D'après : "conditions à observer pour un réaménagement agricole des carrières" - Comité de gestion de la taxe parafiscale - 1979)

Figure 17



tions ; de telles conditions nécessiteront d'être corrigées en réalisant des pentes pour entraîner l'eau en excès, ou des tranchées de drainage, ou une combinaison des deux solutions.

Les arbres eux-mêmes ont un effet considérable sur le drainage ; l'établissement d'espèces telles que l'aulne sur des terres humides peut conduire à un assèchement relatif du site qui permettra par la suite un choix plus large d'espèces.

5.2.2.3 - Précautions à prendre

Il est pratiquement indispensable de procéder à la clôture des espaces plantés, afin de les protéger des animaux et de l'homme. On peut utiliser à cette fin les clôtures naturelles que sont les haies ; elles ont évidemment une valeur d'écran importante. Malheureusement, elles nécessiteront elles-mêmes, dans les premiers temps, une clôture pour les protéger.

L'aubépine est probablement la meilleure haie passe partout mais elle n'aime pas l'ombre.

Le prunier myrobolan est bon aussi et de croissance rapide.

Le noisetier et le charme conviennent pour les sols lourds, mais sont de croissance lente, tandis que le genêt épineux est une excellente barrière sur sols légers sableux.

5.2.2.4 - Arbres existants à conserver

Des précautions particulières sont à prendre là où des arbres existants sont à conserver en tant qu'éléments du paysage. Il est aussi dommageable d'enterrer les troncs que d'exposer les racines à l'air en creusant autour des troncs ; en effet, l'écorce pourrit si elle est enterrée et le cycle vital de l'arbre qui est localisé immédiatement sous l'écorce est interrompu.

5.2.2.5 - Techniques du reboisement

La meilleure technique de reboisement s'effectue en trois étapes :

- engazonnement préalable à base de graminées en mélange, de légumineuses à rhizobium (bactérie symbiotique fixatrice d'azote se trouvant sur les racines), avec adjonction de mulch (paille et cellulose), d'engrais et d'eau. Le mélange de graminées est choisi d'après l'analyse physico-chimique du sol et le relevé floristique éventuel du milieu environnant ; les espèces les plus fréquemment employées sont indiquées dans le tableau n° VIII.

Les légumineuses, outre le fait qu'elles assimilent l'azote atmosphérique, ont la particularité de pouvoir puiser - pour certaines d'entre elles, (trèfle, luzerne) - l'humidité à de grandes profondeurs.

Dans les conditions d'accès difficile (talus pentu en particulier), les techniques de l'engazonnement hydraulique sont des auxiliaires précieux.

Certains exploitants préfèrent toutefois la culture de maïs à l'engazonnement.

Après deux ou trois ans, on enfouit ce gazon qui constitue alors un engrais vert. Les Anglais, en vue de restaurer la structure du sol, utilisent l'inoculation de vers de terre ou de leurs oeufs (70 000 à 600 000 individus/ha).

- premier boisement, accompagné d'un engazonnement léger : on plante alors des essences frugales et améliorantes telles que saule, peuplier, tilleul, bouleau, robinier, etc.. Notons que l'aulne (blanc ou glutineux) est particulièrement intéressant : de croissance rapide, il absorbe, comme les légumineuses, l'azote atmosphérique et ses feuilles, et, se décomposant rapidement, fournissent de grandes quantités d'humus.

- deuxième boisement : au bout d'une vingtaine d'années, on remplace progressivement les essences du premier boisement ("pré-forêt") par des essences plus "nobles" et plus longévives : les fruitiers (merisier, sorbier, prunier, cerisier de Sainte-Lucie, poirier commun), les érables, les frênes en zone humide, les hêtres, les chênes, les charmes, les châtaigniers, les pins, les mélèzes et les Douglas.

En général, quelles que soient les études faites au préalable, et les précautions prises pour la plantation, on a intérêt à varier au

TABLEAU VIII
GRAMINEES LES PLUS FREQUEMMENT UTILISEES POUR LE TRAITEMENT DE MISE EN VEGETATION

NOM COMMUN	NOM LATIN	SOLS APPROPRIES
Agrostide des chiens	Agrostis canina	Sols pauvres et humides
	Sous-espèces canina	Sols pauvres et secs
	Sous-espèces montana	Déconseillé sur les sols secs et trop stériles
Agrostide traçante	Agrostis stolonifera	Tous terrains, bien adaptés à l'altitude et aux sols pauvres
Agrostis commun	Agrostis tenuis	Sols secs et calcaires
Brome dressé	Bromus erectus	Sols moyens et humides
Fétuque élevée	Festuca arundinacea	ou à humidité saisonnière
Fétuque ovine	Festuca ovina	Sols secs et pauvres, surtout acides
Fétuque des prés	Festuca Pratensis	Sols moyennement humides
		ou à humidité saisonnière
Fétuque rouge	Festuca rubra	Tous terrains sans humidité stagnante
	Sous-espèces fallax	Plutôt sols secs
	Sous-espèces genuina	Plutôt sur sols moyennement humides
Ray-grass anglais	Lolium Perenne	Sols moyens et relativement humides
Paturin commun	Poa pratensis	Sols moyens, pas trop acides
Paturin des prés	Poa trivialis	Sols moyens relativement humides

maximum les essences, de manière d'une part, à éviter les risques d'échec total, d'autre part, à introduire une certaine variété dans le paysage.

En principe, les jeunes plants doivent être installés à des densités telles qu'ils assurent rapidement une couverture complète du sol, soit entre 5 000 et 10 000 plants/ha.

Toutefois, il est préférable de choisir l'écartement nécessaire au passage des engins possédés pour l'entretien de la plantation, ce dernier étant en effet plus important que l'optimisation de la densité de plantation.

Le reboisement est une opération coûteuse et longue, mais dont l'utilité paysagère et écologique n'est plus à prouver.

On trouvera en fin de chapitre, des listes concernant le choix des essences à planter.

5.2.3 - Végétalisation des plans d'eau

Elle concerne essentiellement les gravières et certaines carrières en eau. Ses buts sont multiples : on peut viser soit la création de zones de loisirs (pêche, voile, baignade,...) soit l'institution de réserves naturelles (ornithologiques notamment).

Il s'agit de reconstituer la ceinture végétale qui existe normalement autour des étangs. Dans le cas le plus général, on peut se servir de la terre de découverte, mise en pente douce ; elle devra recevoir une végétation implantée artificiellement, avec un choix d'espèces assez restreint afin d'éviter l'envahissement du plan d'eau. Certaines berges peuvent être plantées avec des aulnes, des peupliers et des saules, tandis que les rives en pente douce recevront des joncs, des rubanées et des carex. Des potamots, des oseilles et des plantains seront installés afin de fournir de la nourriture aux animaux.

Sur la terre ferme, la ronce, les arbustes épineux (aubépines) et les essences à port retombant, feuillage serré et semi-persistant, seront préférés pour la frange de bord des eaux à d'autres plantes, en vue de fournir un excellent abri pour la nidification et contre la prédation.

Autour des étangs, une végétation "arbustive" peu dense ou de la prairie naturelle constitueront un lieu d'accueil favorable à la petite faune. Les essences indigènes mélangées formeront un boisement clair et diversifié à plusieurs étages de végétation.

Dans le cas d'un projet de réserve ornithologique, on aura soin de planter non loin des rives des essences produisant une bourre cotonneuse utilisée par les oiseaux pour le rembourrage des nids (peupliers blancs, certains saules). Il s'agit aussi de constituer des sources naturelles et permanentes de nourriture, en implantant çà et là des espèces à fruits ou baies, par exemple :

- groseilliers sauvages et framboisiers (juillet-août)
- merisiers (août-septembre)
- sorbiers (septembre-décembre)
- pyracanthas (octobre-novembre)
- troènes communs (octobre-décembre)
- cornouillers, aubépines (novembre-décembre)
- cognassiers du Japon (novembre-mars, après gelées)
- poiriers sauvages (janvier-mars, après gelées)

Ces essences nourricières sont souvent utilisées dans la composition de gaulis brise-vent.

5.2.4 - Autres cas

En milieu urbain et périurbain, la création d'espaces verts (parcs, jardins d'enfants,...) vise à améliorer le cadre de vie des citadins.

Le principe de mise en végétation rassemble ceux énoncés ci-dessus : engazonnement et reboisement. Mais il faut envisager en outre une étude paysagère.

Enfin, la remise en végétation artificielle n'est pas systématique : il est parfois intéressant de laisser la végétation naturelle revenir d'elle-même. Par exemple, les terrains crayeux possèdent une flore spéciale et riche, et les fonds de vieilles carrières de craie hors d'eau se remettent d'eux-mêmes rapidement en végétation ; ce sont tout

d'abord les herbacées et les buissons qui envahissent le site (aubépine, églantiers) ; puis, après une succession de stades divers, le climat boisé s'installe définitivement.

ENVIRONNEMENT VEGETAL DES BALLASTIERES

Liste des principales espèces végétales susceptibles d'être utilisées dans l'embroussaillage et le gazonnement des berges et des terrains nus. (Note technique de la D.D.A. du Haut-Rhin).

<u>Espèces</u>	<u>Caractéristiques</u>
SALIX ALBA (saule blanc)	Essence de lumière. Très robuste. Supporte les sols frais, humides, de toute nature ainsi que les terrains secs et légers. Croissance assez rapide, à planter profondément, utiliser les boutures.
SALIX CAPREA (saule marsault)	Essence de lumière. Supporte les terres inondées périodiquement. Pousse dans tous les sols, mais craint la sécheresse. Rejette de souche. Multiplication par boutures. Enracinement superficiel.
SALIX DAPHNOIDES (saule daphné)	A utiliser en terrain frais au-dessus de 1 200 m
SALIX PURPUREA (saule pourpre)	Supporte les expositions chaudes
POPULUS ALBA (peuplier blanc)	Stations fraîches en dessous de 800 m. Enracinement long et traçant. Drageonne abondamment, se bouture mal.
POPULUS TREMULA (tremble)	Enracinement superficiel. Supporte tous les sols jusque 1 800 m. Se bouture mal, mais drageonne bien.
ALNUS INCANA (aune blanc)	Enracinement traçant et long. Supporte tous les sols et se maintient dans les terrains secs. Se bouture mal, rejette de souche et drageonne abondamment.
ALNUS GLUTINOSA (aune glutineux)	Enracinement d'autant plus traçant que le sol est plus humide. Exige des sols très humides et supporte bien les stations inondées. Rejette de souche, mais ne drageonne pas.
ALNUS VIRIDIS (aune vert)	Enracinement très superficiel et traçant à longue distance. Sols siliceux, frais, humides. Drageonne et se marcotte bien.

BETULA VERRUCOSA
(bouleau verruqueux)

Enracinement à faible pivot avec nombreuses racines latérales superficielles. Craint la concurrence vitale. Résiste aux chaleurs et aux grands froids. Colonisateur naturel d'espaces vides. Rejette mal de souche.

CARPINUS BETULUS
(charme)

Enracinement à faible pivot. Craint les sols acides. Supporte assez bien la sécheresse. Rejette de souche jusqu'à un âge avancé. Marcottage facile.

SORBUS ARIA
(alisier blanc)

Enracinement profond et étendu. Vient bien sur sol sec, craint les sols compacts et humides. Rejette de souche.

TILIA TOMENTOSA
(tilleul argenté)

Vient dans tous les sols. Bonne résistance à la sécheresse.

CERASUS MAHALES
(cerisier de Sainte Lucie)

Enracinement pivotant avec racines obliques. Supporte les sols crayeux et très secs. Rejette de souche et drageonne abondamment.

CORNUS MAS
(cornouillier mâle)

Arbuste. Enracinement superficiel. Supporte les sols crayeux même très secs. Rejette de souche.

ELEAGNUS ANGUSTIFOLIA
(olivier de Bohême)

Enracinement traçant. Arbuste. Supporte les sols pierreux, sablonneux, arides et même salés. Drageonne.

CITYSUS ALPINUS
(cytise des Alpes)

Jusqu'à 1 800 m. Vient dans les éboulis, les sols rocheux secs, calcaires de préférence.

CITISUS LABURNUM
(faux ébénier)

Enracinement superficiel. Jusqu'à 1 500 m. Supporte les sols secs, les éboulis, calcaires de préférence.

ROBINIA PSEUDOACACIA
(acacia ou robinier)

Enracinement très variable. Tous les sols légers, sablonneux un peu frais, meubles. Supporte mal le calcaire, les sables secs et les argiles lourdes. Rejette et drageonne abondamment.

Station

Espèces

SOLS INONDES périodiquement ou marécageux

Salix caprea
Alnus glutinosa

SOLS HUMIDES

Salix alba - Salix dephnoïdes
Populus alba et tremula
Alnus incana et viridis -
Betula pubepans
Carpinus betulus - Tilia
tomentosa
Cornus mas - Robinia pseudo-
acacia

SOLS SECS

Salis purpurea - Alnus inca-
na - Betula verrucosa - Car-
pinus betulus - Sorbus a-
ria - Cerasus mahaleb - Cor-
nus mas - Eleagnus angusti-
folia - Cytisus alpinus et
Laburnum

ENGAZONNEMENT

La liste qui suit se propose d'énumérer quelques espèces particulièrement rustiques ; il en existe des quantités d'autres. Dans tous les cas, il est souhaitable d'utiliser des mélanges.

ANTHYLLIS VULNERARIA (trèfle jaune)	Sols calcaires
ANTHYLLIS MONTANA (anthyllis de montagne)	Terrains calcaires, rocheux
ONOBRYCHIS SATIVA et MONTANA (sainfoin)	Sols calcaires secs
HEDYSARUM OBSCURUM (sainfoin des Alpes)	Pierrailles calcaires ou marneuses
CALAMOGROSTIS ARGENTEA	Eboulis calcaires
CALAMOGROSTIS SYLVATICA et ARUNDINAGEA	Eboulis en sols siliceux frais
FESTUCA OVINA (fétuque ovine)	Sols siliceux. Supporte les expositions chaudes
BROMUS ERECTUS	Supporte les sols calcaires chauds
LOTUS CORNICULATUS (lotier corniculé)	Sols agricoles
TRIFOLIUM PRATENSE (trèfle des prés)	Sols agricoles

C H A P I T R E 3

MESURES REGLEMENTAIRES PRISES DANS LES PAYS MEMBRES DE LA CEE EN MATIERE DE REDUCTION DES NUISANCES ET DE GESTION DE L'ESPACE DES CARRIERES

- 1 - Introduction
- 2 - Principes généraux
- 3 - Procédures d'autorisation
- 4 - Prise en considération de l'environnement
- 5 - Réaménagement.

1 - INTRODUCTION

La comparaison des législations des pays de la communauté européenne sur la prise en considération des problèmes d'environnement dans le domaine des carrières est fondée sur l'analyse des rapports réalisés pour chaque pays (rapports que l'on trouvera en annexe).

D'autres pays ont pu être étudiés à titre d'information (Grèce, Suisse, U.S.A.). Ils sont exclus des prochains développements.

Pour ces rapports, un questionnaire commun, que l'on trouvera en annexe, a été établi. Il cerne l'ensemble des problèmes règlementaires (contenu du dossier, autorités compétentes, modalités de la décision d'autorisation...) et techniques (nuisances, réaménagement). La durée des enquêtes (de une semaine à un mois) a permis d'avoir un panorama général de la situation sans qu'aucun problème puisse être véritablement approfondi. Pour tous ces rapports, le questionnaire constitue l'ossature de l'enquête. Certains l'ont suivi jusque dans leur détail, d'autres ont préféré développer tel ou tel point, susciter telle ou telle question, compte tenu de la réalité à laquelle ils étaient confrontés. Ces rapports doivent donc être lus d'un double point de vue : le point de vue général, exprimé par le questionnaire qui permet de faire une comparaison point par point entre tous les pays, et le point de vue spécifique qui exprime la logique interne d'un système à l'intérieur duquel lois et règlements, souhaits et réalités sont articulés. En effet, les problèmes d'environnement dans le domaine des carrières peuvent difficilement être envisagés en dehors de l'aménagement du territoire par exemple qui privilégie, suivant les cas, le niveau local, régional ou national ; les "autorités compétentes" en la matière ne le sont que parce qu'un système général de fonctionnement de l'Etat le permet. La comparaison entre la France, l'Italie et la Grande Bretagne est, à cet égard, particulièrement éloquente. En France, c'est le préfet, c'est à dire le représentant de l'autorité centrale, qui signe l'arrêté d'autorisation ; en Italie, ce sont les services spécialisés des "gouvernements régionaux" et, en Grande Bretagne, les services locaux de l'aménagement.

La structure générale des Etats, et notamment leur degré de centralisation, constitue donc un arrière plan incontournable qui détermine en cascade l'élaboration des législations, la qualité des autorités compétentes et les modalités du contrôle.

De fait, il n'existe pas toujours de législation nationale, les distinctions entre mines et carrières n'ont pas toujours valeur réglementaire, les rapports entre propriété du sol, propriété des matériaux et propriété du sous-sol peuvent être complexes et les décisions d'autorisation sous la responsabilité d'autorités très diverses, que ce soit pour l'extension géographique de leur domaine (local, régional, national) ou la pluralité de leur compétence : ensemble des problèmes d'extraction, qui met en avant les facteurs économiques (France) ou, à l'inverse, ensemble des problèmes d'environnement qui accorde la première place à la protection de la nature (Allemagne fédérale).

Dans certain pays, les normes de protection de l'environnement sont claires et strictes : dans d'autres, il n'y a que des directives sinon des sensibilités. Les réalisations sont aussi très inégales, non seulement suivant les régions ou les pays et les types de matériaux, mais aussi les superficies exploitées, les particularités de la propriété, la proximité ou non de centres urbains, l'ancienneté des exploitations, les autorités compétentes...

Cette comparaison des législations tentera donc de mettre en évidence les problèmes, les différences et les inégalités à travers ce double éclairage d'une comparaison point par point et d'une logique interne à chaque pays, telle qu'elle s'exprime dans les différents rapports en envisageant, successivement, comme le fait le questionnaire :

- les principes généraux
- la procédure d'autorisation
- la prise en considération de l'environnement
- le réaménagement.

2 - PRINCIPES GENERAUX

2.1 - Définition d'une carrière

Dans aucun pays les carrières n'ont de définition propre : elles se définissent toujours par rapport aux mines et, en dernière analyse, toujours de la même manière : négative. Les carrières sont des exploitations délimitées par un périmètre à l'intérieur duquel sont pratiquées des activités d'extraction de matériaux, sans pour autant être des mines - ni des minières, pouvons-nous ajouter pour les pays du Bénélux.

Enoncer cette définition négative qui n'a de valeur légale qu'en France, mais qu'on peut lire en filigranne dans toutes les autres législations, nous oblige d'une part à définir les mines et le cas échéant les minières, d'autre part à poser que le champ d'application de la notion de carrière n'est pas limité à priori. Non seulement, de par la volonté du législateur, une carrière peut être inscrite à la liste des mines, mais encore toute activité d'extraction non prévue par la législation minière devient automatiquement une carrière au sens où nous l'entendons. C'est, paradoxalement, le sens profond des lois régionales allemandes de ces dernières années (Abgrabungsgesetz de Rhénanie du Nord-Westphalie, Bodenabbaugesetz de Basse-Saxe, etc...) qui régissent les activités extractives ne dépendant pas de la législation minière et du service des mines sans qu'il y ait besoin de leur donner un nom spécifique.

Globalement, si l'on excepte le Danemark qui règle par une unique "loi sur les matières premières" (lov om råstoffer, 1977) l'ensemble des activités extractives et ignore, de ce fait, toute différence entre mines et carrières, deux types de distinction existent.

Le premier est fondé sur la nature des matériaux extraits. En France, en Italie, dans les pays du Bénélux ainsi qu'en Allemagne fédérale les mines sont définies par une liste de matériaux, globalement les métaux, les sels et les matériaux sources d'énergie ; les carrières correspondant à l'extraction des autres substances utiles. En Belgique, les minières jouent un rôle intermédiaire et sont considérées comme "d'intérêt national", non pour leur valeur intrinsèque mais pour leur rapport avec l'industrie : l'extraction des dolomies, des calcaires et des argiles plastiques (matériaux

couverts par la dénomination "minières") est nécessaire à la métallurgie. On peut constater d'ailleurs que la valeur économique de ces matériaux en fait des mines dans plusieurs législations. En Italie, ils sont considérés comme des "mines d'intérêt local". Cette contradiction entre les conceptions belges ("intérêt national") et italiennes ("intérêt local") pour les mêmes matériaux ne peut se comprendre que dans le cadre d'un historique des besoins économiques et des législations. Si dans les deux cas, il est clair que les argiles plastiques ne sont pas des mines au sens classique du mot (métaux, sels, sources d'énergie), il est clair aussi que ces matériaux sont d'une trop grande importance économique pour que leur extraction soit soumise à simple déclaration et leur exploitation laissée, sans autre forme de procès, au bon vouloir du propriétaire du sol, ce qui jusqu'à ces dernières années a été la règle pour les carrières dans tous les pays européens.

Le second est fondé sur le caractère souterrain ou non de l'exploitation : en Irlande et en Grande Bretagne, les mines sont des exploitations souterraines tandis que les carrières sont des exploitations à ciel ouvert⁽¹⁾ (à l'exception des mines à ciel ouvert de charbon). Mais il s'agit d'une distinction du langage courant qui n'a pas de valeur légale : le Minerals Development Act irlandais de 1940 complété par le Minerals Development Bill de 1978, aussi bien que le Mines and Quarries Act britannique de 1954, concernent aussi bien les unes que les autres, tant et si bien qu'il faut s'en tenir à la première distinction, qu'on peut tenter d'élargir, fondée sur la nature des matériaux.

En effet, une autre définition, plus générale, pourrait rendre compte de la précision de la définition des mines dans la plupart des législations, comme du flou de celle des carrières. Si l'on fait abstraction des "mines d'intérêt local" italiennes, qui sont en fait d'intérêt régional, il est possible de dire que les mines sont "d'intérêt national" tandis que les carrières sont "d'intérêt local".

(1) Cette distinction se superpose à la première en Allemagne fédérale où les exploitations souterraines sont toujours des mines.

Historiquement, cette distinction a un effet décisif sur le traitement qu'ont subi ces deux types d'exploitation, notamment rapports de propriété complexes, autorités compétentes à des niveaux différents, exigences moindres pour les carrières. Dans plusieurs pays, cette différence a un effet direct sur la qualité des autorités compétentes. En Italie par exemple, les mines dépendent de l'Etat, les carrières des régions ; en Allemagne également, les mines dépendent de l'Etat (mais en Allemagne, quand on parle de l'Etat il s'agit toujours de la région ; dans le cas contraire, on parle de fédération) et les carrières des cantons (Kreise).

Le premier problème, ce n'est pas le moindre, car ses implications sont considérables, est donc un problème de définition car la comparaison des législations ne peut, dans ce contexte, n'être que partielle, les mêmes termes ne recouvrant pas exactement les mêmes réalités, même si un sens général peut être trouvé.

Les tableaux, ci-après, de production par pays montrent à la fois les matériaux habituellement répertoriés sous la dénomination "carrière" et leur importance pour la communauté européenne.

PRINCIPAUX PRODUITS DE CARRIERES : PRODUCTION PAR PAYS

ROYAUME UNI

Produits	1973	1974	1975
Barytine	50 kT	50 kT	60 kT
Calcite	20 kT	21 kT	19 kT
Craie	22.160 kT	20.415 kT	28.300 kT
Argiles	40.126 kT	37.078 kT	31.679 kT
Diatomites	4.000 T	4.000 T	3.500 T
Feldspaths	49.999 T	50.000 T	50.000 T
Pierre massives	173.080 kT	157.172 kT	
Sables et graviers	142.775 kT	124.912 kT	144.026 kT
Talcs, pyrophillite,...	20.300 T	20.600 T.	19.100 T

IRLANDE

Produits	1973	1974	1975
Barytine	273.000 T	344.600 T	295.000 T
Chaux	76 kT	79 kT	78 kT
Sables et graviers	6.078 kT	6.182 kT	5.036 kT
Pierres (calcaires)	8.982 kT	8.108 kT	6.920 kT
Autres	4.248 kT	3.092 kT	3.288 kT

Tous les chiffres, à l'exception de ceux de la France, sont tirés du "Minerals year Book" (volume III, 1975)

BELGIQUE

Produits	1973	1974	1975
Argiles	408 kT	240 kT	116 kT
Chaux	3.418 kT	3.558 kT	2.842 kT
Dolomie	2.191 kT	2.588 kT	2.497 kT
Pierre à chaux	23.940 kT	23.784 kT	23.227 kT
Marbres (blocs)	3.431 m ³	2.652 m ³	2.333 m ³
Marbres (concassés)	10.655 T	9.876 T	2.840 T
"Petit granite"	606.807 m ³	791.100 m ³	1.023.462 m ³
Prophyre	6.925 kT	5.486 kT	5.436 kT
Quartzite	433.992 T	440.295 T	372.294 T
Sables	15.881 T	18.653 T	16.211 T
Graviers	6.214 T	6.336 T	5.700 T
Grès	2.190 kT	2.349 kT	2.148 kT
Ardoises	2.210 T	1.982 T	1.100 T

LUXEMBOURG

Produits	1973	1974	1975
Quartz, quartzite) sable pour verrerie)	23.928 T	31.920 T	29.560 T
Sable	885 kT	870 kT	1.211 kT
Pierre de construction	6.000 m ³	11.000 m ³	27.000 m ³
Pierre de taille	265 kT	475 kT	
Dolomie	454 kT	494 kT	475 kT
Ardoises	12.000 m ²	10.000 m ²	5.000 m ²

Tableau IX (suite)

DANEMARK

Produits	1973	1974	1975
Argiles, kaolin	18.000 T	23.000 T	23.000 T
Diatomites	240 kT	240 kT	275 kT
Chaux	217 kT	171 kT	166 kT
Calcaire	2.331 kT	1.878 kT	2.295 kT
Sables	2.013 km ³	1.607 km ³	2.127 km ³

REPUBLIQUE FEDERALE ALLEMANDE

Produits	1973	1974	1975
Barytine	330.034 T	306.395 T	254.902 T
Craie	256 kT	259 kT	
Argiles	6.568 kT	6.526 kT	5.633 kT
Diatomites	52.516 T	47.743 T	54.630 T
Feldspaths	355.791 T	374.844 T	395.833 T
Chaux	11.236 kT	11.211 kT	9.175 kT
Ponce	7.035 kT	4.822 kT	3.584 kT
Quartz, quartzite et sable pour verrerie	7.873 kT	8.094 kT	6.455 kT
Calcaire industriel	75.384 kT	59.144 kT	52.574 kT
Granulats	119.139 kT	124.376 kT	113.115 kT
Ardoise	70 kT	70 kT	70 kT
Basalte - Laves	7.477 kT	6.597 kT	6.894 kT
Calcite	20 kT	22 kT	7 kT
Sables et graviers	208.201 kT	185.298 kT	172.623 kT
Talc (+talcshiste)	28 kT	30 kT	21 kT

ITALIE

Produits	1973	1974	1975
Barytine	167.759 T	180.470 T	212.868 T
Argiles	34.345 kT		
Diatomites	87.170 T	90.000 T	90.000 T
Feldspaths	189.322 T	238.684 T	185.209 T
Chaux	2.248 kT	2.320 kT	2.185 kT
Ponces	1.129 kT	1.130 kT	1.130 kT
Pouzzolanes	4.564 kT	4.600 kT	4.600 kT
Sables et graviers	115.169 kT		
Pierres massives (calcaires, granit..)	7.067 kT		
Granulats	10.624 kT		
Calcaires et dolomie	88.034 kT		
Marbre	1.517 kT		
Quartz et quartzite	502 kT		
Grès	716 kT		
Schiste	52 kT		
Serpentine	2.119 kT		
Travertin	251 kT		
Tuff	2.014 kT		
Talcs	147.062 T	154.962 T	142.991 T

GRECE

Produits	1973	1974	1975
Barytine	203.133 T	258.436 T	276.699 T
Argiles : Bentonite	472.229 T	384.408 T	428.466 T
Kaolin	76.130 T	82.753 T	72.140 T
Pouzzolanes	723.663 T	820.735 T	857.944 T
Ponce	757.130 T	523.896 T	525.952 T
Sable SiO ₂	17.341 T	17.997 T	16.165 T
Talc	5.251 T	4.320 T	5.860 T

FRANCE

Chiffres pour 1975, exprimés en kT

Granulats d'alluvions	225.000
Granulats de concassage	113.000
Pierres de construction (calcaires, marbres, granit)	3.000
Calcaire pour l'industrie (cimenteries exclues)	8.600
Calcaire des carrières intégrées à des cimenteries et fours à chaux	42.000
Ardoise à toiture	94
Autres produits ardoisiers	80
Gypse	5.860
Craie	700
Sables à usage industriel	5.700
Dolomie	1.200
Argiles, marnes pour cimenteries	13.000*
Argiles à briques	11.000*
Argiles et terres réfractaires	1.600
Kaolin	219
Feldspath	244
Divers	10.000*
	<hr/>
TOTAL.....	441.297

* estimations

Nombre de carrières en activité : environ 7.000

Surface exploitée annuellement : environ 3.500 ha

Tableau IX (fin)

2.2 - Installations annexes

La définition des carrières ne serait pas complète si elle n'ajoutait pas à cette définition négative une définition positive : la carrière est une exploitation délimitée par un périmètre à l'intérieur duquel s'effectue une activité extractive. Les rapports par pays offrent, à la question de savoir si les installations annexes font ou non partie de la carrière, des réponses qui se situent sur des plans différents.

Elles sont considérées comme en faisant partie en Grande Bretagne et en France ; en Allemagne et en Italie, elles en font partie "quand elles sont situées à l'intérieur du périmètre de la carrière" ; au Luxembourg, aux Pays-Bas, au Danemark, en Irlande, elles nécessitent une déclaration ou une autorisation spéciale au titre de la "loi sur les nuisances" (Pays-Bas), ou de la "loi sur les établissements dangereux" (Luxembourg).

En fait, même lorsqu'elles font partie de la carrière, c'est à dire lorsqu'elles doivent être mentionnées dans la demande d'ouverture, elles sont soumises à des législations spécifiques : sécurité, bruit, trépidations.. (France, Allemagne), qui les rendent dans tous les cas réglementairement autonomes - sinon indépendantes de la carrière.

2.3 - Régime de la propriété

La question de la propriété du sol et du sous-sol apparaît elle-aussi très complexe : l'Allemagne ne connaît-elle pas quatre types distincts de propriété suivant la nature des matériaux extraits ? En fait, les "carrières" correspondent au quatrième type de propriété, celui d'après lequel les matériaux appartiennent au propriétaire du terrain. Cette caractéristique est d'ailleurs générale dans la Communauté et participe de la définition même de la carrière. Elle est étroitement liée au caractère "intérêt local" des matériaux extraits qui a incité pendant des décennies, le législateur à ne pas limiter le droit de propriété. Dans cette première optique, le propriétaire dispose de son terrain comme il l'entend et est soumis à simple déclaration pour exploiter.

Depuis la fin de la guerre, avec une accélération au cours des années 1970, le développement des constructions (bâtiment et travaux publics), l'extension des zones bâties, la nécessité plus ou moins pressante suivant les pays

ou les régions d'élaborer des plans d'aménagement du territoire et la prise en considération des problèmes d'environnement ont incité progressivement les différents pays à planifier l'extraction des matériaux utiles et à légiférer, d'une manière de plus en plus précise et contraignante, l'ouverture de carrières, donc à limiter le droit de propriété.

En effet, si dans tous les pays le propriétaire du terrain reste propriétaire des matériaux situés à la verticale de sa surface, son droit d'exploiter est limité d'une part par les contraintes de l'aménagement du territoire, d'autre part par la substitution d'une demande d'autorisation à la simple déclaration préalable dans tous les pays de la communauté, à l'exception des régions du centre et du sud de l'Italie qui n'ont pas encore voté de lois régionales réglementant les ouvertures de carrières.

La demande d'autorisation constitue en fait, sinon en droit, une limitation du droit de propriété, non seulement en ce que n'exploite pas qui veut, mais aussi par les conditions posées dans les dossiers qui exigent, par exemple dans les régions du Nord de l'Italie, que l'exploitant éventuel fasse la preuve de ses capacités techniques et financières. De ce fait, même si la tradition générale, notamment aux Pays-Bas, au Luxembourg, en Italie, en Allemagne, veut que le propriétaire du sol exploite ou que l'exploitant éventuel achète, même si au Danemark et en Irlande aucune exploitation n'est possible sans l'accord du propriétaire du terrain, l'autorité compétente, par son pouvoir décisionnaire et l'accord de concessions s'arroge à terme le droit de décider où des carrières seront mises en exploitation et, par ricochet, qui est susceptible d'exploiter. Les lois italiennes prévoient d'ailleurs que l'autorisation, nominative, ne peut être rétrocédée à un tiers et peut même être retirée si l'exploitation ne se déroule pas de la manière prévue.

2.4 - L'aménagement du territoire

L'aménagement du territoire est, dans tous les pays, un système hiérarchisé et organisé de manière plus ou moins complète ou stricte. Il est possible de distinguer plusieurs niveaux suivant la structure des différents pays et la place qu'ils accordent à telle ou telle instance.

Globalement apparaissent trois niveaux : national, régional et local, chacun de ces niveaux précisant le précédent. Dans les petits pays (Luxembourg, Danemark), seuls existent les niveaux national et local ; dans les pays où les pouvoirs régionaux sont étendus (Allemagne, Italie), les plans d'aménagement nationaux sont quasiment inexistantes.

Ces plans sont précisés localement, généralement au niveau de la commune (Plans d'occupation des sols français), mais aussi à celui de l'arrondissement ou du canton (Regierungsbezirk ou Kreis allemands).

Les plans régionaux ne prennent en général que très peu le problème des carrières en considération. Les "plans de développement industriel" irlandais ne comportent pas de zonage pour les carrières ; les "plans d'aménagement ruraux" français non plus. En Angleterre en revanche, les "plans de structure", élaborés en coordination avec les organisations professionnelles prennent en compte les carrières et les mines au même titre que les autres types de travaux : en Belgique, les plans de secteur prévoient des "zones d'extraction".

Mais, c'est probablement en Italie du Nord, et notamment au Frioul, que les plans sont les plus élaborés. Le "plan régional d'extraction" actuellement sous presse, et rendu particulièrement urgent par les nécessités de reconstructions d'une grande partie de la région à la suite des tremblements de terre de mai et septembre 1976, s'intègre au plan régional d'aménagement et comprend plusieurs volets :

- une carte des ressources de la région ;
- une carte des possibilités extractives (rentabilité, accès...) ;
- un tableau des besoins de la région pour les 10 prochaines années ;
- une carte des zones soumises à autorisation spéciale (vincolo).

En revanche, quel que soit le système et quel que soit le niveau auquel on se place, les plans d'aménagement définissent des zones de contraintes spécifiques susceptibles de limiter les autorisations d'ouverture par l'intervention d'autorités étrangères au problème des carrières et disposant de pouvoirs étendus. Les zones militaires et les parcs nationaux ou régionaux sont évoqués ici pour mémoire : il est clair qu'aucune ouverture de carrière n'est en général possible dans des zones ainsi protégées, mais ce système de contraintes peut être étendu à des zones de caractéristiques

tout autres. Par exemple, en Allemagne fédérale, aucune ouverture de carrière n'est possible si elle va à l'encontre des plans d'aménagement de l'arrondissement ; en France, les Plans d'Occupation des Sols communaux ou intercommunaux interdisent les exploitations dans les "zones ND". Les Pays-Bas disposent de "plans d'affectation des sols" et en Belgique, les plans d'aménagement ont "force obligatoire", tant et si bien qu'ils décident même du type de réaménagement après exploitation. En Italie, le système de contrainte est en général plus souple en ce que le territoire est parsemé de zones protégées, soumises à autorisation particulière (vincolo) qui font intervenir des autorités extérieures au problème des carrières, zones hydrogéologiques (accord du service des eaux), zones forestières (accord du service des forêts), etc...

La Grande Bretagne constitue une exception du fait que les services d'aménagement du territoire sont compétents en matière de carrières. Ils ont une vue globale et des responsabilités tant sur le plan économique que sur le plan de l'environnement, ils ne constituent pas un service "défendant" un point de vue particulier (les carrières, ou l'environnement par exemple), mais tentent d'harmoniser au mieux les différents intérêts et les différentes contraintes.

Du point de vue de l'aménagement du territoire, le problème des carrières est donc pris en compte au niveau local beaucoup plus qu'au niveau régional ou national. A l'exception de la Grande Bretagne, de la Belgique et - en partie - de l'Italie, les plans d'aménagement s'expriment sous la forme de contraintes spécifiques qui restreignent les possibilités d'exploitation.

3 - PROCEDURES D'AUTORISATION

La procédure d'autorisation s'est progressivement substituée à la simple déclaration, dans tous les pays de la communauté, à l'exception du Danemark, des régions du centre et du sud de l'Italie, à l'exception aussi de la France pour les carrières d'une superficie inférieure à 2.000 ou 5.000 m² suivant les cas.

Cette procédure d'autorisation implique l'existence de dossiers remis par l'exploitant éventuel à une ou plusieurs autorités compétentes, susceptibles elles-mêmes de consulter divers organismes ou associations. Puis, après un certain délai, une décision est prise.

3.1 - Les différents types de dossier

Deux types de dossier (comprenant eux-mêmes divers degrés d'élaboration) peuvent être distingués : les dossiers simples et les dossiers d'impact sur l'environnement.

3.11 - Les dossiers simples

Les données techniques (au sens large), fournies plus ou moins complètement par tous les dossiers, quel que soit le pays, seront mentionnées pour mémoire. Elles comprennent l'identité du demandeur, un exposé de ses capacités techniques et financières, la nature du matériau, une estimation des quantités extraites par an, leur utilisation ultérieure, l'emplacement de la carrière reporté sur une carte à une échelle comprise entre 1/20.000^e et 1/50.000^e, un plan de la carrière à une échelle comprise entre 1/2.000^e et 1/5.000^e comprenant notamment les courbes de niveau avec un plan d'exploitation, éventuellement la position des bâtiments et des installations annexes (concassage, criblage ou même cimenteries...), la position des voies d'accès, le trafic routier induit par la carrière, etc... La partie technique peut être très élaborée.

Plus importantes pour notre propos sont les données sur l'environnement. Elles peuvent être de deux types. Soit une indication des mesures envisagées pour atténuer les "inconvenients pour le voisinage", mesures qui peuvent aller de la pose d'écrans anti-bruits au plan de réaménagement, soit une série d'autorisations partielles, fournies par des autorités diverses

au titre de telle ou telle loi. Par exemple, le dossier allemand comprend une autorisation des Ponts et Chaussées, une autorisation du Service des eaux, une autorisation du Service des forêts...

Cette distinction n'est d'ailleurs qu'une distinction de procédure dans la mesure où les données relatives à la protection de l'environnement peuvent être les mêmes d'un système à l'autre, mais, dans un cas l'exploitant éventuel fournit un dossier global à une autorité compétente, à charge pour elle de consulter experts et services pour chacun des problèmes envisagés, dans l'autre, l'exploitant éventuel doit lui-même obtenir les autorisations partielles qui constituent alors le dossier proprement dit. La prise en compte de l'environnement dans ces dossiers peut être très complète. (Dans tous les pays, un plan de réaménagement est maintenant exigé). Les problèmes les plus divers peuvent être envisagés jusque dans leur détail et les solutions proposées très élaborées.

3.12 - Les dossiers d'impact sur l'environnement

Les dossiers d'impact sur l'environnement ne sont obligatoires qu'en France et en Irlande lorsque le coût total de l'exploitation dépasse respectivement 6 millions de francs et 5 millions de livres. En Grande Bretagne, une "évaluation de l'impact sur l'environnement" peut être exigée pour les sites importants et, au Luxembourg, une étude d'impact est en cours, la première, pour le secteur des gravières de Remerschen.

Ces dossiers d'impact se distinguent des dossiers simples en ce qu'ils comprennent une étude, la plus complète possible de l'état initial et une étude prospective des effets probables de la carrière sur l'environnement (sites et paysages, faune et flore, milieux naturels, équilibres biologiques, gêne au voisinage, hygiène, salubrité publique...). L'étude d'impact française exige que soient données "les raisons pour lesquelles, notamment du point de vue des préoccupations d'environnement parmi les partis envisagés, le projet présenté a été retenu.." Cette phrase marque en fait, du point de vue conceptuel, un troisième type d'exigence, une nouvelle étape dans la prise en considération des problèmes d'environnement. Après la simple déclaration et la demande d'autorisation qui se veut une garantie de limitation des aspects négatifs, l'étude d'impact se présente comme un certificat positif. Autrement dit, on ne demande plus au projet de réduire les effets nocifs, mais de prouver que la solution proposée est la meilleure possible.

L' étude des différents types d'instruction permet de voir de quelle manière ces projets sont pris en considération.

3.2 - Instruction des dossiers

La comparaison des procédures d'instruction et de décision est relativement complexe. Elle peut se faire à plusieurs niveaux. Nous étudierons les instructions multiples et les instructions uniques, et les services compétents, qu'ils aient pouvoir consultatif ou décisionnaire, le point de vue des autorités à pouvoir décisionnaire (technique, économique, protection de la nature), leur place dans les structures de l'Etat, la prise en considération de l'avis du voisinage et du public et les modalités des consultations et de la décision.

3.21 - Les différents types d'instruction

Le dossier présenté passe entre les mains de toutes sortes de services. En Allemagne fédérale et au Luxembourg, l'exploitant éventuel doit lui-même faire les différentes démarches. Au Luxembourg, il doit obtenir séparément des autorisations du bourgmestre de la Commune, du ministère de la justice, de l'administration des eaux et forêts, éventuellement du ministère de l'environnement. En Allemagne, où le pouvoir d'appréciation des autorités compétentes est moindre que dans d'autres pays, il doit obtenir des "certificats en conformité à la loi" de la part de l'inspection du travail, des ponts et chaussées, du service de l'agriculture, du service des forêts, du service des eaux, etc... Ce n'est qu'ensuite, et après avoir consulté les services de l'aménagement de l'arrondissement, que l'exploitant présente son dossier au service de protection de la nature qui examine les mesures envisagées pour protéger l'environnement et instruit le plan de réaménagement après exploitation.

Ce système d'autorisations multiples est certainement l'héritage de la division entre mines (définition claire) et carrières (définition floue). N'oublions pas qu'en Allemagne fédérale la notion de "carrière" n'existe pas. En d'autres termes, l'exploitant allemand n'ouvrirait pas de "carrière", mais ferait toute une série d'activités séparées : creuser des trous, retirer des matériaux, construire des voies d'accès, détruire une certaine quantité d'arbres, déplacer de la terre de découverte, prendre des risques de pollution de l'eau, etc... Pour chacune de ces activités,

il a besoin d'une autorisation ou d'un "certificat en conformité à la loi".

Dans cette optique, la Belgique constitue, par son système de double autorisation, un exemple particulièrement intéressant. La demande d'ouverture doit être acceptée par l'administration communale et par la députation provinciale séparément. Mais, la députation provinciale ne délivre l'autorisation qu'au titre de la loi sur le déplacement du sol. Les autres services compétents (hygiène, mines, explosifs, inspection du travail) sont simplement consultés, ce qui exprime l'établissement d'une hiérarchie (encore contestée puisqu'il y a deux autorisations) qui accorde, en fait, la priorité à l'aspect aménagement sur les autres, l'aspect économique-technique notamment.

Dans tous les autres pays, l'instruction est unique. Le demandeur peut se trouver dans l'obligation de déposer son dossier à plusieurs endroits différents (en Italie, la commune et la région), bien que les instructions soient liées : la région ne statue qu'après la commune, etc...

3.22 - Les services compétents

Suivant les pays, les services consultés sont à peu près les mêmes. On retrouve les services de l'agriculture, des forêts, des eaux, du travail, de l'hygiène publique, de l'environnement, de la protection de la nature, de l'aménagement, des ponts et chaussées et parfois des mines. Globalement, tous les services qui peuvent peu ou prou être concernés par l'ouverture d'une carrière ont "leur mot à dire". Mais, dans les pays à instruction unique, un de ces services prend le pas sur les autres et exprime le point de vue prédominant.

Ces services peuvent être classés suivant leur fonction principale: économique-technique, aménagement, environnement, service spécialisé. En France, l'instruction est assurée par l'instance économique-technique (les mines), en Grande Bretagne et en Belgique par l'instance aménagement ; en Allemagne, pour sa partie finale, par l'instance environnement. En Italie, dans les régions ayant adopté une législation propre, ce sont les services spécialisés des carrières qui instruisent les dossiers. Ces services peuvent être dépendants - c'est le cas en Lombardie - de la division "écologie" de la région.

Les différences sont donc extrêmement sensibles et on ne s'étonne pas si ce sont les pays où l'instance "aménagement" ou "environnement" est prépondérante sur la gestion des carrières qui ont le plus tôt, et avec le plus de constance, pris en compte les problèmes de nuisances et surtout légiféré le réaménagement (Grande Bretagne, Allemagne fédérale, Pays-Bas).

Une évolution générale se dessine d'ailleurs pour accorder une place de plus en plus importante aux services de l'aménagement (qui ont le point de vue le plus "global"). Notons en particulier la place prépondérante que prennent la députation provinciale en Belgique et les services des carrières en Italie.

3.23 - Les niveaux de décision

Si les dossiers sont instruits par des services compétents, non seulement au sens du droit mais aussi techniquement, la décision est prise à un certain niveau de l'appareil d'Etat. La France constitue un exemple extrême en ce qu'elle est le seul pays où instruction et décision sont deux activités totalement séparées. En effet, en France, c'est le préfet, c'est à dire le représentant départemental de l'appareil central de l'Etat qui reçoit la demande et signe l'arrêté d'autorisation, l'instruction étant faite par l'ingénieur en chef des mines.

Dans les autres pays, instruction et décision ne sont pas ainsi séparées, ce qui n'empêche pas les services concernés d'avoir eux-aussi leur place dans l'appareil d'Etat. En Grande Bretagne et en Allemagne fédérale, la décision est prise au niveau local ; en Belgique, au Danemark, en Irlande, en Italie et aux Pays-Bas, elle est prise au niveau régional ou provincial, au Luxembourg au niveau national, mais le Luxembourg est un cas particulier, nous avons déjà noté qu'il ne connaît en matière d'aménagement que deux niveaux : le national et le local.

En France, bien que le préfet soit le représentant du pouvoir central pour le département, il peut être assimilé à une autorité régionale pour les problèmes des carrières dans la mesure où il prend les décisions sans avoir à en référer.

Là encore, nous rejoignons la notion même de carrière dont il a été dit qu'elle est "d'intérêt local" par nature. On comprend alors qu'à la différence des mines, ces problèmes soient toujours traités au niveau local

ou régional, sauf conflit.

3.3 - Pouvoirs locaux et régionaux

La distinction entre "local" et "régional" est une distinction commode pour notre propos, mais, si pour chacun des pays cette distinction est claire, à l'échelle européenne il en va tout autrement.

La commune représente l'échelon local en France, en Italie, dans les pays du Bénélux. En Allemagne, il faudrait plutôt parler de canton sinon d'arrondissement. En Irlande (\pm 4 millions d'habitants) il y a 22 régions (comtés), en Italie (\pm 55 millions d'habitants) 20 et en Allemagne (\pm 60 millions d'habitants) 10, 11 avec Berlin-Ouest.

Globalement on constate que les pouvoirs locaux ont tendance à s'amenuiser. Si la commune a son mot à dire dans la plupart des pays, son pouvoir décisionnaire en matière de carrière est à ce point attaqué, en Italie par exemple, que dans de nombreuses régions, des lois l'en privent expressément et que les quelques procès de ces dernières années ont toujours donné raison à la région contre la commune. En Belgique, l'autorisation de la commune est doublée de celle de la province qui en cas de conflit a tendance à prévaloir. En France, les communes se regroupent, des syndicats intercommunaux sont fondés et en Allemagne fédérale, les cantons - qui se confondent parfois avec la commune (Stadt-Kreis) - ont tendance à concentrer entre leurs mains les pouvoirs d'ordre local.

Les communes conservent néanmoins jusqu'à présent une grande part de pouvoir. En règle générale, elles doivent toujours être consultées. En Italie, l'instruction ne commence qu'après qu'elles aient donné leur avis. Au Luxembourg, l'autorisation du bourgmestre est indispensable, mais c'est de plus en plus au niveau régional que les décisions sont prises (Danemark, Irlande, Italie, Pays-Bas).

3.4 - Consultation du public

Les modalités de l'information du public sont plus ou moins semblables dans la plupart des pays : affichage sur le site et dans les mairies, annonce dans un ou deux journaux locaux, éventuellement lettre

d'information aux voisins. Encore ces modalités ne sont-elles pas partout obligatoires. Ainsi au Luxembourg, rien n'est prévu, on considère que le pays est assez petit pour que "tout se sache".

Pour les carrières non soumises à étude d'impact, le voisinage et a fortiori le public ne sont normalement pas consultés, mais ils peuvent éventuellement avoir accès au dossier (Danemark, Irlande) et même, au Pays-Bas, ont la possibilité de présenter pendant 30 jours des "objections". En fait, les possibilités d'action du public sont partout extrêmement faibles : pratiquement, seul le recours devant un tribunal est possible à l'exception des pays (Pays-Bas, Luxembourg) où les associations de protection de la nature ont acquis, d'une manière ou d'une autre, droit de cité.

Pour les carrières soumises à étude d'impact, notamment en Grande Bretagne et en France, le public peut espérer peser sur la décision avant qu'elle ne soit prise, ce qui représente un pouvoir totalement différent de la "possibilité d'objection" ou de la "possibilité de recours". En France, d'après la circulaire du 23 mars 1978, "l'étude d'impact pourra être consultée dans la mairie où sera tenu un registre à feuillets non mobiles destiné à recevoir les observations du public. Ce registre sera transmis par le (ou les) maire (s) au service de l'industrie et des mines, en même temps que l'avis motivé du Conseil municipal..."

Cette innovation est extrêmement intéressante, mais jusqu'à présent, les carrières soumises à étude d'impact avec consultation du public ont été trop peu nombreuses pour qu'on puisse juger de la réalité de ses possibilités d'expression et c'est beaucoup plus par délégation (élus de la commune par exemple) que le public a pu peser sur les décisions.

3.5 - Modalités des consultations et des décisions

L'autorité à pouvoir décisionnaire, nous l'avons vu, ne statue qu'après avoir consulté un certain nombre de services et d'organismes. Mais, ces consultations n'interviennent qu'à un certain stade de la procédure. Au Pays-Bas et en Grande Bretagne par exemple, le dossier lui-même n'est déposé qu'après plusieurs mois - sinon plusieurs années - de discussion entre l'exploitant et les services compétents. Le dossier ainsi présenté a toutes les chances d'être accepté, les points d'accrochage et les conflits se résolvant par discussion au cours de cette période informelle.

Dans tous les pays, les services consultés le sont normalement séparément. Chacun de ces services a d'ailleurs habituellement tout loisir de consulter des experts comme bon lui semble.

En cas de conflit, il existe deux procédures fondamentales.

La première consiste à renvoyer le dossier à un échelon supérieur de la hiérarchie. C'est le cas en Allemagne fédérale où les dossiers sont traités non plus au niveau du canton mais de l'arrondissement, dans certains cas de la région ; c'est le cas aussi au Danemark et en Grande Bretagne où les cas conflictuels sont traités par le ministère de l'environnement.

La seconde consiste, dans les pays où la décision se prend déjà à un niveau élevé (France, Italie), à réunir une "conférence interservices" (France) ou une "Commission Consultative" (Lombardie, Frioul...). Dans la plupart des régions italiennes dotées d'une législation propre, cette commission consultative se réunit d'ailleurs dans tous les cas. Elle comprend des experts, des représentants des communes intéressées et de tous les services concernés, mais aussi des représentants des carriers, des syndicats ouvriers et parfois même d'une association de protection des sites, l'association "Italia Nostra" qui permet un accès indirect des travailleurs et du public dans les discussions elles-mêmes.

Cette commission, du fait de sa composition, a un poids considérable et son avis ne peut guère être qu'entériné par l'autorité compétente. Elle a un caractère démocratique évident qui mériterait d'être étudié plus en détail.

3.6 - Conclusion

Les procédures d'autorisation sont donc complexes et très différentes suivant les pays. Elles peuvent se faire suivant trois types d'instruction : unique, double ou multiple. Les services et les organismes consultés sont globalement les mêmes dans les différents pays, mais les autorités chargées de la coordination peuvent, non seulement avoir un point de vue général différent (technique-économique, aménagement ou protection de la nature), mais aussi se situer à un niveau différent de l'appareil d'Etat : autorités élues ou nommées, au niveau local, régional ou national.

Le point de vue du public est dans l'ensemble ignoré sauf dans les pays où les associations de protection de la nature ont acquis droit de cité et dans la procédure d'étude d'impact. Compte tenu des habitudes acquises et des intérêts en jeu, l'unification des procédures semble actuellement très problématique.

4 - PRISE EN CONSIDERATION DE L'ENVIRONNEMENT

Plus encore que les procédures, la prise en considération de l'environnement est très différente suivant les pays. Plusieurs données, qui débordent largement le problème des carrières, expliquent ces inégalités : la richesse des pays, leur niveau de développement économique, la densité de population, les traditions culturelles. Par exemple les Pays-Bas, pays riche, économiquement très développé, si densément peuplé que chaque m² compte, accordent une très grande importance aux problèmes d'environnement : aucun carrier ne conteste la nécessité de mesures strictes et d'un réaménagement optimal. En Irlande, en revanche, pays à la fois industriellement peu développé et relativement très peu peuplé, les problèmes d'environnement n'ont pas un caractère si aigu qu'ils aient besoin d'être légiférés d'une manière très stricte, et le réaménagement se limite en général à un nettoyage du site après exploitation. Nous étudierons successivement les paysages, le bruit, les poussières, l'eau, le sol, la faune et la flore.

4.1 - Paysage

Il semble que l'impact visuel, la beauté des sites soit le problème qui ait le premier intéressé le législateur. Ceci justifie d'ailleurs la notion de "paysage" utilisée dans ce développement car le souci du législateur est essentiellement esthétique.

Deux pays ont même depuis longtemps (Belgique, 1910 ; Italie, 1939) des lois sur la beauté des paysages. En Italie, cette loi a conduit à créer des "zones de paysage" (vincolo paesistico) à l'intérieur desquelles aucune ouverture de carrière n'est possible, sauf accord exprès du ministère de l'éducation nationale.

Les Pays-Bas pour leur part envisagent le problème de manière inverse, non pas en interdisant l'exploitation sur les sites "beaux", mais en exploitant préférentiellement dans les zones de peu d'intérêt paysager.

Ces principes ont un caractère général, mais la nécessité d'extraire là où se trouvent les matériaux a incité les différents pays à prendre des mesures de protection plus précises. La France, la Grande Bretagne,

le Luxembourg et les Pays-Bas en particulier utilisent toute une série de techniques (distance de protection, création de talus, mise en forme des déblais, plantations d'arbres faisant écran) dont la fonction principale est de cacher le site de la carrière. Ces mesures doivent normalement figurer au dossier.

Il est évident que ces solutions sont provisoires, la meilleure protection de la "beauté du paysage" étant un plan de réaménagement, idée qui guide les activités des Allemands dans ce domaine.

4.2 - Bruit

La prise en considération du bruit est encore très récente et plusieurs pays (Irlande, Italie, Danemark) n'ont encore aucune législation. En Irlande, on applique éventuellement les normes américaines pour le voisinage, mais de nombreuses exploitations sont en pleine nature, loin de toute habitation ; au Danemark, on retient souvent 50 db sans qu'il y ait obligation.

Les législations existantes sont récentes ou même très récentes : 1968 pour l'Allemagne fédérale, 1973 pour la Belgique, 1976 pour la France. Le Luxembourg, qui s'alignera sur les recommandations de la C E E a établi en 1976 une loi cadre. En règle générale, les normes admises pour le voisinage varient autour de 45-50 db.

C'est probablement l'Allemagne fédérale qui possède les normes les plus complètes. Elle introduit d'autre part une distinction très intéressante entre les émissions et les immissionen, terme traduit par "atteinte au lieu" par la législation suisse qui possède une loi du même type. D'après cette distinction, les bruits doivent être mesurés deux fois, une fois à côté de l'appareil (émission) et une fois à côté de l'habitation du voisin le plus proche (atteinte au lieu).

Ce système est d'ailleurs élargi par les Pays-Bas qui introduisent eux la notion de "zonage" et mesurent le bruit à des distances variables de la carrière.

Les moyens techniques qui permettent de réduire les bruits résident essentiellement dans le choix de machines plus silencieuses et dans la création d'écrans anti-bruits.

Il est possible aussi de prendre en considération le bruit induit par la circulation des camions et de choisir des itinéraires de transport évitant autant que possible les zones habitées.

Enfin, les Anglais limitent les horaires de travail de façon à ce que les nuisances dues au bruit se produisent aux moments de plus grande activité et soit ainsi "noyées" au milieu des autres.

4.3 - Poussières

La pollution de l'air, provoquée tant par l'activité d'extraction elle-même que par les installations annexes ou le passage des camions, est essentiellement une pollution mécanique qui se résoud par des méthodes d'arrosage. Ceci explique que le problème ne soit en général pas légiféré. Il n'existe de normes ni au Pays-Bas, ni au Luxembourg, ni en Italie, ni en Irlande, ni au Danemark, ni en Belgique.

Dans tous ces pays, lorsque les émissions de poussière provoquent une gêne véritable, des méthodes empiriques sont utilisées. En Belgique, depuis la loi de 1964, existent des principes pour les travailleurs ou le voisinage et en France, en l'absence de normes pour les carrières, on applique assez habituellement les normes relatives aux cimenteries (circulaire du 25.08.1971).

Ce n'est guère qu'en Allemagne fédérale et en Grande Bretagne que des normes précises existent. En Grande Bretagne, les autorités locales ont même la possibilité de notifier un avertissement à l'exploitant si elles ne sont pas respectées.

4.4 - Eaux

Le problème des eaux a été pris en considération de manière beaucoup plus sérieuse que les autres dans l'ensemble de la communauté.

Il est vrai que le maintien de la qualité de l'eau, notamment des eaux potables est vital. Ce problème, dont les aspects techniques ont été abordés dans les chapitres 1 et 2, est tellement complexe qu'il nécessiterait une étude spécifique.

Au cours des trente dernières années, les différents pays se sont dotés de législations plus ou moins complètes, tant pour les eaux de surface que pour les eaux souterraines, en particulier pour la protection des eaux potables.

Au Danemark et au Luxembourg, il est souvent interdit d'exploiter en dessous du niveau de la nappe qui peut même être séparée du fond de la fouille par une "distance de protection".

En règle générale, un contrôle plus ou moins strict existe, à la charge du service géologique en Belgique ou des services provinciaux aux Pays-Bas.

En Grande Bretagne, le service des eaux examine chaque cas, en faisant très attention aux eaux potables mais en négligeant, dans une certaine mesure, les eaux déjà polluées ; en France, les normes sont précises mais variables en fonction du milieu récepteur (eau potable ou non potable, piscicole etc...). Enfin, l'Italie, fidèle à son système de protection, légifère rigoureusement les eaux dans les "zones de protection hydrogéologique".

4.5 - Sols

Le problème de la conservation de la terre de découverte est probablement le plus simple à résoudre dans le cadre du rapprochement des législations. A l'exception du Danemark et en partie de l'Italie qui conservent des pratiques de vente, dans tous les pays, le principe de la conservation est établi. Les règlements précisent même dans presque tous les cas l'épaisseur maximale des stocks de terre conservée (de 1,50 m à 2,50 m) et prescrivent une séparation des horizons A et B.

La première législation de protection de la terre arable date de 1942 (Allemagne).

4.6 - Faune et flore

Pour l'ensemble de la communauté, le problème de la protection de la flore et de la faune n'est posé depuis longtemps que dans les pays

où existe une longue tradition de protection de la nature (Pays-Bas, Allemagne fédérale, Grande Bretagne).

D'un point de vue réglementaire, l'Allemagne fédérale et la Belgique se réfèrent au code forestier. Dans certains cas, la demande d'ouverture comprend une autorisation du service des forêts en Allemagne fédérale. Mais c'est l'étude d'impact qui permet le mieux de définir les protections possibles. En France, elle permet une évaluation des dommages auxquels on peut tenter de remédier par le réaménagement. En Grande Bretagne, en Allemagne fédérale on tente de reconstituer des biotopes les plus proches possibles de ceux de l'état initial.

C'est certainement aux Pays-Bas que le problème est envisagé avec le plus de sérieux. Non seulement la flore est protégée, mais la faune en particulier les réserves d'oiseaux et les poissons sont très protégés. Les résultats sont spectaculaires.

Il est important de noter que, dans tous les cas, le problème de la flore et de la faune est inséparable du réaménagement.

4.7 - Conclusion

Les dispositions énoncées ci-dessus sont les principales pour la protection de l'environnement. Quelques autres dispositions méritent d'être signalées : les règlements protégeant les découvertes archéologiques ou paléontologiques en Allemagne fédérale et en Italie notamment. Notons aussi les dispositions qui peuvent être prises pour éviter les glissements de terrain et les chutes de blocs en Belgique et en Allemagne fédérale.

La prise de conscience des problèmes de l'eau et des sols est générale, celle des poussières, des bruits, de la flore et de la faune est beaucoup moins développée. La question de l'environnement doit être pensée aussi dans une perspective à plus long terme : celle du réaménagement comme le font plusieurs pays.

5 - REAMENAGEMENT DES CARRIERES

Le principe de réaménagement est maintenant accepté dans tous les pays de la communauté européenne pour les carrières en activité.

C'est l'Allemagne qui connaît la réglementation la plus ancienne en la matière, puisque le 1er décret, portant sur le réaménagement des mines de lignite de la rive gauche du Rhin, date de 1784!

Actuellement, à l'exception de l'Irlande pour les petites carrières, de la France pour les carrières de superficie inférieure à 2.000 m ou 5.000 m² suivant les cas, des régions du centre et du sud de l'Italie, un plan de réaménagement est obligatoire dans tous les dossiers d'ouverture de carrière. En Allemagne fédérale, au Pays-Bas et en Grande Bretagne, le réaménagement est à ce point entré dans les moeurs que personne ne conteste plus son bien fondé, ni même sa nécessité.

Le réaménagement, tel qu'il est pratiqué actuellement est l'aboutissement d'une longue prise de conscience qui a rejeté la conception suivant laquelle il s'agit d'une affaire purement privée, concernant le propriétaire du sol et lui seul, au profit d'une conception sociale dans laquelle "l'environnement" joue un rôle prépondérant.

5.1 - Responsabilité du réaménagement et garantie

Dans la conception qui prévalait auparavant, le propriétaire était responsable du réaménagement. En pratique, c'est encore le cas au Danemark et dans la majeure partie de l'Italie mais, dans ces deux pays, et a fortiori dans les autres, la législation ou les législations prévoient que l'exploitant est seul responsable. Le cas de l'Allemagne est un peu particulier, puisque propriétaire et exploitant établissent par contrat leurs responsabilités respectives avant même de déposer la demande d'autorisation.

Pour être assuré que le réaménagement prévu est effectivement réalisé, les autorités compétentes disposent, à l'échelle de la communauté, de trois types de garanties.

5.11 - Cautiion bancaire

En Allemagne fédérale, en Belgique, en Grande Bretagne, en Irlande et dans certaines régions de l'Italie, le dépôt d'une caution en banque peut être exigé avant le début des travaux d'exploitation, de façon à être sûr que le réaménagement sera réalisé même si l'entreprise fait faillite.

En Irlande et en Allemagne fédérale, cette caution peut être fournie par une société d'assurances ; en Grande Bretagne elle est fournie, pour les sablières et les gravières, par la SAGA (Sand And Gravel Association).

5.12 - Révocabilité des autorisations

Au Luxembourg, l'autorisation d'exploiter est révocable. De la même manière qu'en Allemagne fédérale, on peut exiger un réaménagement "par tranches" système suivant lequel l'autorisation d'exploiter est accordée à condition de suivre un plan d'exploitation et de réaménagement simultané : dès que l'exploitation d'une tranche est terminée, elle doit être réaménagée avant que ne soit exploitée la tranche suivante.

En Grande Bretagne et aux Pays-Bas, ce type de garantie prend la forme d'un refus d'accorder une nouvelle autorisation à un exploitant qui n'aurait pas réaménagé.

5.13 - Réaménagement administratif

Ce système est spécifique à la France : l'administration se réserve le droit de réaménager elle-même une carrière aux frais de l'exploitant si celui-ci ne réaménage pas de lui-même.

5.2 - Types de réaménagement

Le réaménagement peut se faire suivant deux critères : soit une restauration de site en s'approchant le plus près possible de l'état initial, soit en tenant compte des besoins du voisinage compte tenu des possibilités du site. Le type de réaménagement choisi peut être lié organiquement aux plans d'aménagement du territoire, c'est le cas en Belgique où ces plans ont "force obligatoire".

Dans les pays ayant le plus d'expérience et de réalisations à leur actif (Allemagne fédérale, France, Grande Bretagne, Pays-Bas), on peut noter cinq types principaux de réaménagement :

- La remise en culture est le type de réaménagement le plus courant (50% en Allemagne fédérale, 80% au Danemark). Elle est presque systématique sur les surfaces importantes dans les zones agricoles.
- Le reboisement est aussi très courant. Il se fait de manière préférentielle pour le réaménagement des carrières à flanc de coteau et dans les zones vallonnées (Luxembourg).
- Les décharges publiques : en zone périurbaine, les carrières, notamment les carrières profondes de faible superficie sont facilement réaménagées en décharge publique ; cette utilisation est toujours provisoire : quand les produits de décharge sont assez épais, le terrain est recouvert d'une couche de terre et rendu à l'agriculture, ou boisé.
- Les bases de loisir représentent un type de réaménagement très populaire et de plus en plus fréquent, notamment dans les zones périurbaines (Pays-Bas, Allemagne fédérale, France). Ces bases de loisirs s'organisent en général autour d'un lac occupant une partie de la carrière exploitée en dessous du niveau de la nappe phréatique. Autour de ce lac, peuvent être aménagés terrains de sport ou jardins. Parfois aussi bungalows, restaurants, etc...
- Les bases écologiques représentent une tendance récente mais appelée à un grand développement, compte tenu de la prise de conscience des dangers auxquels sont soumis la flore et la faune, notamment dans les espaces humides (étangs, marais). Cette tendance correspond à une double préoccupation : recherche de sites susceptibles d'accueillir les espèces en danger et réaménagement des carrières. Les sites de carrières constituent d'ailleurs des espaces objectivement privilégiés pour ce type d'expériences : interdits au public depuis longtemps, de mise en eau facile dans le cas de reconstitution d'espaces humides, terrains vierges en quelque sorte. Ces données font que cette conjonction est économiquement fort rentable, compte tenu des buts fixés.

5.3 - Réaménagement des carrières abandonnées

Dans les pays les plus avancés (Allemagne fédérale, Pays-Bas), il n'y a pratiquement plus de carrières abandonnées. Mais dans l'ensemble de la communauté, ces carrières restent très nombreuses, environ 11.000 en France, probablement plus encore en Italie. Le problème du réaménagement de ces carrières se pose donc de manière très aigue.

A notre connaissance, deux types de solutions ont commencé à être mis en pratique :

- En Lombardie, le service des carrières peut demander aux exploitants d'un gisement de réaménager les carrières abandonnées situées à proximité, notamment celles correspondant à l'exploitation d'une autre partie du même gisement (par exemple des gravières).
- En France, a été instituée en 1975 une "taxe parafiscale sur les granulats" dont le produit pourra, entre autre choses, "être utilisé pour le financement du réaménagement des sols après exploitation et, d'une manière plus générale, pour le financement de toutes opérations expérimentales, exemplaires ou curatives de réaménagement réalisées dans les zones qui ont été dégradées par les extractions de matériaux (décret du 5 mai 1975). Dans la pratique, cette taxe sert en grande partie à réaménager les carrières abandonnées.

5.4 - Conclusion

Le principe du réaménagement des carrières en activité par l'exploitant semble donc maintenant unanimement accepté dans l'ensemble de la communauté, à l'exception des régions du centre et du sud de l'Italie qui marquent un net retard dans ce domaine. Les réalisations sont, en général, satisfaisantes et même très satisfaisantes dans plusieurs pays (Allemagne fédérale, Pays-Bas).

Pour les carrières abandonnées, du fait des difficultés de financement, les problèmes sont plus complexes. La Lombardie dispose de méthodes empiriques, la France de la "taxe parafiscale sur les granulats" qui permet un certain nombre de réaménagements, mais une politique globale reste encore à mettre en oeuvre.

TABLEAU COMPARATIF DES LEGISLATIONS (CARRIERES ET ENVIRONNEMENT)

TABLEAU N° 1 : PRINCIPES GENERAUX

	DIFFERENCE ENTRE MINES ET CARRIERES	INSTALLATIONS ANNEXES	REGIME DE LA PROPRIETE	DISPOSITIONS D'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE
ALLEMAGNE FEDERALE	Mines : toutes les exploitations souterraines, les métaux et les sources d'énergie à ciel ouvert. Carrières : pas de définition.	- font partie de la carrière quand elles sont à l'intérieur de son périmètre - autorisation spéciale.	pour les matériaux non miniers : le propriétaire du sol est propriétaire des matériaux.	impossibilité d'ouverture de carrières en dehors des plans d'aménagement de l'arrondissement.
BELGIQUE	Mines : métaux, sources d'énergie. Minières: autres matériaux dont l'extraction est d'intérêt national (argiles à brique) Carrières : calcaire, sable, argile, etc...		- propriété de la carrière liée à la propriété du sol - indemnisation du propriétaire.	plans de secteurs prévoyant des "zones d'extraction".
DANEMARK	pas de distinction légale entre mines et carrières.	autorisation spéciale.	pas de limitation du droit du propriétaire du sol.	
FRANCE	Mines : métaux, sources d'énergie et autres matériaux dont la liste est établie. Carrières : extraction de matériaux ne faisant pas partie de la liste des mines	- font implicitement partie de la carrière - soumises à la législation sur les installations classées.	le propriétaire du sol est propriétaire du sous-sol.	les ouvertures de carrières tiennent compte des "Plans d'occupation des sols" (communes).
GRANDE BRETAGNE	- pas de distinction légale entre mines et carrières. - distinction du langage courant : mine = souterrain carrière = ciel ouvert.	font partie de la carrière	- généralement, le propriétaire du sol est propriétaire du sous-sol - contrats de forage.	- plans de structure - plans locaux - les services de l'aménagement instruisent les dossiers des carrières.
IRLANDE	généralement : mine = souterrain carrière = ciel ouvert.	déclaration spéciale.	nécessité d'obtenir l'accord du propriétaire du sol pour exploiter.	- plans de "développement industriel" (comtés) - pas de zonage spécial pour les carrières.
ITALIE	Mines : métaux, sources d'énergie. Mines d'intérêt local : extraction de matériaux ayant une application industrielle. Carrières : calcaire, argile, sable, etc...	font partie de la carrière quand elles sont à l'intérieur du périmètre.	- le propriétaire du sol est propriétaire du sous-sol pour les matériaux de carrière - l'Etat ou la Région peuvent concéder des terrains dans certains cas.	- existence de zones protégées - dans certaines régions (Vénétie, Frioul) : "plans carrières".
LUXEMBOURG	Mines : métaux. Carrières : autres substances.	déclaration spéciale (loi sur les établissements dangereux).	généralement, l'exploitant est propriétaire.	le bourgmestre, compétent pour les carrières, tient compte de l'aménagement communal.
PAYS-BAS	Mines : métaux, sources d'énergie. Minières : tourbières. Carrières : pierre à bâtir, ardoises, sable, graviers, etc...	- "licence" spéciale" (loi sur les nuisances).	généralement, l'exploitant est propriétaire.	au niveau communal : - plans de structure - plans d'affectation des sols.

TABLEAU COMPARATIF DES LEGISLATIONS (CARRIERES ET ENVIRONNEMENT)

TABLEAU N° 2 : INSTRUCTION DU DOSSIER, GENERALITES

	EXISTENCE D'ETUDE D'IMPACT	PIECES PRINCIPALES DU DOSSIER	PUBLICITE	DELAIS
ALLEMAGNE FEDERALE	non au sens strict.	- données techniques - permis de construire - certificat du service des eaux - autorisation des P. et Ch. - plan de réaménagement.	pas obligatoire mais : - affichage - annonce aux journaux - possibilité de recours du voisinage.	- pas de délai officiel - dans la pratique de 1 à 2 mois.
BELGIQUE	non au sens strict	- données techniques - mesures projetées pour atténuer les inconvénients pour le voisinage.	- avis affiché pendant 15 jours au siège de l'exploitation et dans les localités. - voisins informés par écrit.	3 mois après réception du dossier complet.
DANEMARK	non au sens strict	- données techniques - données sur la profondeur de l'extraction et le niveau de la nappe - plan de réaménagement.	- voisins informés par écrit - le public a accès au dossier - possibilité de recours pendant 4 semaines.	- décision exécutoire 4 semaines après sa publication par le Conseil de département
FRANCE	étude obligatoire si le coût total dépasse 6 millions de francs.	Pour les carrières demandant une étude d'impact : - données techniques - analyse de l'état initial - mesures envisagées pour le réaménagement.	- affiches dans les mairies - annonces dans deux journaux locaux.	30 jours + 3 mois + 4 n
GRANDE BRETAGNE	une "Evaluation de l'impact sur l'environnement" peut être exigée. (sites importants)	- données techniques - destination des matériaux - proposition de réaménagement	- affiches sur le site - annonce dans un journal local.	- 8 semaines, mais la demande n'est déposée qu'après 1 an de discussions informelles.
IRLANDE	étude obligatoire si le coût total dépasse 5 millions de livres.	données techniques.	- annonce dans des journaux locaux - le public peut se faire communiquer le dossier.	- pas de délai officiel - l'autorisation est accordée quand les oppositions sont levées.
ITALIE	non au sens strict	- données techniques - éventuellement plan de réaménagement.	publicité assurée par les communes (sans obligation).	- pas de délai officiel - en pratique de 1 à plusieurs mois.
LUXEMBOURG	existence actuellement d'une seule étude d'impact.	- données techniques - mesures projetées pour la sécurité de l'environnement	- pas de publicité officielle - possibilité d'action des associations de protection de la nature.	- pas de délai officiel - dans la pratique de 1 à 2 mois.
PAYS-BAS	non au sens strict	longue concertation des parties concernées pour mettre au point les pièces principales (cas par cas).	- annonce dans les journaux provinciaux. - possibilité pour le public de présenter des objections pendant 30 jours.	- 9 mois pour l'instruction - pas de délai pour l'autorisation s'il y a recours

TABLEAU COMPARATIF DES LEGISLATIONS (CARRIERES ET ENVIRONNEMENT)

TABLEAU N° 3 : INSTRUCTION DU DOSSIER, AUTORITES COMPETENTES

	INSTRUCTION ET COORDINATION	SERVICES CONSULTES	DECISION
ALLEMAGNE FEDERALE	Pas d'instruction globale du dossier, les services compétents : Inspection du Travail, Ponts et Chaussées, Service des eaux, Service des forêts, etc., donnent des autorisations partielles, après avoir consulté des experts.		- Différente suivant les régions et les types de matériau. - Souvent : service de protection de la nature sous la forme d'un avis notifié.
BELGIQUE	deux instructions séparées : - députation provinciale permanente, - administration communale.	- Inspection du travail - Service de l'hygiène - Service des mines - Service des explosifs.	Deux décisions séparées. En cas de conflit, l'avis de la députation permanente prévaut.
DANEMARK	Conseil du département.	- Commune - Service régional de l'agriculture - Services départementaux chargés de l'eau, des bruits, des poussières, de la protection de la nature.	- Conseil du département - En cas d'appel de la décision, c'est le Ministère qui tranche.
FRANCE	Ingénieur en chef des mines.	- Directeur départemental de l'équipement, - Directeur départemental de l'agriculture, - Architecte départemental des bâtiments de France. - En cas de conflit, réunion d'une conférence des divers services.	Préfet
GRANDE BRETAGNE	Service local de l'aménagement.	- En règle générale, tous les services qui peuvent être concernés (services des eaux, des ponts et chaussées, de la protection de la nature) et le ministère de l'agriculture.	- Service local de l'aménagement - En cas de conflit, ou pour les grandes exploitations : secrétaire d'état à l'environnement.
IRLANDE	le Planner (autorité régionale : comté)	Services de l'eau, de l'hygiène, des transports, du traitement des égouts, etc...	Autorité régionale (Comté)
ITALIE	Autorité régionale (service des carrières)	Commission consultative comprenant toutes parties intéressées : (communes, syndicats, associations etc...)	Autorité régionale (Service des carrières) sous la forme d'un décret.
LUXEMBOURG	Pas de coordination; chaque autorité délivre séparément une autorisation : bourgmestre, ministère de la justice, administration des eaux et forêts, éventuellement ministère de l'environnement.		chacun des ministères concernés signe séparément l'arrêté.
PAYS-BAS	Autorité régionale (Province)	- département de l'environnement - département des mines - inspection du travail, de l'eau et de la pêche - élus - experts.	- Autorité régionale (Province) - possibilité de recours.

TABLEAU COMPARATIF DES LEGISLATIONS (CARRIERES ET ENVIRONNEMENT)

TABLEAU N° 4 : PRISE EN CONSIDERATION DE L'ENVIRONNEMENT (1)

	ANALYSE DU CONTEXTE	PAYSAGE	BRUIT	POUSSIÈRES
ALLEMAGNE FEDERALE	plan à 1/2000 ou 1/5000 avant exploitation.	envisagé avec le réaménagement (plan de relief)	normes très précises (directives techniques pour la protection contre le bruit). (16.07.1968)	normes très précises (directives techniques le maintien de la pureté de l'air). (1974)
BELGIQUE		loi sur la conservation de la beauté des paysages. (12.08.1910)	- pas de normes - principes pour le voisinage. (loi du 18.07.1973)	- pas de normes-carrières - principe pour les travaux leurs ou le voisinage (loi du 28.12.1964)
DANEMARK			- pas de normes légales - en pratique 50 db pour le voisinage.	aucune mesure générale.
FRANCE	pour les carrières de plus de 6 MF : analyse de l'état initial obligatoire.	- création de talus - aménagement des voies d'accès - écrans végétaux. (loi du 10.07.1976)	- normes pour le voisinage (45 db) (circulaire ministérielle du 21.06.1976)	- pas de normes-carrières - dans la pratique, application des normes citées. (circulaire ministérielle du 25.08.1971)
GRANDE BRETAGNE	- identification des aires de valeur biologique. - étendue et qualité de la terre agricole affectée.	- constitution de remblais- écrans - mise en forme des déblais - plantation d'arbres.	- création d'écrans anti- bruit - limitation des horaires de travail - itinéraires de transport.	- existence de normes - les autorités locales peuvent notifier un avis d'opposition à l'exploitation
IRLANDE		prise en considération en fonction de l'intérêt touristique.	- pas de normes irlandaises - les normes américaines sont couramment utilisées.	méthodes empiriques.
ITALIE	se fait dans certaines régions et dans certains cas. (contexte biologique).	loi sur les beautés naturelles	pas de normes.	pas de normes-carrières
LUXEMBOURG	rare (s'il y a étude d'impact).	- distance de protection - plantation d'arbres.	- existence d'une loi-cadre (1976) - s'alignera sur les recom- mandations CEE.	pas de normes-carrières
PAYS-BAS	discussion informelle pendant 1 à 2 ans entre exploitant et autorités.	- écrans visuels - exploitation préférentielle dans des zones de peu d'intérêt paysager.	existence de normes (loi sur le bruit).	pas de normes-carrières

TABLEAU COMPARATIF DES LEGISLATIONS (CARRIERES ET ENVIRONNEMENT)

TABLEAU N° 5 : PRISE EN CONSIDERATION DE L'ENVIRONNEMENT (2)

	E A U	S O L	FAUNE ET FLORE	AUTRES
ALLEMAGNE FEDERALE	normes précises (loi sur les eaux)	conservation obligatoire (silos de 1,50 m) loi de 1942.	- autorisation du service des forêts - reconstitution de biotopes par le réaménagement.	- dispositions pour les glissements de terrain - prise en considération des problèmes archéo- logiques.
BELGIQUE	normes précises - eaux de surface (loi du 11.07.1950) - eaux souterraines (loi du 26.03.1971) - expertises : service géologique.	habituellement conservé.	code forestier.	- dispositions pour les glissements de terrain.
DANEMARK	- normes précises (loi de 1978) - souvent interdit d'ex- ploiter au-dessous du niveau de la nappe.		- prise en considération du principe.	
FRANCE	normes précises, mais variables en fonction des paramètres du milieu récepteur. (arrêté du 13.05.1975)	- principe de la conservation - modalités éventuellement précisées dans l'arrêté d'exploitation.	seules les carrières soumises à étude d'impact permettent une évaluation des dommages.	possibilité de diminuer les trépidations en pré- découpant la carrière. (fissures verticales)
GRANDE BRETAGNE	- pas de normes strictes - le service des eaux voit cas par cas.	principe de la conservation.	tentative de reconstitution de la flore la plus proche possible de l'état initial.	problèmes de stabilité des sols remblayés.
IRLANDE	existence de normes.		pas de normes.	
ITALIE	existence de "zones de protection hydrogéolo- gique " réglementées par le service des eaux.	principe de la conservation dans certaines régions.	commencement de prise en considération dans cer- taines régions.	prise en considération des problèmes archéo- logiques.
LUXEMBOURG	distance de sécurité entre le fond de la fouille et la nappe.	principe de la conservation.	venue d'essences pionnières favorisée au moment du réaménagement.	
PAYS-BAS	- existence de normes - contrôle par les services provinciaux.	Principe de la conservation.	- très important - bonnes réalisations.	prise en considération des pentes.

TABLEAU COMPARATIF DES LEGISLATIONS (CARRIERES ET ENVIRONNEMENT)

TABLEAU N° 6 : REAMENAGEMENT

	PRINCIPE REGLEMENTAIRE	PRINCIPAUX TYPES	RESPONSABLE	GARANTIE
ALLEMAGNE FEDERALE	programme de réaménagement présenté dans le dossier.	<ul style="list-style-type: none"> - remise en culture - reboisement - bases de loisir (lacs) - décharges - bases écologiques 	<ul style="list-style-type: none"> - exploitant - à défaut, propriétaire. 	<ul style="list-style-type: none"> - caution bancaire - réaménagement par tranches.
BELGIQUE	programme éventuel de réaménagement présenté dans le dossier.	doit se conformer aux prescriptions de l'aménagement régional.	exploitant.	caution bancaire dans de nombreux cas.
DANEMARK	programme de réaménagement présenté dans le dossier.	<ul style="list-style-type: none"> - remise en culture (80%) - reboisement (zones vallonnées) - lacs (voile, pêche) 	<ul style="list-style-type: none"> - d'après la loi de 1977 : exploitant - en fait, propriétaire. 	
FRANCE	<ul style="list-style-type: none"> - principe de réaménagement pour les carrières en activité. - création d'une taxe parafiscale au niveau national pour le réaménagement des carrières abandonnées 	<ul style="list-style-type: none"> - remise en culture - reboisement - base de loisir (lacs) - décharges - bases écologiques 	<ul style="list-style-type: none"> - exploitant pour les carrières en activité - collectivité locale aidée par la taxe pour les carrières abandonnées. 	possibilité pour l'administration de réaménagement aux frais de l'exploitant.
GRANDE BRETAGNE	programme de réaménagement présenté dans le dossier.	<ul style="list-style-type: none"> - remise en culture - reboisement - lacs - décharges 	normalement exploitant.	<ul style="list-style-type: none"> - pour les sables et graviers : caution fournie par la SAGA (Sand and Gravel association) - refus d'accorder d'anciennes concessions à ceux qui n'auraient pas réaménagé.
IRLANDE	principe du réaménagement pour les grandes carrières en activité.	<ul style="list-style-type: none"> - nettoyage des terrains - enlèvement des installations. 	exploitant.	éventuellement caution par une compagnie d'assurance.
ITALIE	dans certaines régions, programmes de réaménagement présenté dans le dossier.	<ul style="list-style-type: none"> - expérience très récente - remise en culture. 	<ul style="list-style-type: none"> - dans certaines régions : exploitant. - ailleurs : propriétaire mais sans obligation. 	dans certaines régions caution bancaire.
LUXEMBOURG	prise en considération cas par cas.	<ul style="list-style-type: none"> - reboisement - décharges - plans d'eau. 	propriétaire-exploitant.	autorisation d'exploitation révocable.
PAYS-BAS	réaménagement obligatoire.	<ul style="list-style-type: none"> - pâturages - plans d'eau - parcs dans les zones périurbaines. 	propriétaire-exploitant.	refus d'accorder d'anciennes autorisations à ceux qui n'auraient pas réaménagé.

C O N C L U S I O N

RECOMMANDATIONS POUR AMORCER UNE ACTION COMMUNAUTAIRE DANS LE DOMAINE DES CARRIERES

- 1 - Analyse des critères à prendre pour l'étude d'impact
- 2 - Actions à mener en cours d'exploitation
- 3 - Actions à mener après exploitation pour une remise en état des sols ou un aménagement plus élaboré.

L'idée d'environnement est neuve en Europe. Elle est contemporaine de la prise de conscience des risques de pollution à grande échelle et s'est précisée en même temps que celle-ci. Elle se distingue (ce qui est important) de l'idée de gêne au voisinage en ce qu'elle implique un point de vue global qui affirme qu'une pollution ou une nuisance en un lieu n'est pas seulement une "gêne" pour les voisins ou les usagers, mais bien une nuisance supplémentaire dans un milieu ambiant général qui est l'affaire de tous. Dans cette optique, toute activité susceptible de provoquer une nuisance doit être examinée du point de vue de ce milieu ambiant général.

Ces considérations qui peuvent sembler très théoriques, sont importantes : elles expriment la raison pour laquelle la communauté européenne se doit d'intervenir dans des activités dont il a été abondamment prouvé qu'elles ont un caractère local ou éventuellement régional.

Cette prise de conscience des problèmes d'environnement dans le domaine des carrières s'est fait, nous l'avons vu, en trois étapes différentes : affaire privée qui se manifeste administrativement par la simple déclaration, nécessité de limiter les aspects nocifs qui entraîne une demande d'autorisation, garantie que la solution proposée est la meilleure possible, ce qui implique une étude d'impact. Sans généraliser nécessairement l'étude d'impact à toutes les ouvertures de carrière, son champ d'application à l'échelle européenne devrait être beaucoup plus étendu qu'il ne l'est.

1 - Analyse des critères à prendre en compte pour l'étude d'impact

1) Analyse de l'état initial

L'analyse de l'état initial est ce qui permet des points de comparaison avec tout état ultérieur de l'environnement de la carrière pendant et après exploitation. Il est à peine besoin de souligner l'importance de cette analyse qui devrait comprendre, en particulier, une étude de la structure de l'habitat de la population, du milieu naturel (faune et flore), des caractéristiques des sols au sens pédologique, de l'état des forêts ou de l'agriculture à proximité, du relief, des eaux de surface et souterraines, de la composition de l'air, des niveaux sonores moyens enregistrés dans la zone, en particulier en milieu périurbain et, en règle générale, de tout

ce qui pourrait subir une modification du fait de la carrière. Cette analyse de l'état initial devrait s'étendre jusqu'aux limites de la zone pouvant être affectée, par exemple, analyse de la composition de l'eau en un ou deux points loin à l'aval de la carrière s'il y a un cours d'eau.

2) Description des activités prévues et de leur extension : caractéristiques du gisement, importance des réserves, type d'exploitation, matériel utilisé (explosifs, machines), horaires de travail, activités annexes et matériel utilisé, besoins en eau, profondeur prévue de l'exploitation...

3) Impact de ces activités sur le site, l'environnement et l'habitat : construction de voies d'accès, augmentation du trafic routier, utilisation des réserves en eau (construction de puits, utilisation des cours d'eau), distance entre le fond de la carrière et le niveau de la nappe phréatique avec les conséquences possibles : risque de pollution des eaux, émissions de poussière, bruits, vibrations.

4) Actions prévues pour réduire la pollution et les nuisances éventuelles: recyclage et filtrage de l'eau, réduction des émissions de poussière, pose d'écrans antibruits, choix judicieux des horaires de travail, utilisation de matériel moins bruyant, utilisation rationnelle des explosifs.

5) Plan d'exploitation par tranches prenant en considération le plan de réaménagement : étude du relief après exploitation entraînant une exploitation en gradins ou, au contraire, en pente douce, description des projets de réaménagement partiel commencés en cours d'exploitation.

6) Projet(s) de réaménagement du site après exploitation, soit par une simple restauration du site tel qu'il était avant exploitation, soit en le transformant de manière à ce que son utilisation sociale soit la meilleure possible, compte tenu de la structure de l'habitat et des besoins locaux (par exemple, base de loisir en milieu périurbain).

7) Coût des mesures de protection de l'environnement et du site.

2 - Actions à mener en cours d'exploitation

Pour les carrières soumises à étude d'impact, celle-ci devrait être assez complète pour que les actions à mener en cours d'exploitation en découlent logiquement. Elles se situent essentiellement sur deux plans : contrôle de nuisances, suivi du plan d'exploitation dans son rapport avec le plan de réaménagement.

2.1 - Le contrôle des nuisances

Les services concernés, services spécialisés ou autorité compétente en matière de carrière devraient avoir la possibilité de contrôler que les actions prévues, pour réduire pollution et nuisances, sont effectivement appliquées et que les résultats escomptés sont effectivement obtenus. Les modalités du contrôle devraient être décidées dans chaque pays, compte tenu des législations et des pratiques en vigueur en attendant un éventuel et difficile rapprochement des procédures d'autorisation et de contrôle.

D'autre part, il semblerait important de trouver des moyens pour permettre aux communes et au public en général, d'exercer d'une manière ou d'une autre un contrôle sur le suivi de l'exploitation tel qu'il a été défini par l'étude d'impact.

Ce contrôle devrait être à la fois strict et souple. Strict sur les principes, souple dans son application, ce qui permettrait des révisions mineures de l'étude d'impact en cours d'exploitation au cas où tel ou tel problème n'aurait pas été analysé de manière satisfaisante, ou si les conditions générales, notamment celles de l'habitat, ont évolué. Une telle souplesse n'est bien sûr possible que si la référence à l'état initial, contrôlable par tout un chacun grâce à l'étude d'impact, est constante.

2.2 - Le suivi du plan d'exploitation dans la perspective du réaménagement

La définition du plan de réaménagement avant le début de l'exploitation est une condition très importante d'un bon réaménagement. Le plan d'exploitation en dépend en grande partie, notamment pour la définition des pentes et pour les extractions au-dessous du niveau de la nappe phréatique.

La mesure la plus importante à prendre est celle d'une exploitation par tranches, avec calendrier de réaménagement, déjà appliqué d'ailleurs dans de nombreux pays où il serait entendu que l'exploitation de la troisième tranche, par exemple, ne pourrait se faire qu'après réaménagement de la première. Ces mesures devraient bien entendu être adaptées à chaque cas.

3 - Action à mener après exploitation pour une remise en état des sols ou un aménagement plus élaboré

3.1 - Les carrières en activité

L'étude d'impact doit avoir prévu un plan de réaménagement complet après exploitation. D'autre part, ce plan doit, pour les exploitations importantes, avoir été déjà en partie réalisé. Le problème est donc là aussi un problème de suivi et de contrôle.

Plusieurs solutions sont possible : laisser à l'exploitant la maîtrise d'oeuvre du réaménagement en vérifiant (autorité compétente, commune) qu'il est effectivement appliqué ; confier en accord avec l'exploitant le réaménagement à une entreprise spécialisée, prendre en charge le réaménagement en utilisant la caution préalablement déposée. En règle générale, il faut considérer non seulement que le réaménagement est nécessaire, mais même qu'il doit être socialement, sinon individuellement rentable.

3.2 - Les carrières abandonnées

Pour les carrières abandonnées, il n'est pas question de procéder de la même manière. Les débuts de solutions élaborés en Lombardie et en France mériteraient d'être étudiés de près, mais il est clair que l'oeuvre à accomplir est immense : les carrières abandonnées sont très nombreuses, vraisemblablement plusieurs dizaines de milliers pour l'ensemble de la communauté. Il semble que les actions à mener doivent l'être à plusieurs niveaux : communautaire, national, régional et local. La définition d'une politique commune, probablement plus nécessaire encore dans ce domaine qu'ailleurs, rencontrerait inévitablement de gros problèmes liés à l'inégalité des situations entre les différents pays.

BIBLIOGRAPHIE

I - BRUITS ET VIBRATIONS

- BERTRANDY R. - Nuisances provoquées par les tirs de mine. Communications du Colloque scientifique et technique du salon professionnel national des techniques antipollution, Grenoble du 2 au 6 octobre 1973 ; Nuisances et Environnement numéro hors série, 1973 : Journée des bruits.
- CARBONNEL P. - Nuisances dues à l'emploi des explosifs dans les carrières. Industrie minière, février 1979.
- COURTOT P. - Le bruit : Sa mesure et son utilité dans les études d'impact. Rapport BRGM, 1979. 79 SGN 412 GEG.
- CRANDELL F.J. - Transmission coefficient for ground vibrations due to blastings. J. Boston soc. civil. eng., USA, 1960, april, 47 n°2, pp.152-168.
- FERRANDES R. - Mouvements à la surface du sol et influence des ébranlements naturels ou artificiels. Rapport BRGM 1974. 74 MET/GPH 003.
- LIENARD P. - Décibels et indices de bruit. Masson 1978.
- MERIEL B. - Isolation phonique des installations de carrière. Bulletin de liaison Laboratoire Ponts et Chaussées. 59. mai-juin 1972. Réf.1194.
- NICHOLLS H.R., JOHNSON C.F., DUVALL W.I. - Les vibrations dues aux tirs et leurs effets sur les constructions. Explosifs n°2, 1973, pp.45-92.
- ZOUBOFF V. - Note sur le problème des bruits de carrières. CETE Ouest n°73 1979.
- Les nuisances de chantier : Bruits et vibrations émis par les engins de chantier. Expomat Actualités n°75, juin 1979, pp.20-32.
- Texte provisoire des recommandations concernant l'étude des effets sismiques de l'explosif. Tunnels et ouvrages souterrains (AFTES) mars-avril, 1974, pp.89-93.

II - POUSSIÈRES

ALLOMBERT J., MASSON M. - Etude d'impact de la carrière de Gourdon (Alpes-Maritimes). Marseille : BRGM, 1979 (rapport inédit 79, SGN 176 PAC, effectué pour l'Entreprise SPADA).

AMATO A.J. - Mathematic Department, Norfolk. State College, 2401 Carprew Avenue, Norfolk, Virginia. Theoretical Resuspension Ratios. E.R.D.A. 1974, 13 p.

Annales des Mines - Les Poussières. Janvier-février 1978.

BARBERY G., OLLIVIER P. - Evaluation de l'Impact des opérations minéralurgiques sur l'environnement. Rapport BRGM. SGN/MIN/78/n°309 NM. 10 mars 1978.

BAUHANS M. - Une installation de préparation de diabase entièrement dépoussiérée. Equipement mécanique, carrières et matériaux n°133, octobre 1974, pp.47-50.

BOUILLEZ L. - Problèmes de dépoussiérage industriel. Equipement mécanique, carrières et matériaux n°127/Jan., fév. 1974, p.53-63.

CHALEKODE P.K., PETERS J.A., BLACKWOOD T.R., ARCHER S.R. - Emissions from the crushed granite industry. Cincinnati : Industrial Environmental Research Laboratory, 1978 (EPA-600/2.78.08).

CHAMPAGNE R. - Les industries de produits de carrières. Structure industrielle. Production. Consommation. Diffusion. Utilisation. Annales des Mines, déc. 1976, pp.17-40.

Commission des Communautés européennes - Lutte technique contre les poussières dans les mines. Rapport de synthèse sur les recherches du 2ème programme 1964-1970. Direction générale des affaires sociales. Edité par la Direction générale "Diffusion des connaissances". Centre d'information et de documentation. C.I.D. Luxembourg 1972 EUR 4851 d, f, i, n, e.

DEMANDER M., HARMEY J. - Dégradations, nuisances et pollutions occasionnées par l'exploitation des carrières. Rapport B.R.G.M. 77 SGN 397 BDP. Août 1977

EDWARDS D.G. - Dust Control in the Quarrying Industry. Filtration and separation.
March/April 1976. p.149 et suivantes.

GONI J., BIGNON J., BONNAUD G. - Les poussières dans la pollution atmosphérique.
Nuisances et Environnement avril-mai 1976.

KRAUSE-WICHMANN J. - Dépoussiérage dans les carrières. Equipement mécanique.
Carrières et matériaux n°127, janv. fév. 1974, pp.45-58.

LE GOVIC Y. - Dépoussiérage en carrières : la carrière de Bellignies (Nord).
Equipement mécanique, Carrières et matériaux n°142, octobre 1975, pp.35-39.

National Swedish Environment Protection Board - Air Pollution problems at
stationary sources in Sweden. Publication 1971, 10 E, pp.74-112.

SEHMEL G.A., LLOYD F.D. - Particulate and Gaseous Research Section, Atmospheric
Sciences Department, Battelle, Pacific Northwest Laboratory, Richland,
Washington. "Particle resuspension rates". E.R.D.A. 1974, 10 p.

SLINN W.G. - Dry deposition and resuspension of aerosol particles. A new look at
some old problem. Technical. Internation. Center Office of Public A.
Energy Research and Development Administration. pp.1-40, 1974.

SYLVESTRE J. - Le dépoussiérage des carrières. Une prise de conscience actuelle.
Equipement mécanique. Carrières et Matériaux, n°125, novembre 1973, p.44.

SYMPOSIUM ON FUGITIVE EMISSIONS : Measurement and Control. 2. 1977. Houston.
Proceedings of the Symposium.../compiled by J. King. Washington : U.S.
Environmental Protection Agency, 1977 (EPA-600/7-77-148).

SYMPOSIUM ON FUGITIVE EMISSIONS : Measurement and Control. 1. 1976. Hartford.
- Proceedings of the Symposium.../ compiled by E.M. Helming.
Washington : US Environmental Protection Agency, 1976 (EPA-600/2-76-246).

VINES P.H. - The additive Spray method of dust control. Quarry management and
products (july, 1975) pp.179-184.

(1) la carrière de Mataki (Suède) : Une alliance environnement-rendement réussie.
Equipement mécanique. Carrières et matériaux n°144, déc. 75, pp.42-48.

Le dépoussiérage assainissement en carrières - Equipement mécanique. Carrières et matériaux. n°123. Août-Septembre 1973, pp.70-81.

III - EAUX

ARCHAMBAULT J., LAMPIN J.M. - Gravières et alimentation en eau potable. Le granulat n°3, juillet 1976, pp.5-11.

ARNOULD M.-RIZZOLI J.L. - Granulats alluvionnaires et eau des nappes alluviales. Annales des mines n°12, Décembre 1976, pp.107-116.

BABOT M. - Influence des exploitations de sables et graviers sur la qualité des eaux souterraines. Techniques et sciences municipales, n°6, juin 1974, pp.374-375.

BOURALY J.C. - Dans les exploitations de granulats. La clarification des eaux de lavage chargées de matières minérales. Equipement mécanique. Carrières et matériaux, n°122, juin-juillet, 1973, pp.55-57.

CHEMLA C. - Synthèse des études sur les interactions entre carrières et nappes souterraines 1974.

FAURES G., VACHER J.P. - Recyclage intégral dans l'industrie de lavage des matériaux. Equipement mécanique. Carrières et matériaux, n°148, mai 1976, pp.85-88.

MALDONADO - Optimisation des méthodes de lavage et de décantation dans les exploitations de roches massives et de matériaux alluvionnaires. CETE Lyon. Laboratoire régional de Clermont-Ferrand (1977).

ROBBE D. - Influence des matières minérales en suspension sur la qualité des eaux de surface. Rapport de recherche n°49. Ministère de l'équipement. Laboratoire, 1975.

WAGNER A. - Gravières et eau souterraine. Un problème crucial, une gestion communale indispensable. Schweizerische bauzeitung n°92, mai 1974, pp.527-534.

IV - SITES ET PAYSAGES

C.E.T.E. de Rouen - Vallée de l'Eure. Ballastièrre et paysage (1975).

C.N.E.R.P. - Lieux d'extraction des matériaux et paysage : méthodologie des études de réaménagement (1975).

DEMANDER M., MARMEY J. - Déggradations, nuisances et pollutions occasionnées par l'exploitation des carrières (rapport B.R.G.M. 77 SGN 397 BDP, 1977).

GREBER J.S., PATEL V.P., PFETZING E.A., AMICK R.S., TOFTNER R.O. - Assessment of environmental impact of the mineral mining industry.

GUILLOT E. - Essai d'approche méthologique de la relation environnement-exploitations de sables et graviers (1973).

SHEILA M., HAYWOOD - Les carrières et le paysage (1974)

V - FAUNE ET FLORE

CLAVEL P., CUINAT R., HAMON Y., ROMANEIX C., - Effet des extractions de matériaux alluvionnaires sur l'environnement aquatique dans les cours supérieurs de la Loire et de l'Allier. Taxe parafiscale sur les granulats (1978).

CLEMENT-GRANDCOURT M., THEBAUD Ph. - Aménagement d'une ancienne ballastièrre en réserve ornithologique à St-Nicolas-d'Attez. Equipement mécanique, avril 1978, n°165, pp.49-51.

DEMANDER M. - Le reboisement des carrières. Rapport B.R.G.M. (1977).

PESSON P. - La pollution des eaux continentales. Incidence sur les biocénoses aquatiques. Gauthier-Villars Ed. (1976).

TAULY T. - La pathologie du reboisement des carrières de sables et de graviers. Equipement mécanique, octobre 1978, n°167, pp.57-60.

VI - SOLS

Anonyme - L'aménagement des carrières en milieu urbain ou périurbain. Equipement mécanique, juin-juillet 1979, n°176, pp.57-58.

COULAUD D. - Etudes d'impact et réaménagement de carrières. Equipement mécanique, octobre 1978, n°169, pp.45-54.

COUNIL M. - Mise en végétation des sols dégradés. Cahiers techniques du Moniteur, novembre 1977, n°14, pp.163-167.

LAPOIX - Le réaménagement des carrières. Forêt-Loisirs et Equipement de plein air. Mars 1978, n°1, pp.3-20.

PASCAL P. - Les exploitations de matériaux et leur réglementation dans l'optique de la réutilisation des sols exploités. E.N.T.P.E. (1975).

VII - SECURITE

BOUSSAGEON P.F. - L'exploitation des carrières : régime juridique, réglementaire et fiscal. Ed. de l'Actualité juridique (1973).

Revues ou documents traitant des problèmes d'environnement dans le domaine des carrières

- .) Annales des Mines
- .) Equipement mécanique. Carrières et matériaux.
- .) Forêt-loisirs et équipement de plein-air.
- .) Le granulats.
- .) La Houille blanche.
- .) Industrie minière.
- .) Le Moniteur des travaux publics.