

Ministère de l'Industrie,
des Postes et Télécommunications
et du Commerce extérieur

DOCUMENT PUBLIC

Déchets inertes et comblement des carrières en Franche-Comté

Décembre 1994
R 38222



Étude réalisée dans le cadre des
actions de Service public du BRGM

94 G203

RESUME

Dans le domaine de la gestion des déchets, les matériaux dits inertes posent un problème particulier : leur définition est floue ; ils sont parfois confondus avec les déchets dits banals, mais non inertes, souvent mélangés avec eux et éliminés, et il n'existe pas, actuellement, de réglementation stricte et précise fixant les conditions de leur élimination. Ils alimentent de nombreuses décharges sauvages, comblent des carrières et contribuent à la saturation des décharges contrôlées normalement réservées aux résidus urbains. Or, ces décharges contrôlées qui sont en nombre réduit en Franche-Comté et dont l'extension ou la recherche de nouveaux sites deviennent de plus en plus difficiles, doivent être "économisées" au maximum.

D'autre part, si les carrières sont nombreuses, elles sont souvent ouvertes dans, ou au-dessus, de réservoirs aquifères exploités pour l'alimentation en eau potable de la population.

L'étude, réalisée par le Service géologique régional du BRGM, dans le cadre de son programme de Service public 1994, et financée en totalité par des crédits du Ministère de l'Industrie, est destinée à fournir aux administrations les éléments leur permettant d'examiner en toute connaissance de causes, particulièrement sur le plan géologique et hydrogéologique, les demandes d'autorisation de comblement de carrières. Elle a pour objectifs de :

- recenser et classer les déchets inertes,
- étudier les circuits d'élimination et tenter de quantifier les flux,
- établir une typologie des sites d'accueil en fonction des risques hydrogéologiques,
- préciser les conditions de mise en dépôt.

Basée en partie sur l'analyse de la documentation existante et une enquête auprès d'organismes nationaux, comme l'ADEME, ou professionnels, elle s'appuie sur la bonne connaissance géologique et hydrogéologique régionale.

Une approche scientifique et réglementaire de la définition des déchets inertes est d'abord tentée puis une classification est proposée, basée sur la réactivité effective ou possible des déchets mis en décharge, étant rappelé que l'inertie absolue n'existe pas. Un tableau synthétique résume cette analyse et indique, pour chaque type de déchet, la solution de résorption réglementaire et la solution souhaitable.

En l'absence de réglementation stricte et donc de passages obligés, l'étude des flux ne peut être que très approximative, basée sur les statistiques nationales, ou sur des études partielles. La quantité de déchets dits inertes produite en Franche-Comté serait comprise entre 1 500 000 t et 2 000 000 t, dont la plus grande partie va en décharge.

Dans un chapitre consacré à la valorisation des déchets inertes, on montre que ceux-ci, lorsqu'ils ne sont pas eux-mêmes pollués, sont pratiquement tous récupérables.

Suit une typologie des carrières de Franche-Comté basée sur les conditions hydrogéologiques et, donc sur les risques de pollution des eaux superficielles et souterraines. Dix types de carrières sont distingués, dont 8 en terrains perméables. Un tableau synthétique résume les modifications prévisibles du système naturel épurateur et régulateur induites par le creusement et le comblement de la carrière, ainsi que les conditions d'admissibilité de chaque type de déchet inerte ou assimilé, dans chaque type de carrière. Un autre tableau, à la fin de l'argumentaire, permet de comparer les risques d'impacts hydrogéologiques pour chaque type de carrière.

Pour conclure, un mémento rappelle les questions à se poser au moment de l'examen d'une demande de comblement de carrière avec des déchets dits inertes. Celles-ci portent sur la réglementation, la nature des déchets, la qualité et l'utilité de la carrière, l'hydrogéologie.

SOMMAIRE

I. SYNTHÈSE	8
1. INTRODUCTION	9
1.1. Déchets, carrières et pollution	9
1.2. Objet de l'étude.....	10
1.3. Objectif de l'étude	11
1.4. Modalités contractuelles	11
1.5. Moyens mis en oeuvre et démarche adoptée	11
2. RESULTATS	13
2.1. Typologie des déchets inertes.....	13
2.2. Flux, abandon en décharge sauvage et valorisation	14
2.3. Conditions de décharge de déchets inertes en carrière.....	17
2.4. Mémento pour l'examen d'une demande de comblement de carrière par des déchets inertes	23
3. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	26
II. ARGUMENTAIRE	28
1. TYPOLOGIE DES DÉCHETS ADMISSIBLES EN DÉCHARGE DE PRODUITS INERTES SUR SITES DE TOUTES CLASSES	29
1.1. Approche d'une définition et d'une caractérisation des déchets dits inertes ..	29
1.2. Classification proposée	37

2. LE FLUX DES DECHETS INERTES EN FRANCHE-COMTE	41
2.1. Origine des déchets inertes	41
2.2. Circuits d'enlèvement, de récupération et d'élimination	41
2.3. Essai d'évaluation quantitative des flux	42
3. VALORISATION DES DECHETS DITS INERTES	47
3.1. Déchets à considérer comme inertes du point de vue de l'environnement	47
3.2. Déchets parfois dits inertes, compris dans les déblais routiers et les produits de démolition	50
3.3. Déchets non inertes mais de réactivité très lente	51
3.4. Déchets d'incinération, cuisson, fusion, souvent considérés comme inertes mais de réactivité et de toxicité très variables	52
3.5. Déchets non inertes, mais couramment assimilés à des déchets banals non polluants : "déchets verts"	53
3.6. Cas particulier des stériles	53
3.7. Remarque sur l'importance du rôle des travaux routiers dans la résorption des déchets inertes	53
4. TYPOLOGIE DES SITES D'ACCUEIL : APTITUDE DES CARRIERES DE FRANCHE-COMTE AU COMPLEMENT PAR DES DECHETS INERTES.....	55
4.1. Carrières et domaines géologiques de Franche-Comté	55
4.2. Classification et caractérisation des carrières	60
4.3. Critères d'aptitude des carrières au comblement par des déchets : risques d'impacts hydrogéologiques	62
4.4. Evaluation et comparaison des risques hydrogéologiques des décharges selon le type de carrière.....	63
4.5. Autres sites d'accueil potentiels	66

TABLE DES FIGURES

Figure 1 - Les grands ensembles géologiques et structuraux de la Franche-Comté....	22
---	----

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Inventaire et classement des déchets dits inertes ; solutions de résorption	15
Tableau 2 - Adéquation des types de carrières de Franche-Comté et des types de déchets inertes	19
Tableau 3 - Comparaison des risques d'impacts hydrogéologiques selon les types de carrières.....	64

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1** - Nomenclature officielle des déchets.
- Annexe 2** - Déchets métalliques : quantités, teneurs en métaux, métaux récupérables (CAST-INSA de LYON - 1987).
- Annexe 3** - Composition chimique de mâchefers d'UIOM.
- Annexe 4** - Composition chimique des cendres volantes d'UIOM (CAST-INSA de LYON - 1987).
- Annexe 5** - Caractérisation et possibilités d'élimination de matériaux considérés comme inertes (tableaux extraits d'une étude réalisée en 1993 par POLDEN pour le compte de l'ADEME).
- Annexe 6** - J.O. des Communautés européennes - 03 avril 1991 : proposition de directive du Conseil concernant la mise en décharge des déchets (extrait : critères chimiques d'admissibilité).
- Annexe 7** - Réglementation suisse - Ordonnance sur le traitement des déchets du 10/12/1970 (extrait).
- Annexe 8** - Caractéristiques des différentes catégories de mâchefers (annexe III de la circulaire ministérielle du 09 mai 1994 relative à l'élimination des mâchefers d'incinération des résidus urbains).
- Annexe 9** - Utilisations admissibles de mâchefers à faible fraction lixiviable en techniques routières et assimilées (annexe V de la circulaire pré-citée).
- Annexe 10** - Répartition des déchets selon les différents secteurs d'activité (CAST-INSA de LYON - 1987).
- Annexe 11** - Conseil de l'Union Européenne - Extraits de la proposition modifiée de directive du Conseil concernant la mise en décharge des déchets - 02 juin 1994.
- Annexe 12** - Analyses recommandées pour la surveillance chimique et bactériologique des eaux souterraines.
- Annexe 13** - Le recyclage de la fraction inerte des matériaux de démolition.
- Annexe 14** - Typologie des carrières de Franche-Comté - 10 fiches signalétiques.

- I -

SYNTHESE

1. INTRODUCTION

1.1. DECHETS, CARRIERES ET POLLUTION : LA SITUATION DE LA FRANCHE-COMTE EN 1994

De par sa géologie et la nature de son sous-sol, la Franche-Comté est une région particulièrement riche en matériaux de carrières, notamment en granulats, qu'il s'agisse de roches meubles, d'origine alluvionnaire, ou de roches massives (principalement calcaires) que l'on concasse. Aussi, est-il logique d'y trouver un grand nombre de carrières de toutes tailles, actives ou abandonnées, disséminées sur l'ensemble du territoire.

Ainsi, nombre de communes ont au moins une carrière abandonnée (ancienne carrière communale généralement d'assez faible envergure) qui sert souvent de lieu de décharge pour des déchets les plus divers (autres que les ordures ménagères). Dans d'autres communes, encore plus nombreuses, ces déchets sont déversés à même le sol, à la faveur d'un talus ou d'une dépression topographique naturelle (vallon sec, doline...).

Or, la plupart des carrières sont ouvertes dans des terrains perméables qui constituent, à des profondeurs variables, des réservoirs aquifères naturels très souvent exploités pour la consommation humaine. Dans les plaines alluviales (lit majeur des principales rivières, en particulier), la nappe phréatique, peu profonde, baigne en grande partie les gravières et tout ce qui s'y trouve. L'eau de la nappe entraîne les éléments solubles et les polluants éventuels adsorbés sur les particules en suspension. Dans les régions calcaires, les eaux de pluie et de ruissellement lessivent les dépôts et s'infiltrant rapidement dans les fissures de la roche pour rejoindre le réseau souterrain qui alimente les sources, parfois très éloignées. C'est ainsi que les polluants contenus dans les décharges parviennent aux captages.

Les sites de carrières sont rendus encore plus vulnérables que les sites naturels par le décapage (découverte) du sol et des terrains superficiels argilo-limoneux susceptibles de jouer le rôle de filtre.

La Franche-Comté dispose de 9 incinérateurs d'ordures ménagères, 6 décharges contrôlées (C.E.T.) de classe II recevant des résidus urbains, ainsi que des déchets industriels banals, et une décharge de classe I pour déchets industriels. Mais l'élimination des déchets inertes, non structurée, encore en grande partie anarchique, contribue à la saturation prématurée des sites de décharge de classe II et nuit à l'environnement (décharges sauvages).

Pourtant, théoriquement et par définition, les déchets inertes ne devraient pas poser de problème de pollution. Mais, il n'existe pas de définition précise dans la réglementation française en vigueur et il suffit d'enquêter sur le sujet ou de visiter les décharges pour se rendre compte de l'imprécision ou de l'ampleur du sens accordé à l'adjectif "inerte".

Il n'existe pas, non plus, d'encadrement strict de la filière d'élimination. A la production, le tri n'est pas obligatoire et la mise en dépôt de déchets inertes sur les sites de classe III, c'est-à-dire perméables, n'est soumise qu'à l'autorisation du Maire et sans que les services compétents de l'administration soient consultés. Or, l'expérience montre que l'impact hydrogéologique de l'abandon d'un grand nombre de déchets dits inertes dans le milieu naturel est souvent ignoré des responsables.

Dans ces conditions, il est difficile d'empêcher les abus, qu'ils soient volontaires ou pratiqués en toute bonne foi.

L'absence de tri et de contrôle technique ont trois autres conséquences :

- **la saturation des sites de classe II**, une grande quantité de déchets inertes, mélangés aux résidus urbains polluants, allant grossir inutilement les décharges contrôlées,
- **la méconnaissance des quantités et des flux de déchets inertes** que les organismes officiels ne peuvent contrôler faute de passages obligés (techniques, réglementaires ou financiers),
- **le gaspillage de matières premières**, les laboratoires des organismes officiels et de la Profession ayant prouvé que la quasi totalité des déchets inertes est, soit directement utilisable, soit transformable et recyclable ; mais l'absence ou l'insuffisance du tri sur les lieux de production des déchets, la règle de la facilité et de l'économie qui conduit à la décharge sauvage et le prix de revient supérieur des granulats de recyclage par rapport à celui des granulats naturels, sont autant d'obstacles à la récupération et à l'économie de matières premières.

Les pouvoirs publics ont pris conscience de cette carence de réglementation en matière de déchets inertes et une réflexion est en cours, tant au niveau communautaire qu'au niveau national.

1.2. OBJET DE L'ETUDE

Dans le contexte général décrit au paragraphe précédent, la présente étude a pour objet d'apporter une meilleure connaissance :

- de la filière et de la véritable nature des déchets dits inertes,
- des particularités des sites d'accueil potentiels que sont les carrières, dans le contexte géologique et hydrogéologique de la Franche-Comté,
- des avantages, des inconvénients et des risques du comblement des carrières par les déchets inertes.

1.3. OBJECTIFS DE L'ETUDE

L'étude a pour objectifs :

- de recenser et caractériser les déchets qui :
 - . de fait, se trouvent sur le terrain incorporés à la filière des "inertes",
 - . sont, hydrogéologiquement, "acceptables comme matériaux de remblai dans les carrières" ;
- de recenser et caractériser, géologiquement et hydrogéologiquement, les différents types de carrières et d'aquifères concernés en Franche-Comté,
- d'évaluer, si possible, les quantités de déchets (flux) et recenser les possibilités de récupération et de recyclage,
- de fournir les éléments du cahier des charges du comblement des carrières par des déchets inertes.

1.4. MODALITES CONTRACTUELLES

Cette étude, réalisée au cours du second semestre 1994 par le Service géologique régional Franche-Comté, dans le cadre de son activité de Service public, a été financée en totalité par des crédits alloués au BRGM par le Ministère de l'Industrie (référence FP 94 G203).

1.5. MOYENS MIS EN OEUVRE ET DEMARCHE ADOPTEE

L'étude est entièrement fondée sur :

- les résultats d'une enquête menée auprès d'organismes officiels, de laboratoires, de pouvoirs publics et de la profession,
- une analyse documentaire, avec l'appui de la Mission Service Public du BRGM (Pollution - Déchets),
- la bonne connaissance géologique et hydrogéologique régionale et l'expérience du BRGM dans le domaine de la lutte contre la pollution des eaux.

Elle a été divisée en quatre chapitres qui sont traités en détail dans la seconde partie (argumentaire) du rapport et dont les principaux résultats sont résumés dans cette première partie.

- Le premier chapitre cherche à définir aussi précisément que possible ce que sont véritablement les déchets inertes à travers les différentes interprétations qu'on leur donne, du sens le plus large constaté de visu sur le terrain, au sens le plus strict de la profession des récupérateurs, des règlements, de la chimie et de l'environnement. Il aboutit à un inventaire et une proposition de classification des déchets inertes.
- Le deuxième chapitre fait l'inventaire des sources de production et des circuits de résorption des déchets inertes. Une évaluation quantitative est tentée à partir des statistiques nationales, et des résultats d'une étude réalisée par la Ville de BESANCON.
- Le troisième chapitre traite de la valorisation des déchets dits inertes au sens le plus large. Il rappelle les possibilités de recyclages qui permettent de limiter les risques de pollution et d'économiser des matières premières et des sites d'extraction ou de stockage de déchets.
- Le dernier chapitre est consacré à l'autre aspect du problème, à savoir l'aptitude hydrogéologique des carrières à recevoir des déchets. Des précisions sur les impacts prévisibles sont apportées et une typologie des carrières de Franche-Comté est élaborée en fonction de leur contexte géologique et hydrogéologique. Chaque type de carrière fait l'objet d'une fiche qui en précise les caractéristiques (cf. annexe 14).

Les critères d'aptitude des carrières au comblement sont définis et une analyse comparative de cette aptitude est présentée sous forme d'un tableau synthétique à double entrée dans lequel chaque type de risque est évalué pour chaque type de carrière.

En dernière partie de la présente synthèse, sont indiqués les différents facteurs à considérer, du point de vue géologique et hydrogéologique, dans le cadre de l'examen d'une demande d'ouverture d'une décharge de produits inertes en carrière ou pour la rédaction d'un cahier des charges.

2. RESULTATS

2.1. TYPOLOGIE DES DECHETS INERTES

2.1.1. Définition scientifique et technique

Au sens le plus strict, l'expression "déchets inertes" est doublement incorrecte car :

- d'une part, tous les matériaux de cette catégorie (sauf le plâtre) sont, soit directement utilisables, soit transformables et recyclables,
- d'autre part, pratiquement aucun n'est physiquement ni chimiquement totalement inerte.

En matière de gestion des déchets, il faudrait donc distinguer le **déchet**, produit embarrassant et inutilisé et le **déchet ultime**, inutilisable. Dans l'idéal, seul ce dernier serait à éliminer.

Quant à l'**inertie**, elle est toute relative. Il s'agit en fait du seuil de réactivité minimale qui ne provoque, dans le milieu naturel, ni désordre hydrogéologique ou géotechnique, ni pollution de l'air ou de l'eau. Or, cette réactivité ne dépend pas seulement de la nature intrinsèque du déchet, mais aussi des substances qu'il est susceptible de véhiculer (un déchet inerte peut être pollué) et des corps au contact desquels il se trouve.

Peut donc être considéré comme inerte du point de vue de l'environnement et donc admissible en décharge sur site de classe III (perméable) tout déchet sans charge polluante et sans capacité de réagir de façon néfaste au contact des autres déchets, des terrains encaissants ou de l'eau.

2.1.2. Définition réglementaire

On ne retrouve pas en France de réglementation spécifique définissant le déchet inerte.

Une définition est donnée dans la "proposition de directive du Conseil des communautés européennes concernant la mise en décharges de déchets" (J.O. du 22 juillet 1991) et tenant compte, précisément du comportement du déchet dans le milieu naturel : "Déchets inertes : tous déchets qui, une fois déposés dans une décharge, ne subissent aucune transformation physique, chimique ou biologique importante et qui répondent aux critères d'éluion prévus à l'annexe III". Cette annexe est reproduite in-extenso en annexe 6 de l'argumentaire.

Toutefois, dans son article 2, point 2, la proposition de directive modifiée du Conseil de l'Union européenne du 02 juin 1994, concernant la mise en décharge des déchets (certainement plus proche de la future réglementation européenne), reprend la définition précédente en termes similaires mais ne fait plus mention de critères d'éluion (cf. annexe 11).

La même proposition de directive modifiée considère les déchets inertes comme relevant d'installations classées au même titre que les déchets industriels ou les déchets urbains puisqu'elle requiert (dans son annexe I, paragraphe 3, point 2) pour les décharges de déchets inertes une perméabilité $K \leq 1.10^{-7}$, sur une épaisseur au moins égale à 1 m, ou une protection équivalente, sur le fond et les côtés du site.

2.1.3. Inventaire des déchets inertes ; caractérisation et classification relatives à l'admissibilité en site de classe III

La visite des décharges et les pratiques actuelles montrent qu'il y a lieu de bien différencier les déchets quasiment inertes du point de vue de l'environnement et les déchets dits inertes, communément admis ou présents dans la filière d'élimination.

Le tableau 1 présente l'inventaire des uns et des autres, classés à la fois par nature, provenance, risque de pollution et conditions d'admissibilité en décharges.

Les possibilités de réactions physico-chimiques et chimiques de ces déchets et la charge toxique de certains d'entre eux sont rappelés dans le chapitre 1 de l'argumentaire (paragraphe 1.1.1.) où figure, en outre (paragraphe 1.2.2.), une esquisse de classification granulométrique en rapport avec le risque d'impact hydrodynamique du remblayage des carrières noyées (colmatage).

2.2. FLUX, ABANDON EN DECHARGE SAUVAGE ET VALORISATION

Le flux des déchets inertes est alimenté essentiellement par :

- les chantiers urbains de construction et de démolition,
- les chantiers routiers,
- les chantiers d'aménagement des zones industrielles.

Les déchets inertes des carrières et de l'activité agricole restent sur place ou voyagent peu. Les déchets inertes de l'industrie restent généralement dans le milieu industriel et sont recyclés ou rejoignent la filière clandestine qui conduit aux décharges sauvages.

L'évaluation précise du flux des déchets inertes est très difficile car il s'agit de produits mal définis dans la pratique, peu encadrés par la réglementation et dispersés dans divers circuits de récupération et d'élimination des secteurs publics et privés.

Différentes approches ont permis d'estimer entre 1 500 000 t et 2 000 000 t la production annuelle de déchets dits inertes en Franche-Comté. La majeure partie de ces déchets va en décharge sur des sites autorisés ou tolérés (de classe III) ou en décharges sauvages.

Le chapitre 3 de l'argumentaire montre que la quasi totalité des déchets dits inertes au sens large est théoriquement récupérable pour le recyclage de la matière première, la construction de remblais, la fabrication de granulats, de combustibles, d'additifs pour cimenterie, etc...

Tableau 1 - INVENTAIRE ET CLASSEMENT DES DECHETS DITS INERTES ; SOLUTIONS DE RESORPTION

CLASSEMENT DES DECHETS INERTES ET DES DECHETS ASSOCIES PAR FAMILLE D'ORIGINE ET DEGRE DE REACTIVITE POTENTIELLE	R = SOLUTION REGLEMENTAIRE D'ELIMINATION (site de décharge)				OBSERVATIONS PARTICULIERES
	S = SOLUTION SOUHAITABLE (Sc : sous conditions)				
	CLASSE III	CLASSE II	CLASSE I	REUTILISATION RECYCLAGE	
DECHETS INERTES					
a) Déblais de terrains vierges sans minéralisations particulières :					
a1 - "terres"				R	Réhabilitation pédologique
a2 - sédiments fins	R	RSc *		S	* pour amélioration site décharge
a3 - sédiments grossiers	R	R		S	
b) Chutes ou produits de démolitions de matériaux de construction triables :					
b1 - matériaux grossiers rocheux ou à base de ciment-béton	R	R		S	
b2 - tuiles, briques...	R	R		S	
b3 - tuyauteries, plaques et autres matériaux à base de ciment, fibrociment	R	R		S	
b4 - chaux, ciment et fines minérales de chantier	RSc *	R			* sauf cas impact hydro-dynamique
c) Céramiques	R	R		S	
d) Verre	R	R		S	
DECHETS INERTES PROVENANT DE MILIEUX A PRODUITS INERTES ET NON INERTES					
e) Déblais de terrains occupés :					
e1 - déblais de centres urbains, industriels agricoles	R *	RSc **	R	Sc	* Contrôle : si pollution ou présence de goudrons ---> décharge classe I ou recyclage ** pour amélioration site de décharge si résultats contrôle favorable
e2 - déblais type routier	R *	RSc **	R	Sc	
f) Gravats, décombres mélangés	R *	R	R	Sc	* sauf plâtre ---> classe I
g) Déblais miniers peu ou non minéralisés	RSc *	R **	R	Sc	* selon résultats tests de lixiviation ** proscrit si réactivité possible avec ordures ménagères
h) Laitiers, mâchefers, scories (à l'exclusion des cendres et poussières)	RSc *	R **	R	Sc	
DECHETS DE COMPOSES ORGANIQUES PEU ACTIFS, A FAIBLE IMPACT HYDRO-CHIMIQUE EN PHASE SOLIDE					
i) Matières plastiques	*	R**	R**	S	* tolérable en faible quantité avec déchets a à h sans traces de pollution, en décharges sèches ** brûlage proscrit
j) Caoutchouc, pneumatiques	*	R**	R**	S	

Déchets inertes et comblement des carrières en Franche-Comté

CLASSEMENT DES DECHETS INERTES ET DES DECHETS ASSOCIES PAR FAMILLE D'ORIGINE ET DEGRE DE REACTIVITE POTENTIELLE	R = SOLUTION REGLEMENTAIRE D'ELIMINATION (site de décharge)				OBSERVATIONS PARTICULIERES
	S = SOLUTION SOUHAITABLE (Sc : sous conditions)				
	CLASSE III	CLASSE II	CLASSE I	REUTILISATION RECYCLAGE	
BOIS ET DECHETS VERTS (DE JARDINS ; NON INERTES)					
k) Bois brut et "déchets verts" (herbes, feuilles, branchages)	*	R		S**	* tolérables avec ou sans déchets a à d exclusive- ment et en décharge sèche ** compostage
l) Matériaux en bois sans traitement	*	R		S	
DECHETS DE FAIBLE REACTIVITE, SOUVENT CONSIDERES COMME BANALS					
m) Gravats, décombres avec plâtre, bois, ferrailles en faible quantité	*	R**	R	S***	* tolérables ** à éviter en raison des risques de gaz et solubili- sation de métaux lourds *** rendre le tri obliga- toire sur les chantiers
n) Matériaux de fin de chantier mélangés avec métaux divers... (benne prorata)		R	R	S***	
o) Enrobés et bitumes			R	S	
DECHETS REACTIFS ET POLLUANTS PRESENTS A TORT DANS LA FILIERE DES DECHETS INERTES					
p) Textiles, papiers, cartons		R		S	
q) Produits minéraux de curages (voiries) ou de sites pollués		R*	R		* contrôle de pollution
r) Ferrailles, monstres...		R*	R	S	* à éviter en raison des risques de solubilisation de métaux lourds
s) Cendres volantes			R		

2.3. CONDITIONS DE DECHARGE DE DECHETS INERTES EN CARRIERES

2.3.1. Types de carrières et risques d'impacts hydrogéologiques

Les conditions de mise en décharge des déchets qui sont indiquées dans le tableau 1 ont été définies sans tenir compte de la diversité des carrières de Franche-Comté, uniquement en fonction des trois classes de sites réglementaires (III, II, I) qui se distinguent essentiellement par la perméabilité des terrains. Selon la réglementation française en vigueur, tous les déchets inertes peuvent être déposés en site de classe III, perméable.

Mais l'étude montre que non seulement l'inertie absolue n'existe pas, mais aussi que les déchets dits inertes comportent fréquemment d'autres déchets qui peuvent réagir entre eux et/ou avec le milieu hydrogéologique.

L'expérience incitant à la prudence, des réactions et des pollutions sont donc toujours à craindre. Les risques doivent être connus et réduits, notamment en tenant compte du "degré" de vulnérabilité des sites, de l'importance des aquifères concernés et des moyens de contrôle et d'intervention en cas de pollution. En outre, le fonctionnement du système aquifère peut être perturbé par le comblement des carrières noyées ; une diminution de la perméabilité d'ensemble peut réduire la productivité de l'aquifère et, par ailleurs, être à l'origine de remontées de nappe.

Or, du fait de leur diversité et de leur appartenance à des domaines hydrogéologiques variés, les carrières de Franche-Comté sont plus ou moins aptes à accueillir les déchets. Ainsi, 10 types de carrières ont été définis, pour chacun desquels une fiche signalétique a été établie (cf. chapitre 4 et annexe 14 de l'argumentaire).

Le tableau 3 synthétique (page 63 de l'argumentaire), permet d'apprécier et de comparer les risques d'impacts hydrochimique et hydrodynamique du comblement, pour chaque type de carrière. Dans ce tableau sont différenciées :

- les carrières de granulats naturels : gravières et sablières de diverses régions géologiques, auxquelles sont associées les carrières de groise (éboulis calcaire naturel), milieux à perméabilité et porosité intergranulaires,
- les carrières d'argiles et de marnes, milieux peu perméables, humides,
- les carrières de roches massives (calcaires, grès, roches éruptives), milieux à perméabilité de fissures.

2.3.2. Adéquation types de carrières - types de déchets inertes

a) PRESENTATION GENERALE DU TABLEAU D'ADEQUATION

Le tableau 2, synthétique, donne un avis codé sur l'admissibilité de chaque type de déchet inerte dans chaque type de carrière. Cet avis repose sur toutes les distinctions et les analyses de risques faites dans la typologie des déchets et la typologie des carrières.

Dans la colonne de gauche (entrée en ordonnée), seules ont été retenues les principales catégories de déchets suivantes :

- les déchets quasiment inertes, au sens environnemental défini dans ce rapport,
- les produits de démolition, avec une fraction mineure de déchets non inertes, mais admissibles dans des conditions hydrogéologiques bien particulières et, en tout cas, exclus des carrières noyées,
- les bois et "déchets verts" (de jardins), aux mêmes conditions, seuls ou exclusivement accompagnés de déchets minéraux vierges de toute souillure ou de toute minéralisation particulière.

Ces déchets sont classés :

- d'une part, en fonction de leur nature, de leur origine et des risques de souillures (pollution des sols des friches industrielles, par exemple),
- d'autre part, en fonction de la granulométrie, et donc de la perméabilité, de la décharge résultante.

La ligne supérieure (entrée en abscisse) indique les 10 types de carrières identifiés en Franche-Comté.

Les réponses sur l'admissibilité de chaque type de déchet dans chaque type de carrière sont traduites par "oui" ou "non" avec des indications sur les modifications du système naturel filtrant et épurateur, sur l'effet de drain ou, au contraire, le colmatage de l'aquifère (cas des carrières noyées), ainsi que sur les contrôles géologiques ou chimiques à faire.

Pour les projets, les combinaisons faisant l'objet d'un avertissement dans le tableau devraient donner lieu systématiquement à une étude d'impact et de faisabilité hydrogéologique particulière.

b) LEGENDE DETAILLEE DU TABLEAU D'ADEQUATION

Colonne de gauche

Les notations a, b, c, etc... sont celles de la classification des déchets adoptée au paragraphe 1.2 de l'argumentaire ; s'y reporter pour connaître les types de déchets correspondants et les conditions d'admission en décharge sur sites de classe III.

Tableau 2 - ADEQUATION DES TYPES DE CARRIERES DE FRANCHE-COMTE ET DES TYPES DE DECHETS INERTES

DECHETS ADMISSIBLES EN DECHARGES DE PRODUITS INERTES SUR SITES DE TOUTE CLASSE	CARRIERES, DOMAINES GEOLOGIQUES ET ETAT HYDRIQUE												
	GRAVIERES						GROISIERES	CARRIERES D'ARGILES	CARRIERES DE MARNES	CARRIERES DE CALCAIRES	CARRIERES DE GRES	CARRIERES DE SOCLE	
	LIT MAJEUR DE RIVIERES	PLIO-QUATERNAIRE		FLUVIO-GLACIAIRE		PLAINE DE PONTARLIER							
	H	G		A1, E2, F		F		E2, F	G2	B1, C2, D, G	B2, C1, D, E1, E2, F	B1	A1, A2
n	s	n	s	n	s	n	s	h	h	s	s/h	s/h	
1. DECHETS INERTES GROSSIERS - Déblais grossiers de terrains vierges (a3) - Matériaux de construction minéraux, (chutes ou produits de démolition (b1 à b3) - Débris de céramique et de verre (sauf fibre) (c et d)	OUI												
	Fl, Dr	Fv	Fl, Dr	Fv	Fl, Dr	Fv	Fl, Dr	Fv	Ev, Dr				
2. DECHETS INERTES FINS OU MELANGES - Déblais de terrains vierges (a1, a2, avec ou sans a3) - Restes de chaux, ciment et gravats fins minéraux (b4)	OUI												
	colm.		colm.		colm.		colm.	Fv	Dr				
3. DECHETS GROSSIERS ADMIS- SIBLES SOUS CONDITION DE CONTROLE PARTICULIER - Déblais grossiers de terrains occupés (e1) - Matériaux grossiers d'infrastructure logistique type remblais routiers (e2) - Déblais miniers grossiers (g) - Produits minéraux de cuisson, incinération haute température (h)	OUI												
	Fl, Dr	Fv	Fl, Dr	Fv	Fl, Dr	Fv	Fl, Dr	Fv	Ev, Dr				
4. DECHETS FINS OU MELANGES ADMISSIBLES SOUS CONDITION DE CONTROLE PARTICULIER - Déblais de terrains occupés (e1) - Déblais miniers mélangés (g) - Matériaux d'infrastructures logistiques (e2) - Gravats, décombres à fraction mineure de bois, ferrailles, plâtre, papier, carton, matières plastiques, caoutchouc (f, i, j)	non colm.	oui (1) (2)	non colm.	oui (1) (2)	non colm.	oui (1) (2)	non colm.	oui (1) (2)	oui, (1), (3)			oui (1), (4)	
5. BOIS ET DECHETS VERTS SEULS OU ACCOMPAGNES EXCLUSIVE- MENT DE DECHETS a à d (k, l)	non colm.	oui (1) (2)	non colm.	oui (1) (2)	non colm.	oui (1) (2)	non colm.	oui (1) (2)	non			oui (1), (4)	

- (1) : Oui, à condition que :
 - les déblais e1 proviennent d'un terrain non pollué (contrôles par analyses),
 - les matériaux e2 soient strictement limités : enrobés et goudrons exclus de la liste a à d ; contrôles par analyses pour matériaux e1, g et h,
 - test de lixiviation satisfaisant pour g et h ; (restrictions non valables ou à revoir pour carrières d'argiles ou de marnes en site reconnu de classe I.
- (2) : Oui, à condition que le contrôle soit effectif et sévère et que l'épaisseur de la zone non saturée soit suffisante (étude hydrogéologique spécifique nécessaire).
- (3) : Oui, si site de classe I ou II, et avec détournement des eaux.
- (4) : Oui, théoriquement, si carrière bien drainée, sèche, mais risque de pollution lié aux abus, apports clandestins (site sans défense).

Entrée des lignes supérieures

La définition des différents types de carrières cités est donnée au paragraphe 4.2 de l'argumentaire, ainsi que dans les fiches signalétiques en annexe 14 de ce dernier.

Les lettres majuscules symbolisent les différents domaines géologiques décrits au paragraphe 4.1.2 de l'argumentaire et localisés sur la carte schématique de la figure 1.

Les lettres minuscules symbolisent l'état hydrique des carrières :

- s : carrières généralement sèches,
- h : carrières humides, c'est-à-dire avec possibilité de suintements sur terrains encaissants peu perméables ou le long de fissures,
- n : carrières généralement noyées dans la nappe (au moins en partie).

Avis sur l'admissibilité des déchets

- oui : pas de risque de pollution à craindre, a priori, si la nature des déchets et la qualité du site d'origine sont connues et, le cas échéant, contrôlées. Avis à confirmer par une étude d'impact à volet hydrogéologique,
- non : mise en décharge à éviter ; pollution par les matières fermentescibles.

Fv, Fl, Ev, Dr, traduisent les modifications des conditions de protection naturelle de la qualité des eaux souterraines entre l'état initial, avant ouverture de la carrière, et l'état du site réhabilité, après comblement ; paramètres à connaître pour une bonne adéquation entre l'utilisation future du site réhabilité et la protection des eaux souterraines.

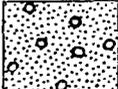
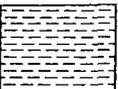
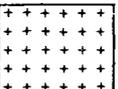
- Fv : filtration, épuration bactérienne verticales réduites,
- Fl : filtration, épuration bactérienne latérales réduites,
- Ev : écran protecteur (contre les infiltrations polluantes verticales) réduit,
- Dr : effet de drain ; perméabilité globale du système augmentée au niveau de la décharge (cas des carrières noyées),

Colm : impact hydrodynamique en carrières noyées ; perméabilité globale de l'aquifère réduite par rapport à l'état initial (avant carrière) et surtout par rapport à carrière noyée, à l'air libre ; productivité, épuration et régulation hydraulique réduites ; risque de préjudice pour les captages AEP et risque d'inondation à étudier principalement dans le cas de comblements multiples et/ou de grand volume.

LES GRANDS ENSEMBLES GEOLOGIQUES ET STRUCTURAUX DE LA FRANCHE-COMTE

LEGENDE DE LA FIGURE 1

PRINCIPAUX FACIES LITHOLOGIQUES DES FORMATIONS AFFLEURANTES

	Alluvions sablo-graveleuses Quaternaire		Cailloutis, sables, argiles, marnes Plioquaternaire
	Grès Trias inférieur - Permien		Marno-calcaires Trias moyen - Crétacé
	Calcaires Dogger - Malm		Marnes - argiles Trias - Lias - Oxfordien inférieur - Oligocène
	Roches cristallines éruptives et autres roches du socle hercynien		

ENSEMBLES GEOLOGIQUES ET STRUCTURAUX

- A** : Socle hercynien : roches cristallines, éruptives et volcano-sédimentaires
A1 : Vosges saônoises
A2 : Horst de la Serre
- B** : Dépression périvosgienne
B1 : sous-sol principalement gréseux
B2 : sous-sol principalement marno-calcaire
B3 : sous-sol principalement marneux
- C** : Avant-Monts et collines préjurassiennes
C1 : sous-sol principalement calcaire
C2 : sous-sol principalement marneux
- D** : Vignoble et Revermont
D1 : sous-sol principalement calcaire
D2 : sous-sol principalement marneux
- E** : Les Plateaux
E1 : plateaux de Haute-Saône
E2 : plateaux du Doubs et du Jura
- F** : Haute-Chaîne plissée
- G** : Dépressions tertiaires
G1 : plaine de la Saône
G2 : Bresse et Forêt de Chaux
G3 : Sundgau
- H** : Basse plaine alluviale (lit majeur) des principales rivières

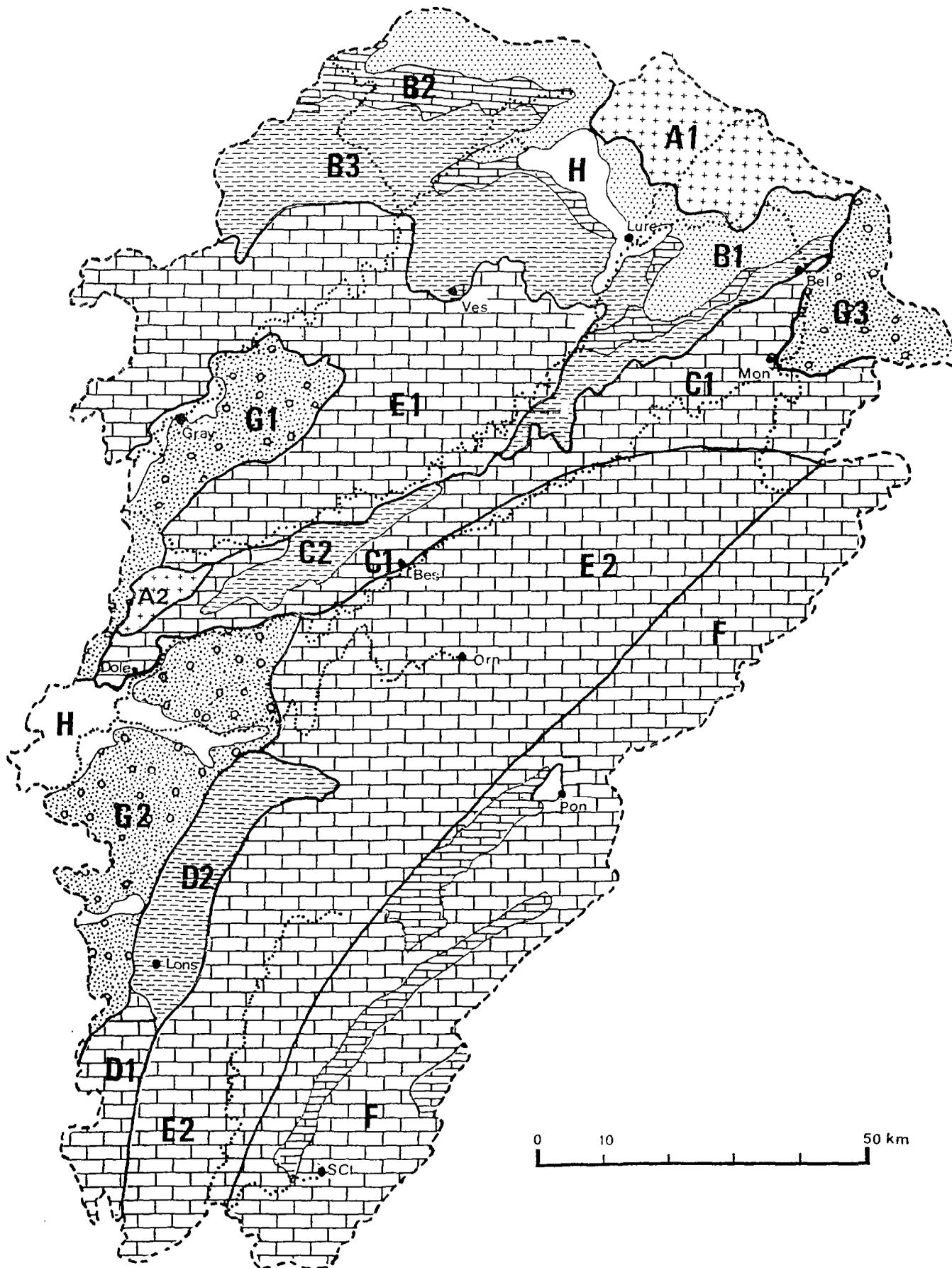


Figure 1 - Les grands ensembles géologiques et structuraux de la Franche-Comté

2.4. MEMENTO POUR L'EXAMEN D'UNE DEMANDE DE COMBLEMENT DE CARRIERE PAR DES DECHETS DITS INERTES

L'examen d'un dossier de demande d'ouverture d'une décharge de déchets dits inertes dans une carrière en site de classe III, c'est-à-dire perméable (pas de critère de perméabilité dans la réglementation française) amène à se poser un certain nombre de questions si l'on veut s'assurer de la bonne adéquation entre les caractéristiques du site et celles des déchets qu'on envisage d'y déposer.

Les textes du présent rapport susceptibles d'expliciter ces questions et d'y apporter des réponses sont indiqués entre parenthèses (S = synthèse, A = argumentaire). Rappelons encore que ces considérations restent strictement des domaines géologique et hydrogéologique et qu'elles doivent être complétées par l'examen des autres conditions de faisabilité, d'ordres géographique, social, économique, écologique, etc...

Réglementation

. Le projet répond-il aux "exigences et prescriptions générales pour toutes les catégories de décharges", objet de l'annexe I de la proposition de directive (J.O. n° C 190/2 du 22 juillet 1991) et surtout de la proposition de directive modifiée (du 02 juin 1994) du Conseil de l'Union Européenne, concernant la mise en décharge des déchets ?

A défaut de réglementation française suffisamment précise et complète sur le sujet, ces textes peuvent servir de guide pour l'examen critique du dossier (cf. annexe 11).

Déchets

. S'agit-il d'une ou plusieurs sortes de déchets ? Seront-ils apportés séparément ou en mélange ? Quelles sont précisément leur nature, leurs réactions possibles entre eux, avec la roche encaissante, avec l'eau ? (A, 1.1.1, 1.1.2, 1.1.4 ; tableau 3 du paragraphe 4.4).

. Quelles sont la nature et l'état du milieu d'origine ? Y-a-t-il des risques de pollution véhiculée par les déchets ?

. Quels sont les résultats des analyses, des tests de lixiviation sur les déchets éventuellement polluants ? (S, tableau 1 du paragraphe 2.1.3., cf. observations particulières ; tableau 2 du paragraphe 2.3.2, cf. avis pour les familles de déchets 3 et 4 ; A, paragraphe 1.1.3 ; annexe 6).

. S'agit-il de déchets ultimes ou de produits récupérables et recyclables ? Toutes les solutions ont-elles été examinées ? La profession a-t-elle été contactée ? Y-a-t-il un schéma régional de recyclage ? (S, tableau 1 du paragraphe 2.1.3 ; A, chapitre 3 ; annexes 2, 5 et 9).

Site de stockage

- . *Quel est le projet technique ? (aménagement ou non du site, modalités du comblement, volume hauteur, durée de l'exploitation, plan de réhabilitation du site).*
- . *Quelles sont les dispositions efficaces prévues pour clore le site, contrôler les apports, empêcher les feux ?*
- . *Quel est l'engagement de contrôle de l'application réelle de ces dispositions ?*
- . *N'est-il pas opportun de constituer une "mono-décharge", (un seul type de déchets) ou une décharge à casiers et de tenir à jour un plan des dépôts, soit pour éviter des mélanges réactifs, soit pour une réserve de matière première ou de produits recyclables (possibilité de reprise de matériaux dans des conditions ultérieures, techniques ou économiques, plus favorables) ?*
- . *Quelle est la granulométrie des déchets ? Quelle sera approximativement la granulométrie résultante ou la perméabilité de la décharge ? (question à se poser pour les carrières noyées).*
- . *L'impact des tassements a-t-il été pris en considération ?*

Qualité et utilité de la carrière

- . *Ne serait-il pas utile de conserver la carrière en tant qu'accès à un gisement provisoirement abandonné, compte-tenu des habitudes et des difficultés croissantes d'ouverture de nouvelles carrières ?*
- . *La roche exploitée n'est-elle pas ou ne deviendrait-elle pas un matériau recherché non en quantité mais en raison des qualités et pour des utilisations très particulières ? Le comblement ne serait-il pas, en ce cas, un gaspillage de ressource et/ou de site exploitable (matériaux de restauration des monuments historiques, par exemple) ?*
- . *La carrière n'est-elle pas à garder, voire à classer, au titre du patrimoine (témoin de l'industrie extractive, conservatoire des métiers, site géologique ou niche écologique remarquable, d'école ?*

Hydrogéologie

- Cas des déchets mélangés ou provenant de milieux à risque de pollution ou de minéralisation ou des déchets verts (familles 3 à 5 du tableau 2).

- Cas des carrières humides en terrain peu perméable, certaines carrières de roches éruptives, ainsi que les carrières d'argiles et de marnes :

. La maîtrise et la surveillance des eaux de surface et de carrière sont-elles assurées ? Est-on en mesure de détourner efficacement les eaux de ruissellement ? Le bilan hydrique du site a-t-il été fait ? Le projet de réalisation technique en tient-il compte ? (annexe 14, F5, F6, F7, F10).

- Cas des mêmes déchets (ou mieux, par prudence et dans l'esprit de la réglementation, dans tous les cas) :

. Connait-on bien le système aquifère ? Où vont les eaux infiltrées ? A quelle cote est la nappe ou le réseau fissural saturé ? Dans quelle direction s'écoulent les eaux souterraines ? Quels sont les ordres de grandeur des vitesses de transfert ? (annexe 14 ; dossier hydrogéologique spécifique à constituer).

. Quelles sont l'utilisation, l'importance de l'aquifère ? Où sont les sources, puits et captages AEP en aval hydraulique ? (A, chapitre 4.2, tableau 3 du chapitre 4.4, colonne impact sanitaire ; annexe 14 ; dossier spécifique à constituer).

- Cas des mêmes déchets, ou mieux, dans tous les cas :

. Quel est l'état hydrochimique initial de la nappe ou de l'eau du réseau de fissures ? Y-a-t-il d'autres sources de pollution possible dans les environs sur le même système aquifère ? Quelles sources ou puits faudrait-il surveiller ? Des piézomètres de surveillance sont-ils réalisables, prévus ?

- Cas des sites de stockage à risques :

. Quel est le plan d'intervention en cas de pollution des eaux souterraines ?

- Cas de matériaux stockés plus perméables que le terrain encaissant (déchets grossiers) :

. La réduction de l'effet de filtre et d'épuration bactérienne et l'accroissement du drainage peuvent-ils avoir un impact néfaste, en particulier sur les captages voisins ? (S, tableau 2 du chapitre 2.3.2, codes Fv, Fl, Ev, Dr ; A, tableau 3 du chapitre 4.4, colonnes pollution souterraine).

- Cas de matériaux stockés moins perméables que les terrains encaissants (déchets fins ou mélangés) et des carrières noyées :

. L'effet de colmatage local de l'aquifère présente-t-il un risque de baisse de productivité défavorable aux captages ou un risque d'inondation ? (S, tableau 2 du chapitre 2.3.2, code Colm ; A, tableau 3 du chapitre 4.4, colonnes risque dû au colmatage ; annexe 14, F1 à F4, observations particulières).

3. CONCLUSION

Les objectifs, l'analyse et les propositions de la présente étude sont dans l'optique du programme national de maîtrise des déchets et des textes en préparation de la Commission des Communautés Européennes, dont certains extraits sont reproduits en annexes. Car, si le contexte réglementaire qui régit l'exploitation des centres de stockage communément appelées de classe III, c'est-à-dire de déchets inertes, est encore actuellement très mal défini, la situation va devoir changer rapidement et profondément. En effet, la nouvelle politique prévoit un encadrement réglementaire beaucoup plus strict et, selon le projet européen, il va falloir :

- limiter la production de déchets, réduire leur volume et leur potentiel de pollution,
- connaître et contrôler les flux et l'évolution des caractéristiques,
- développer le recyclage (obligatoire en Suisse),
- réserver les sites de stockage aux seuls déchets résiduels ou "ultimes",
- considérer toutes les décharges comme des installations classées et donc soumettre les sites de stockage de déchets aux impératifs de l'étude d'impact, de la connaissance et du contrôle hydrogéologiques du site et de la surveillance des apports.

Cette étude s'inscrit bien dans le cadre de ce projet et met à disposition quelques outils supplémentaires (répertoires, typologies, tableaux comparatifs, mémento) utiles pour le contrôle de la filière déchets inertes et du comblement des carrières.

Les conclusions auxquelles elle aboutit sont explicitement ou implicitement formulées dans le projet. Elles se traduisent par la nécessité et l'urgence de :

- mieux connaître les flux (des études sont menées dans ce sens au niveau national, à l'instigation de l'ADEME) pour être plus à même d'élaborer des schémas régionaux de gestion globale de la collecte, de la valorisation et du stockage des déchets en décharges contrôlées,
- parallèlement, encadrer plus strictement, par la réglementation, les filières d'élimination,
- développer de manière beaucoup plus importante la récupération et le recyclage (opérations techniquement possibles pour la quasi totalité des déchets dits inertes), afin d'économiser les matières premières, les sites et les gisements, l'énergie, préserver l'environnement et, dans une certaine mesure, favoriser l'emploi,
- corrélativement :
 - . développer une politique d'incitation à la récupération,

- . imposer le tri sur les sites de production de déchets, ce qui permettrait, selon la profession, de multiplier par deux ou trois la quantité de matériaux transformables en granulats ; toutefois, à cet égard, il faut reconnaître que le granulats de recyclage sera difficile à commercialiser en Franche-Comté encore plus qu'ailleurs, du fait de l'abondance des ressources en granulats naturels, moins coûteux et de meilleure qualité, à proximité de tous les principaux centres de consommation,
- . réserver les centres de stockage aux déchets résiduels ou "ultimes" ou alors considérer et organiser la décharge de déchets inertes comme un stockage provisoire de matériaux, dans l'attente d'une reprise et d'une valorisation ultérieure,
- . n'admettre les déchets inertes en classe II que pour améliorer le site et la décharge selon un plan technique de mise en oeuvre et d'exploitation bien précis,
- . rester réaliste et prudent, en ayant toujours conscience que même les sites de stockage de déchets dits inertes peuvent présenter des risques hydrogéologiques.

Cette dernière considération a été l'objet principal de la présente étude. Les résultats présentés ne dispensent pas de l'étude spécifique de tout site d'accueil mais ils peuvent servir de guide pour l'examen préliminaire du projet et la détermination du contenu du dossier à fournir (cahier des charges) pour son autorisation.

- II -

ARGUMENTAIRE

1. TYPOLOGIE DES DECHETS ADMISSIBLES EN DECHARGE DE PRODUITS INERTES SUR SITE DE TOUTES CLASSES

1.1. APPROCHE D'UNE DEFINITION ET D'UNE CARACTERISATION DES DECHETS DITS INERTES

1.1.1. Au sens large

Au sens commun, pour une population non initiée, l'appellation "déchets inertes" recouvre un large éventail de produits dont certains peuvent évoluer physiquement ou chimiquement, perturber la stabilité des décharges auxquelles ils sont incorporés, provoquer des dégagements gazeux ou polluer les eaux de lixiviation et, si celles-ci s'infiltrent dans le sous-sol, les aquifères souterrains, réservoirs naturels de l'eau potable.

Ces phénomènes sont assez méconnus, même au niveau des responsables des collectivités territoriales et des pouvoirs publics, au vu du contenu des décharges dites sauvages ou de certaines décharges officielles sur sites de classe III. Souvent est considéré comme inerte tout ce qui n'est pas assimilable ni à des ordures ménagères, ni à des déchets industriels. Un amalgame est ainsi fait entre "déchets inertes" et "déchets banals".

Ces "faux déchets inertes" que l'on observe fréquemment dans la nature, même sur certaines décharges de déchets inertes autorisées, par ailleurs bien gérées et clôturées, sont variés (les appellations en italique et les codes entre parenthèses qui suivent sont ceux de la nomenclature officielle jointe en annexe 1) :

DECHETS BANALS ET/OU URBAINS

- Métaux (C 810) :

- . ferrailles diverses, cadres, bidons et autres emballages,
- . caisses automobiles et produits de broyage,
- . vieux outils, poteaux,
- . monstres domestiques (carcasses d'appareils électroménagers - C 940),
- . etc...

- Matières plastiques (C 830) :

- . emballages, liens,
- . isolants, mousses, etc...,
- . produits de revêtement de sols et murs, etc...

- Caoutchouc (C 840) :

- pneumatiques, essentiellement.

- **Textiles (C 850) :**

. chiffons, literie, etc...

- **Papiers, cartons (C 860)**

- **Bois (C 870) et autres matières végétales (C 890, C 950) :**

. troncs, souches, poutres, poteaux, planches, huisseries, emballages, palettes...,
. tonneaux, débris de meubles, etc...,
. sciures,
. déchets verts de villes et de jardins,
. déchets agricoles,
. etc...

- **Produits de nettoyage de voirie (C 950), curage de voies d'eau, etc...**

DECHETS DE CUISSON, FUSION, INCINERATION

- mâchefers, suies et cendres non volantes (C 201),
- poussières, fines et cendres volantes (C 202),
- laitiers, scories, crasses, réfractaires usés (C 203),
- sables de fonderie usagés (C 204).

MINERAUX

En Franche-Comté, actuellement, seuls les déblais et stériles des exploitations de gypse appartiennent à cette catégorie (C 820 A 261).

OR, TOUS CES DECHETS PEUVENT ETRE A L'ORIGINE DE DESORDRES OU DE POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES.

- *Les métaux ferreux* ne présentent pas une grande menace de pollution et la déformation des structures par la rouille reste généralement un phénomène négligeable en décharge mais, **les alliages et les non ferreux** peuvent libérer des toxiques par dissolution et complexations chimiques au voisinage d'autres substances libérant, par exemple, des acides gras (cf. tableaux de l'annexe 2).

- *Les matières plastiques et les pneumatiques* sont surtout polluants lorsqu'ils brûlent. En phase solide, leur dégradation physique est très lente et les risques de migration de substances organiques comme les PVC sont encore mal connus. Par ailleurs, des désordres liés à leur faible densité et aux phénomènes hydrostatiques peuvent se produire dans un remblai.

- *Les textiles, papiers, cartons et débris végétaux divers* évoluent physiquement (diminution de volume, tassement) et sont des matières fermentescibles. Le phénomène polluant le plus courant est la **fermentation méthanique anaérobie** :

- . hydrolyse et libération d'acides gras volatils, de gaz carbonique, d'hydrogène et de mercaptans,
- . puis méthanogénèse,
- . production d'acides gras, favorisée en pH acide,
- . production d'ammoniac, favorisée en pH basique,
- . production de gaz sulfureux en présence de sulfates,
- . production d'ions ammonium en présence de nitrates,
- . mobilisation et migration des métaux avec les acides gras (ions métalliques empruntés à l'attaque des attaches métalliques des emballages, clous, vis, ferrailles, mâchefers et autres produits métallifères s'il y en a à un niveau inférieur de la décharge).

De plus, les papiers, cartons libèrent les produits polluants de leur préparation (colles, paraffines, goudrons, encres) et s'accompagnent souvent de déchets d'autres catégories de cette liste : agrafes, ficelles, plastiques, etc...

Par ailleurs, les éléments en bois apportent au milieu chimique particulier des décharges leurs éventuels produits de traitement (pesticides, fongicides, goudrons, etc...).

- *Les mâchefers et les scories* (cf. annexes 3 et 8), réputés inertes, et les cendres non volantes (cf. annexe 4) ont en fait une composition et une réactivité chimique potentielle très variables selon le type et la température d'incinération originels. On y trouve (en laboratoire) :

- . des métaux libres (10 à 15%) et, en particulier, des métaux lourds toxiques, généralement en proportion élevée (Al, Ba, Zn, Pb, Cu, Cd, selon l'APAVE) et des oxydes métalliques,
- . des imbrûlés organiques (1 à 5%),
- . des sulfates, chlorures, phosphates,
- . des traces de dioxines.

- *Les suies et cendres volantes d'UIOM* (cf. annexe 4) qui sont les fines entraînées par les gaz de combustion captées et recueillies par le dispositif de dépoussiérage sont souvent mélangées au niveau de la fosse d'extinction, et ont une charge polluante libérable de même type que celle des mâchefers, mais généralement beaucoup plus importante et constante (métaux lourds, imbrûlés, poussières supportant des micro polluants). Pour cette raison, les résidus d'épuration des fumées doivent être séparés des mâchefers comme le précise l'article 14 de l'arrêté ministériel du 25 janvier 1991 relatif aux installations d'incinération des résidus urbains.

- *Les laitiers, crasses, réfractaires et sables de fonderie* peuvent, selon les mélanges, la cuisson et la fusion, comporter eux aussi des polluants libérables similaires.

- *Les produits miniers* (limités aux carrières de gypse en Franche-Comté) appartiennent à deux catégories :

- . les déblais des roches encaissantes, peu ou pas minéralisées,
- . les rejets considérés comme stériles et, le cas échéant, les produits de traitement.

Le risque de pollution est donc à examiner :

- au cas par cas, en établissant d'abord la distinction ci-dessus,
- en fonction de la teneur en minéralisations solubilisables (sulfates...),
- en fonction des associations de déchets et du contexte géochimique.

L'exemple souvent cité est celui du dégagement de gaz sulfureux H₂S par mélange d'eau sulfatée (lessivage de plâtre ou de terrain gypseux) et de jus de déchets fermentescibles.

1.1.2. Au sens de la profession

Pour les professionnels qui gèrent les filières de déchets, la liste des déchets dits inertes est beaucoup plus courte.

Tout d'abord, la connaissance et l'intérêt de la récupération et du recyclage conduisent, de fait, la profession à donner au mot déchet un sens beaucoup plus restreint.

De plus, les collecteurs font bien, pour l'essentiel, la différence entre vrais et faux inertes, ne serait-ce que pour avoir été confrontés aux gestionnaires des décharges contrôlées modernes, eux-mêmes avertis par la réglementation. Les uns et les autres, d'ailleurs, ont lancé des études sur les polluants potentiels et l'impact des décharges, et certains possèdent des laboratoires de recherche.

Pour compléter l'inventaire entrepris au paragraphe précédent, nous présentons une liste synthétique des matériaux mentionnés dans les registres des collecteurs et récupérateurs de déchets dits inertes, en excluant les déchets déjà mentionnés et en rappelant les références de la nomenclature officielle. Tous ces matériaux se rencontrent en décharges sauvages comme en décharges autorisées.

- *Déchets de chantiers de construction (A 281) et chutes de produits neufs :*

- . béton, béton armé, béton cellulaire,
- . ciment, chaux, fibrociment,
- . briques et tuiles,
- . pierres de taille, parpaings agglomérés,
- . plâtre,
- . céramiques (carrelages, sanitaires...),
- . gravats,
- . déchets mélangés de fin de chantier (ou de "benne prorata") : chutes de matériaux de tous les corps de métiers du bâtiment (plomberie, électricité, tapisserie, peinture, zinguerie, charpentes et menuiseries...).

- Produits de démolition d'immeubles (C 930) :

. mêmes déchets que ci-avant mais souvent plus ou moins mélangés : gravats, décombres (maçonneries, bétons, céramiques, liants hydrauliques à la chaux ou au ciment, liants argileux, torchis, plâtres), avec une fraction plus ou moins abondante et "inévitabile" de verre, bois, papiers peints, clous et autres ferrailles, terres et déchets divers de la liste du paragraphe 1.1.1, provenant du contenu résiduel des constructions.

- Déblais de chantiers de fondations, terrassements, tranchées et réfection de chaussées (C820, C 950) :

. du milieu urbain (liés à la construction et à la démolition d'immeubles, à la voirie et à la réfection des chaussées de rues),
. du milieu industriel (plates-formes de zones industrielles, accès, voirie, drainages...),
. du milieu rural (construction et réfection de voies de communication) :

- * terres (arables, argileuses, limoneuses, tourbeuses...),
- * blocs rocheux, cailloutis, sables et graviers, pavés, moellons,
- * bétons (bordures de trottoirs, dalles et autres déchets de fondation),
- * graves-laitiers, graves-ciments,
- * bois (poutres, traverses, poteaux...).

- Verre (déchets banals - C 800)

Cette liste comporte des déchets inertes, des déchets à réactivité potentielle et des déchets polluants, que l'on peut classer et caractériser de la manière suivante :

- **Substances minérales naturelles ou transformées, quasiment inertes**, telles que "terres", sables, graviers, cailloutis, pavés, moellons, bétons, graves-ciments, tuiles et briques, verres et céramiques...
- **Liants hydrauliques, plus ou moins réactifs, mais généralement sans danger pour les eaux souterraines** : chaux et ciment.
- **Matériau hydraulique quasiment inerte à l'état isolé mais susceptible d'entrer en réaction en présence d'autres éléments et de libérer des polluants en solution ou gazeux** : plâtre.
- **Enrobés et bitumes provenant des travaux routiers, à charge polluante complexe** :
 - . mélanges d'hydrocarbures paraffiniques, naphthéniques, aromatiques,
 - . composés polaires oxygénés, soufrés, azotés,
 - . dopants en très faibles teneurs mais hautement tensio-actifs et toxiques (amines, acides, sels d'acides et de métaux lourds) (libérations possibles de composés acides).

- **Mélanges de matériaux inertes et non inertes :**

- . produits de fin de chantier,
- . produits de démolition.

D'autre part, il faut rappeler que des déchets normalement inertes peuvent être pollués. C'est le cas, par exemple, des sédiments fins (terreux, sableux, tourbeux), extraits des zones ou friches industrielles, des centres urbains ou des centres de stockages agricoles. Ces matériaux peuvent en effet avoir absorbé des polluants d'eaux usées, des résidus d'incendies, des hydrocarbures et autres composés organiques déversés accidentellement. Outre la nature du déchet, il apparaît donc ici un deuxième critère d'appréciation : la provenance.

1.1.3. Au sens des règlements

a) LOI FRANÇAISE

Dans la réglementation en vigueur en 1994, le déchet inerte n'est pas défini. Il est seulement cité dans la *nomenclature officielle des déchets* publiée le 16 mai 1985, sous la rubrique "déchets banals" (cf. annexe I) :

- C 820 - minéraux (inertes, terres, stériles) comme d'ailleurs, d'autres déchets, également inertes,
- C 800 - verre.

Les textes en vigueur sont rares et impliquent que les déchets inertes ne relèvent pas de la loi du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement. C'est pourquoi, une simple déclaration aux mairies est demandée pour l'ouverture d'une décharge de déchets inertes.

Dans l'instruction technique du 22 janvier 1980, relative à la mise en décharge de déchets industriels (J.O. du 21 février 1980), la distinction de cette catégorie de déchets se fait par déduction : les déchets inertes seraient ceux que l'on peut admettre sur des sites de classe III, perméables, sans risque de pollution des eaux souterraines.

Cependant, l'attention des exploitants de stockage de matériaux inertes doit être attirée sur l'évolution possible de la réglementation. On observe, dans la jurisprudence, que des dépôts de matériaux préalablement déclarés comme inertes peuvent, en cas d'atteinte à l'environnement constatée, passer sous le régime des installations classées régies par la loi du 19 juillet 1976, avec les procédures et les pénalités qui s'y rattachent (jugement du tribunal administratif de Strasbourg, 03 février 1987).

b) REGLEMENTATION EUROPEENNE

La définition de déchets inertes apparaît dans les textes en projet de la Commission des Communautés européennes mais il s'agit seulement d'une définition par rapport à l'une des solutions d'élimination : la mise en décharge. En effet, dans la "Proposition de directive du Conseil concernant la mise en décharge des déchets" parue au J.O. des Communautés européennes du 22 juillet 1991, on peut lire :

"Article 3 - Définitions - Déchets inertes : tous déchets qui, une fois déposés dans une décharge, ne subissent aucune transformation physique, chimique ou biologique importante et qui répondent aux critères d'éluion prévus à l'annexe III."

Dans cette annexe ("III,4 - Procédures de contrôle : critères d'éluion"), les déchets inertes sont distingués par mesures physico-chimiques et dosages chimiques sur leurs éluats. Un tableau fixe les seuils en-deçà desquels les déchets peuvent être considérés comme inertes. Le protocole d'éluion (ou test de lixiviation) est précisé (cf. annexe 6 du présent rapport).

Dans son article 2, point e, la proposition modifiée du Conseil de l'Union européenne du 02 juin 1994, concernant la mise en décharge des déchets (certainement plus proche de la future réglementation européenne), donne la définition suivante pour les **déchets inertes** (cf. annexe 11) :

"Déchets qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique importante. Les déchets inertes ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune autre réaction physique ou chimique, ne sont pas biodégradables et n'ont aucun effet dommageable sur d'autres matières avec lesquelles ils entrent en contact, d'une manière susceptible d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine. La production totale de lixiviats et la teneur des déchets en polluants, ainsi que leur écotoxicité doivent être insignifiantes".

Cette nouvelle définition ne fait plus mention de critères d'éluion.

Cependant, les directives européennes tendent à considérer les matériaux inertes comme relevant d'installations classées comme les déchets industriels et urbains et le législateur pourrait prochainement adopter des textes en conséquence.

c) REGLEMENTATION D'UN PAYS FRONTALIER : LA SUISSE

Citons, à titre d'exemple, une définition et des conditions de mise en décharge plus précises et plus contraignantes, celles de la Suisse (cf. annexe 7). Selon l'ordonnance sur le traitement des déchets du 10 décembre 1970, à l'annexe 1 (article 32), intitulé "Déchets admissibles en décharge contrôlée", on doit distinguer :

- "les matériaux inertes au sens du chiffre 11,
- les déchets de chantier au sens du chiffre 12."

"Au sens du chiffre 11", le critère est ici encore l'analyse chimique.

"Au sens du chiffre 12", les déchets de chantier ne sont pas considérés comme inertes, admissibles en décharge :

- s'ils sont mélangés avec des déchets spéciaux,
- si la proportion pondérale de pierres, matières minérales (béton, tuiles, fibrociment, verre, gravats, déblais de route) est inférieure à 90%,
- si les métaux, matières plastiques, papiers, bois, textiles, n'en ont pas été retirés (dans la mesure où le permettent l'état de la technique et les conditions d'exploitation et pour autant que cela soit économiquement supportable).

Le tableau 1 de l'annexe 5 permet de comparer les critères d'éluion préconisés par l'Allemagne, la Suisse et la Communauté européenne. Toutefois, les seuils indiqués ne doivent être pris en compte qu'à titre indicatif car ils portent sur les eaux issues de tests de lixiviation qui diffèrent tous les uns des autres.

Si l'on exclut les valeurs admissibles pour le COT et le mercure, la réglementation suisse est, de loin, la plus sévère. Les quantités de métaux admissibles sont le plus souvent 2 à 5 fois inférieures à celles préconisées par les autres textes.

1.1.4. Au sens physico-chimique, hydrogéologique et environnemental

Avec la réglementation, la recherche d'une définition est abordée mais la réflexion est à poursuivre. Au sens strict, il faudrait en effet préciser :

- d'une part, ce qu'est véritablement un déchet,
- d'autre part, ce qu'est l'inertie.

Car tout d'abord, le mot **déchet** n'est qu'un qualificatif donné à une époque et dans un pays donné, c'est-à-dire dans un contexte socio-économique, technique et scientifique donné. Il n'a même pas une signification identique pour le producteur, le récupérateur, le responsable territorial ou le défenseur de l'environnement. Pour ces derniers, par exemple, il est urgent que nombre de déchets ne soient plus considérés comme tels.

Or, cette notion prend une importance considérable en matière de gestion des filières de traitement et d'élimination des déchets (saturation des décharges contrôlées, difficultés d'accueil sur d'autres sites, risques de pollution en carrières, lutte contre le gaspillage, défense de l'emploi et donc intérêt du recyclage, etc...).

Au chapitre 3, nous montrerons que, théoriquement, *il n'y a pratiquement aucun déchet ultime dans la catégorie des dits "déchets inertes" puisqu'ils sont tous récupérables et recyclables.*

Quant à l'**inertie**, elle n'existe quasiment pas, ni dans la nature, ni dans l'éventail des déchets. Des cailloutis calcaires, par exemple, libèrent des ions de bicarbonates et des ions de calcium. La terre végétale est un milieu microbiologique très actif. Mais ni ces ions, ni ces bactéries ne menacent l'environnement et la santé publique. L'inertie à considérer n'est donc pas l'inertie chimique ou biologique absolue, mais l'inertie suffisante pour ne pas induire des désordres hydrogéologiques ou géotechniques ou des pollutions de l'air ou de l'eau.

Or, ce "degré" d'inertie d'un déchet ne dépend pas seulement de sa nature intrinsèque mais aussi :

- des substances qu'il peut véhiculer (d'où l'intérêt de connaître son milieu d'origine),
- des corps au contact desquels il se trouve et donc en particulier :
 - . des mélanges effectués,
 - . des substances du terrain encaissant ou de couverture,
 - . des conditions physico-chimiques du milieu ambiant, c'est-à-dire essentiellement :
 - * des conditions hydriques,
 - * de la composition de l'eau,
 - * de la température.

Ainsi, les "déchets verts", les ferrailles, le plâtre, considérés isolément, sont assimilables à des "déchets inertes", mais leur mélange en milieu humide devient dangereux et polluant. De plus, le risque évolue en fonction des conditions d'oxygénation, de lixiviation, de saturation en eau et de la périodicité des phénomènes (battement de la nappe, par exemple). Il évolue aussi en fonction des conditions du dépôt (comblement d'excavation, décharge en tumulus...), de ses dimensions, du milieu, de l'utilisation ultérieure du site (effets des tassements ou des dégagements gazeux, par exemple).

L'étude de l'inertie des déchets débouche donc sur celle des conditions géologiques et hydrogéologiques des sites d'accueil et de la mise en décharge.

1.2. CLASSIFICATION PROPOSEE

Au sens strict, l'inertie physique et chimique n'existe donc pas et la notion de déchet est très relative. La classification que nous proposons est donc exclusivement fondée sur deux critères d'admissibilité en décharge sur site de classe III :

- l'inertie relative, en rapport avec le risque de pollution des eaux superficielles et souterraines,
- la granulométrie et donc la perméabilité d'ensemble de la décharge constituée, relatives au risque de perturbation hydrodynamique (dans le cas d'une carrière noyée).

1.2.1. Classification fondée principalement sur l'inertie

Ce premier critère fait appel, non seulement à la nature intrinsèque du déchet, mais aussi à sa charge exogène (polluants absorbés par exemple) et donc à sa provenance.

DECHETS QUASIMENT INERTES

a) Déblais de terrains vierges, sans évaporites ni minéralisations métalliques (fondations d'immeubles, tranchées, industrie extractive...):

- a1 : "terres" (issues de la zone pédologique),
- a2 : sédiments fins (argileux, marneux, limoneux, sableux) du sous-sol,
- a3 : sédiments et débris grossiers (graviers, cailloutis, blocs rocheux).

b) Matériaux de construction obtenus à partir des substances minérales précédentes (chutes de produits neufs ou produits de démolition triables):

- b1 : moellons, pavés, agglomérés, fragments de béton, de graves-ciment,
- b2 : tuiles, briques et autres terres cuites,
- b3 : tuyauteries, plaques et autres matériaux à base de ciment, fibro-ciment...,
- b4 : chaux, ciment et poussières minérales de chantier.

c) Céramiques telles que carrelages, objets sanitaires ou vaisselles.

d) Verre (vaisselles, emballages, isolants...).

En fait, à part le verre dont l'intérêt du recyclage est maintenant bien connu et la terre arable, dont la récupération pour la réhabilitation des sites aménagés est réglementaire, il est encore très rare en France de voir arriver à la décharge des déchets triés selon cette classification. Le plus souvent, on a affaire :

- d'une part, à des mélanges de matériaux grossiers et de matériaux fins,
- d'autre part, à des matériaux inertes et plus ou moins inertes mélangés, comme dans les gravats.

Pour tenir compte des réalités, de tels mélanges sont englobés dans la filière "déchets inertes" mais ne sont considérés comme admissibles et rangés dans la deuxième classe, ci-dessous, que si :

- un contrôle efficace de la nature des déchets permet de s'assurer de la relative innocuité du mélange,
- une bonne adéquation décharge/site hydrogéologique est recherchée (cf. chapitre 4).

DECHETS INERTES OU ADMISSIBLES SOUS CONDITIONS DE CONTROLES PARTICULIERS ET D'ADEQUATION DECHARGE/SITE HYDROGEOLOGIQUE

e) Déblais de terrains occupés ou aménagés :

- e1 : matériaux mélangés de centres urbains, plates-formes industrielles ou agricoles à l'exclusion des matériaux pollués (dépistage des hydrocarbures, solvants, métaux lourds, P.C.B., pesticides, etc...),
- e2 : matériaux d'infrastructure du réseau logistique tels que remblais routiers, de même nature minérale que les déchets précédents, à l'exclusion des matériaux polluants (goudrons, enrobés, cendres ou cendres et scories mélangées, etc...).

f) Produits de démolition tels que les "gravats" ou décombres mélangés avec une fraction mineure de matériaux non inertes mais peu dangereux en l'absence d'autres réactifs (matériaux a à d avec bois, fer, plâtre, emballages et matériaux de revêtement à base de papier, carton ou matières plastiques...).

g) Déblais miniers à faible teneur en chlorures, sulfates et composés métalliques.

h) Produits minéraux de cuisson et d'incinération à haute température tels que laitiers, mâchefers et scories (cendres et poussières exclues) reconnus quasiment inertes par tests de lixiviation.

La circulaire du 09 mai 1994 (DPPR/SEI/BPSIED/FC/FC n° 94-IV-1) et ses annexes, relatives à la valorisation des mâchefers de résidus urbains, différencie 3 catégories de mâchefers (séparés des résidus d'épuration des fumées) en fonction des résultats d'un test de potentiel polluant effectué en trois lixiviations successives, conformément à la norme NFX 31-210 (cf. annexe 8).

Seuls les mâchefers à faible fraction lixiviable dits de catégorie "V" peuvent être assimilés à des déchets inertes.

DECHETS DE COMPOSES ORGANIQUES RECUPERABLES, PEU ACTIFS ET A FAIBLE IMPACT HYDROCHIMIQUE EN PHASE SOLIDE (incinération sauvage proscrite)

Cette troisième classe concerne des déchets qui devraient être récupérés et qui ne sont pas inertes mais souvent présents dans les mélanges, dont l'évolution est très lente et la dégradation rarement à l'origine de pollutions sensibles des aquifères :

i) Matières plastiques, en mélange dans des déchets inertes.

j) Caoutchouc, pneumatiques, en mélange dans des déchets inertes.

DECHETS NON INERTES, VEGETAUX

Cette dernière classe concerne plus particulièrement le bois non traité et les "déchets verts" qui ne sont pas des matériaux inertes mais dont le dépôt n'aura pas plus d'impact sur les eaux souterraines que les débris végétaux naturels du milieu forestier par exemple, à condition, toutefois :

- qu'ils ne soient mélangés à aucun autre déchet non inerte (métalliques, organiques...),
- qu'ils ne soient pas déchargés en terrain particulièrement minéralisé (chlorures, sulfates, substances métalliques...),
- que la décharge ne soit saturée ni en totalité, ni même en partie (carrières sèches ou à parois humides mais sans accumulation au fond).

Appartiennent à cette classe :

- k) Bois et "déchets verts", types souches, troncs, branchages, feuillages, herbes de jardins particuliers ou d'espaces verts.*
- l) Matériaux en bois sans autre substance, tels que planches ou poutres sans traitement.*

1.2.2. Classification fondée principalement sur la granulométrie (perméabilité de la décharge constituée)

En simplifiant et en tenant compte de la composition habituelle des déchets apportés en décharge, deux classes sont à distinguer :

- *les matériaux fins* (a1, a2, b4) *et les matériaux mélangés* (e, f, g) susceptibles de constituer un comblement moins perméable que le terrain encaissant et donc un colmatage local de l'aquifère dans le cas des carrières noyées,
- *les matériaux grossiers* dont le stockage en carrières est sans autre incidence que le drainage (a3, b1 à b3, c, d grossier, f grossier, h).

2. LE FLUX DES DECHETS INERTES EN FRANCHE-COMTE

2.1. ORIGINES DES DECHETS INERTES

La première partie de l'étude (chapitre 1) montre qu'il est important de bien connaître l'origine des déchets. Les milieux de production peuvent être classés de la manière suivante :

- Milieu urbain :

- . chantiers de construction et de démolition d'immeubles,
- . terrassements,
- . chantiers d'aménagement et d'entretien (réfection) de la voirie, VRD,
- . collecte des résidus urbains, déchetteries.

- Milieu périurbain industriel :

- . chantiers de construction, démolition et divers terrassements,
- . usines de matériaux de construction (chutes).

- Voies de communication (routes essentiellement) :

- . chantiers de construction : fondations, tranchées ou tunnels, ouvrages d'art (mise en dépôt des matériaux non réutilisables),
- . chantiers de réfection : enlèvement de remblais et chaussées.

- Carrières et mines :

- . terrains de découverte et autres déblais,
- . stériles.

- Milieu agricole :

- . démolitions et aménagements divers,
- . dépierrage.

2.2. CIRCUITS D'ENLEVEMENT, DE RECUPERATION ET D'ELIMINATION

La filière la mieux connue est celle des produits de chantiers (fondation, démolition, voirie) du milieu urbain et des matériaux de travaux routiers ; mais elle n'est pas du tout maîtrisée en Franche-Comté du fait de l'absence de récupérateurs du secteur privé spécialisés dans le recyclage des matériaux, notamment pour fabriquer des granulats.

Une fraction des matériaux provient des déchetteries dont l'installation commence à se développer. Mais la plus grande partie est à trier sur le site de transformation. Bois, plâtre, ferrailles sont séparés et recyclés ou envoyés en décharge de classe II.

Difficile également à maîtriser la fraction inerte :

- des résidus urbains,
- des déchets des centres artisanaux et industriels (circuit fermé avec recyclage et élimination en décharge contrôlée ou sauvage).

Les stériles des carrières (découverte, matériaux "pollués"...) restent généralement sur place et sont utilisés en grande partie pour le réaménagement des sites (conformément à la réglementation).

Ainsi, la plus grande partie des déchets inertes et récupérables aboutit soit dans des décharges sauvages, soit dans des décharges contrôlées qui devraient être réservées strictement aux ordures ménagères.

2.3. ESSAI D'EVALUATION QUANTITATIVE DES FLUX

Pour la Franche-Comté, comme pour l'ensemble de la France, l'évaluation quantitative des ordures ménagères est relativement précise car la filière est connue, le déchet bien défini, l'essentiel encadré par la réglementation, et le flux mesuré au passage obligé de la collecte assurée par les pouvoirs publics.

Il n'en est pas de même pour les déchets inertes mal définis dans la pratique, très partiellement encadrés par la réglementation et dispersés dans divers circuits de récupération et d'élimination des secteurs publics et privés. C'est ce qui explique qu'il n'existe pas de statistiques officielles spécifiques des flux de production et d'élimination des déchets inertes.

Dans ces conditions, l'évaluation des flux des déchets inertes ne peut être que fragmentaire et très approximative, basée sur l'interprétation des statistiques nationales ou sur les résultats d'études géographiquement limitées.

2.3.1. Données du Ministère de l'Environnement

Selon un tableau extrait de documents de l'INSA de LYON (CAST-INSA de LYON-1987), et fondé sur des informations du Ministère de l'Environnement (cf. annexe 10), la production française de déchets inertes serait de l'ordre de 100 millions de tonnes par an.

En première approximation, on peut rapporter cette quantité au nombre d'habitants, ce qui donnerait, pour la Franche-Comté, une production de déchets inertes de **1,85 million de tonne par an**.

De la même façon, en se référant au P.I.B., on obtient, pour la Franche-Comté, **1,75 million de tonnes par an**, valeur proche de la précédente.

Mais on constate que la liste du Ministère couvre un large éventail de secteurs d'activité, avec entre autres :

- combustible et énergie,
- chimie et parachimie,
- industrie méca-électrique,
- industrie papier, carton,
- textile, habillement, chaussures,
- imprimerie, presse,

pour lesquels on peut s'interroger sur la nature et l'inertie des déchets concernés.

2.3.2. Données de l'ADEME

Selon l'ADEME ¹, la France produit annuellement un peu moins de 600 millions de tonnes de déchets dont :

- environ 30 millions de tonnes de résidus urbains,
- environ 150 millions de tonnes de déchets industriels,
- environ 400 millions de tonnes de déchets produits ou recyclés dans l'agriculture ou les industries agro-alimentaires.

Une fraction des résidus urbains mis en décharge de 20%, pouvant atteindre 50% dans les zones très urbanisées, serait constituée par des déchets inertes.

La production française de résidus urbains est de 30 millions de tonnes, soit 527 kg/an/habitant.

Dans ces conditions, la quantité minimale de déchets inertes dans les résidus urbains mis en décharge serait de 105 kg/an/habitant, soit 114 000 tonnes pour la Franche-Comté.

¹ "Les déchets en France" - Brochure d'information, mars 1993.

DEPARTEMENT	POPULATION (recensement 1990)	QUANTITE MINIMALE DE DECHETS INERTES MIS EN DECHARGE (tonnes)
DOUBS	477 163	50 102
HAUTE-SAONE	231 962	24 356
JURA	242 925	25 507
TERRITOIRE DE BELFORT	131 999	13 860
TOTAL FRANCHE-COMTE.....	1 084 049	113 825

Par ailleurs, parmi les 150 millions de tonnes produits annuellement par les activités industrielles, 100 millions de tonnes (chiffre à rapprocher de la statistique de l'INSA) seraient des déchets inertes, dont 23 millions de tonnes de matériaux de démolition et 2 millions de tonnes de déchets de construction. Selon la même approximation qu'au paragraphe précédent, la quantité de déchets inertes issus du milieu industriel serait donc de l'ordre de 1,8 million de tonnes pour la Franche-Comté.

La production totale de déchets inertes de la Franche-Comté serait alors de l'ordre de 1,9 million de tonnes.

2.3.3. Données du Syndicat national des producteurs de granulats de recyclage

Selon le Syndicat national des producteurs de granulats de recyclage (cf. annexe 13, § 2), le secteur de la démolition en France, qui alimente en grande partie les installations de recyclage, produit annuellement de 20 à 25 millions de tonnes de gravats, les matériaux provenant à égalité de chantiers de démolition de bâtiments industriels et de logements. Mais tous les produits de démolition ne peuvent servir de matière première aux granulats de recyclage et le potentiel de matériaux recyclables en granulats ne serait que de 10 à 15 millions de tonnes.

Si l'on rapporte ces valeurs à la population, la production potentielle annuelle de matériaux recyclables en granulats serait théoriquement de 190 000 à 285 000 tonnes pour la Franche-Comté, ce qui représente 1,6 à 2,4% de la production de granulats naturels.

2.3.4. Données de la Ville de BESANCON

La Ville de BESANCON a fait réaliser en 1994 une étude sur les déchets qui porte sur une vaste région autour de l'agglomération bisontine représentant environ 50% (moitié nord-ouest du département) de la superficie et 50% de la population du département.

Dans cette région, la quantité de déchets inertes produite annuellement est estimée entre 320 000 t et 430 000 t se répartissant de la manière suivante :

- 265 000 t à 350 000 t de produits de fouilles et terrassements divers (grands aménagements, bâtiments industriels, immeubles d'habitation, routes, réseaux),
- 35 000 t à 50 000 t de produits de démolition,
- 20 000 t à 30 000 t de déchets de construction.

En rapportant ces valeurs à la population concernée, on obtient, pour la Franche-Comté (en milliers de tonnes) :

DEPARTEMENT	FOUILLES ET TERRASSEMENTS	PRODUITS DE DEMOLITION	DECHETS DE CONSTRUCTION	TOTAL
DOUBS	520 à 690	70 à 100	40 à 60	630 à 850
HAUTE-SAONE	255 à 335	35 à 50	20 à 30	310 à 415
JURA	265 à 350	35 à 50	20 à 30	320 à 430
TERRITOIRE DE BELFORT	145 à 190	20 à 30	10 à 15	175 à 235
TOTAL DEPARTEMENT	1 185 à 1 565	160 à 230	90 à 135	1 435 à 1 930

Ainsi calculée, la production totale annuelle de déchets dits inertes en Franche-Comté serait comprise entre 1 500 000 t et 2 000 000 t. Ces valeurs sont comparables à celles obtenues à partir des données de l'ADEME (environ 2 000 000 t) ou à partir des données du Ministère de l'Environnement (1 850 000 t).

La production annuelle de matériaux de démolition et de construction serait comprise entre 250 000 t et 365 000 t, ce qui représenterait (cf. annexe 13) 130 000 t à 180 000 t de matériaux théoriquement recyclables en granulats, soit 1,2 à 1,5% de la production de granulats naturels de la région.

L'enquête auprès des organismes régionaux n'a pas permis d'affiner les données précédentes et, à notre connaissance, aucune étude générale portant sur les déchets inertes n'a été réalisée jusqu'à présent en Franche-Comté.

Conscientes de l'imprécision des connaissances en matière de déchets inertes, l'ADEME et la Fédération nationale du Bâtiment ont engagé une étude importante concernant la problématique des déchets de chantiers. Cette étude, qui doit être terminée fin 1994, a pour objectif la classification des déchets et leur quantification par catégorie.

Axée sur la région Ile de France, elle définira une méthodologie permettant d'extrapoler les résultats dans l'espace et dans le temps, donc applicable aux autres régions, ou aux départements, en vue d'une intégration dans les plans de gestion départementaux des déchets.

3. VALORISATION DES DECHETS DITS INERTES

L'examen des conditions d'élimination des déchets en Franche-Comté montre que des centaines de milliers de tonnes de déchets inertes sont, chaque année, abandonnées en décharges sauvages, avec d'autres déchets, ou concourent à la saturation de sites à réserver aux résidus urbains. Or :

- la quasi-totalité de ces déchets est, théoriquement, recyclable et la plus grande partie, effectivement réutilisable ou transformable actuellement dans des conditions techniques et économiques envisageables ou déjà expérimentées,
- le recyclage crée, par ailleurs, plus d'emploi que la mise en décharge,
- non seulement l'abandon en décharge est un gaspillage matériel de matière première, mais il est aussi, pour certaines catégories de déchets, une perte économique,
- l'inventaire a montré que la filière déchets "inertes" véhiculait, en fait, des déchets plus ou moins dangereux ou polluants mais utiles, qui ne devraient pas être abandonnés en site perméable.

La récupération et le recyclage des déchets apparaissent donc comme des opérations particulièrement utiles et opportunes en Franche-Comté.

Le volet "valorisation des déchets" sera traité en suivant au mieux les rubriques et les notations de références (indiquées entre parenthèses, en lettres minuscules) de la classification des déchets proposée au paragraphe 1.2.

3.1. DECHETS A CONSIDERER COMME INERTES DU POINT DE VUE DE L'ENVIRONNEMENT

3.1.1. Déblais de terrains naturels, vierges (a)

VALORISATION LOGIQUE EN MATERIAUX POUR TRAVAUX DE GENIE CIVIL ET D'AMENAGEMENT

- Terres (a1) :

- . stockage puis réutilisation pour la réhabilitation des sols et talus des sites excavés,
- . constitution de nouveaux sols (jardins, espaces verts, parcelles agricoles, viticoles, réaménagement agricole de certaines carrières hors d'eau...).

- Sédiments fins (a2) :

- . sous-couche des sols à reconstituer,
- . amélioration des caractéristiques naturelles des terrains en mettant à profit leur faible perméabilité (aménagement de sites de décharges de classe I ou II, par exemple),
- . réserve pour travaux d'intervention (et d'étanchement) contre les pollutions chimiques accidentelles.

- Sables et graviers (a2/a3) :

- . directement réutilisables en granulats (bétons, couches de chaussées) ou en remblais routiers, si argileux.

- Sédiments et débris grossiers (a3) :

- . fabrication de granulats par concassage-criblage pour bétons, ballast, empierrement, chaussées, remblais, assainissement.

3.1.2. Matériaux de construction et de démolition (b et c)

MEME VALORISATION EN MATERIAUX POUR GENIE CIVIL

- Matériaux grossiers et durs (b1, c) :

- . fabrication de granulats par concassage-criblage.

- Matériaux grossiers plus tendres et/ou friables (b2, b3, c) :

- . tout-venant pour remblais compactés.

- Matériaux fins tels que restes de liants hydrauliques (b4), à l'exclusion du plâtre :

- . recyclage difficile en raison des quantités faibles et dispersées, généralement mélangées à des déchets plus grossiers.

En 1993, POLDEN, pour le compte de l'ADEME, a réalisé sur 15 matériaux de construction différents des tests de lixiviation selon le protocole provisoire de lixiviation des déchets massifs et solidifiés (Protocole SRETIE - Novembre 1991). Les résultats de ces essais sont donnés dans le tableau 2 de l'annexe 5.

Le tableau 3 de la même annexe indique les possibilités d'élimination de ces types de déchets considérés comme inertes, en fonction de différentes données réglementaires, notamment les critères d'éluion de l'Allemagne, de la Suisse et de la C.E. (cf. tableau 1 de l'annexe 5).

Vis-à-vis de la mise en dépôt de déchets inertes, parmi les 15 matériaux considérés dans cette étude, huit ne pourraient être admis dans les centres de stockage de déchets inertes européens.

Il s'agit des matériaux de la famille du plâtre, des bétons CPA et CHF, et des trois différents moellons.

Pour ces cinq matériaux, bétons et moellons, cette non admissibilité est la conséquence d'une forte teneur en aluminium.

Vis-à-vis de la valorisation en travaux publics, seuls les déchets de la famille du plâtre ne pourraient être valorisés en technique routière du fait :

- d'une forte fraction soluble, de 2 à 6 points supérieurs à la valeur réglementaire selon le matériau et le seuil considéré,
- d'une teneur en sulfates trop élevée, de 2 à 7 fois supérieure.

En annexe 13, sont donnés de larges extraits d'une étude consacrée au recyclage de la fraction inerte des matériaux de démolition, en France, étude réalisée par le Syndicat national des producteurs de granulats de recyclage.

Cette étude montre que :

- d'une manière générale, le coût des granulats de recyclage est supérieur de 10 à 12 F/tonne à celui des granulats naturels,
- à prix égal livré sur le chantier de mise en oeuvre, le granulat naturel bénéficie d'une distance de transport supérieure de 20 km environ, par rapport aux granulats recyclés,
- dans les conditions actuelles, la réutilisation des matériaux de démolition repose principalement sur la rentabilité de l'opération, laquelle n'est guère envisageable que dans, ou à proximité immédiate, des grandes métropoles, seules capables d'assurer l'approvisionnement régulier d'une installation en matière première sélectionnée et peu éloignée.

D'autre part, le recyclage par une installation mobile n'est rentable, selon la profession, que pour des chantiers de démolition importants (au moins 30 000 tonnes) et présente souvent des difficultés au niveau de la commercialisation des produits.

Sur ces considérations, la Franche-Comté (actuellement dépourvue d'installation adaptée), apparaît, a priori, comme une région peu favorable à la création et au développement d'une filière de recyclage de la fraction inerte des matériaux de démolition, l'absence de grande métropole, l'abondance des ressources en granulats naturels et la proximité des carrières productives constituant un obstacle important à la rentabilité d'une telle opération.

Quoiqu'il en soit, tout projet de création d'une filière de recyclage de matériaux de démolition devra étudier soigneusement les conditions susceptibles d'assurer la compétitivité de l'installation (proximité des centres de consommation, possibilité d'une collecte régulière de matériaux triés, peu éloignés, compétence technique dans les granulats indispensable pour une bonne intégration dans les circuits de commercialisation). Parallèlement, une action de promotion par les pouvoirs publics est indispensable pour assurer l'approvisionnement (campagnes d'information et de sensibilisation, aide à la certification des produits recyclés, permis de démolir assortis d'une clause prescrivant des recommandations relatives au tri et à la destination des matériaux de démolition...).

3.1.3. Verre (d)

TYPE DE MATIERE PREMIERE RECYCLABLE DANS DES CONDITIONS ENERGETIQUES, TECHNOLOGIQUES ET ECONOMIQUES INTERESSANTES

- Verre recyclé par broyage et fonte, avec deux fois moins d'énergie :

- . laine de verre,
- . billes de verre,
- . granulats bétons bitumineux ou légers,
- . tuiles et briques de verre,
- . composites polymères.

3.2. DECHETS PARFOIS DITS INERTES COMPRIS DANS LES DEBLAIS ROUTIERS (e2) ET LES PRODUITS DE DEMOLITION (f)

3.2.1. Enrobés et bitumes

- recyclage en matériaux de chaussées.

3.2.2. Bois

UTILISATION DE LA MATIERE PREMIERE ET VALORISATION ENERGETIQUE

- réutilisation directe (exemple des traverses de chemin de fer utilisées pour construire des ouvrages pare-blocs sur des versants exposés à des chutes de pierres),
- combustible, en l'état, pour l'industrie,
- combustible transformé (rejoindre la filière de traitement des déchets de l'industrie du bois qui produit notamment des plaquettes ou briques de combustible compacté).

3.2.3. Métaux

MATIERE PREMIERE RECYCLABLE (cf. annexe 2) DANS DES CONDITIONS AVANTAGEUSES

- économie de matières premières importées,
- économie d'énergie, notamment avec l'aluminium (20 fois moins d'énergie nécessaire),
- protection de l'environnement.

3.3. DECHETS NON INERTES MAIS DE REACTIVITE TRES LENTE (présents dans toutes filières et décharges)

3.3.1. Matières plastiques (i)

- recyclage de la matière première,
- valorisation énergétique dans les fours industriels équipés pour retenir le chlore et autres toxiques,
- incorporation aux enrobés routiers.

3.3.2. Caoutchouc, pneumatiques (j)

- réutilisation après restauration (rechapage),
- matériau de structure en génie civil ; le PNEUSOL, par exemple, marque déposée, est un matériau à base de pneus usagés, inventé et mis au point par le LCPC, utilisé pour le renforcement des sols, la construction de murs de soutènement et de remblais légers, ou encore comme absorbeur d'énergie ou répartiteur des contraintes,
- recyclage de la matière première (transformation en "poudrette" ou en "granulés") dans l'industrie du caoutchouc, la technique routière (bitume caoutchouc), ou pour la confection de sols élastiques (gymnases, terrains de sport),
- valorisation énergétique :
 - . combustible pour fours industriels (notamment cimenteries) ; 1 tonne de pneus équivaut à 2,5 tonnes de bois ou 1 tonne de fuel,
 - . production d'huile et de gaz combustible par pyrolyse ; 1 tonne de pneus donne 500 kg d'huile voisine du fuel, 350 kg de résidus carbonés solides pour la préparation du charbon actif et 150 kg de gaz ($H_2 + CH_4$), ce dernier étant renvoyé dans le système de combustion pour le chauffage du four.

L'Alsace est, actuellement la seule région en France où fonctionne une filière globale de valorisation et de traitement (200 à 250 tonnes/jour) des pneumatiques usagés. Cette opération pilote, lancée début 1994 à l'initiative du Conseil Régional d'Alsace et baptisée "TRANSFORM" est basée sur le principe de l'application sur chaque pneu usagé déposé dans les centres de collecte, d'une taxe forfaitaire (payée par l'utilisateur) qui correspond au coût unitaire réel de la filière. L'investissement a été de 15 millions de francs et l'objectif est de parvenir à la rentabilité en deux ans.

Mais une telle filière n'est pas applicable immédiatement et n'importe où. Pour la rentabiliser, il faut tenir compte de plusieurs paramètres : les difficultés liées à la collecte géographique des pneus, les infrastructures de traitement existantes, le coût local des équipements.

3.4. DECHETS D'INCINERATION, CUISSON, FUSION, SOUVENT CONSIDERES COMME INERTES, MAIS DE REACTIVITE ET DE TOXICITE TRES VARIABLES (h)

3.4.1. Laitiers

- granulats, par concassage et calibrage, utilisables sur les sites perméables si les résultats des tests de lixiviation sont satisfaisants.

Ce type de déchet n'est pas représenté en Franche-Comté.

3.4.2. Mâchefers et scories

- réutilisation en l'état, en remblai, si les tests de lixiviation sont satisfaisants (cf. annexe 8),

- réutilisation en techniques routières : l'annexe V de la circulaire du 09 mai 1994 (cf. annexe 9) donne les utilisations admissibles et les conditions de mise en place des mâchefers à faible fraction lixiviable (catégorie "V") en techniques routières et assimilées. Attention particulière à accorder aux risques d'expansion dus à la chaux libre des scories,

- valorisation énergétique (présence d'imbrûlés et récupération de la matière première minérale et métallique par recyclage en hauts fourneaux ; programmes pilotes américains sur la récupération des métaux),

- valorisation en cimenterie (ciment à la scorie LD),

- incorporation au dispositif de dépollution des effluents de décharges : facultés de filtration, absorption et réaction exothermique propices au traitement et à la réduction de volume (par évaporation) des jus.

3.5. DECHETS NON INERTES, MAIS COURAMMENT ASSIMILES A DES DECHETS BANALS ET NON POLLUANTS : "DECHETS VERTS" (de jardins publics ou privés)

- valorisation par broyage (si nécessaire), compostage et mélanges minéraux, pour l'amendement des sols (voir la technique "végéterre" de l'ADEME),
- valorisation énergétique par pyrolyse et gazogène : production de méthane.

3.6. CAS PARTICULIER DES STERILES MINIERS (g)

La Franche-Comté n'est pratiquement pas concernée par ce type de déchets. Une seule carrière en activité peut être assimilée (la substance exploitée n'étant pas concessible) à une exploitation minière. Il s'agit de la carrière de gypse de GROZON, près de POLIGNY, dans le Jura. Toutefois, l'exploitation produit très peu de stériles, le gypse étant exploité souterrainement par la méthode des chambres et piliers.

A signaler également les terrils de la région de RONCHAMP, en Haute-Saône, constitués par des schistes houillers, résidus d'exploitation des anciennes mines de charbon. Ces matériaux, de qualité variable, sont utilisables et utilisés comme granulats en technique routière (remblais et couches de forme) et pour la fabrication de boisseaux.

3.7. REMARQUE SUR L'IMPORTANCE DU ROLE DES TRAVAUX ROUTIERS DANS LA RESORPTION DES DECHETS INERTES

Au terme de cet inventaire, on constate que les chantiers de construction routiers constituent un "site d'accueil" privilégié, de grande capacité, ouvert à la plupart des déchets inertes. En effet, tout ce qui est trié et compactable, y compris les matériaux argileux, peut être théoriquement incorporé dans les remblais. Quant aux granulats de bonne qualité géotechnique (résistance à l'écrasement, à l'attrition, au gel...), ils sont incorporables aux matériaux de chaussées.

Toutefois, l'utilisation de ces matériaux en technique routière ne doit altérer ni la qualité, ni la durée des ouvrages, ce qui implique à la fois recherches, expérimentations et nouvelles réglementations.

Dans cette perspective, l'IREX (Institut pour la Recherche Appliquée et l'Expérimentation en Génie Civil) a réalisé en 1994 ² pour le compte de la DRAST (Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques et Techniques au Ministère de l'Équipement), une étude exploratoire préalable au lancement d'un "Projet National" (en cours d'élaboration).

² "Les matériaux de substitution utilisables en génie civil". Etude IREX, mai 1994.

Cette étude qui concerne les axes de recherche envisageables sur l'élimination, le traitement et la valorisation des déchets montre que :

- pour pouvoir être utilisés, ces matériaux doivent faire l'objet de caractérisations géotechniques et géochimiques précises,
- des recherches doivent être entreprises sur les filières de tri et de traitement,
- l'intérêt potentiel sur les sous-produits est le suivant :
 - . matériaux de démolition,
 - . mâchefers d'incinération d'ordures ménagères,
 - . pneumatiques,
 - . plastiques,
 - . sables de fonderie,
 - . verres,
 - . sulfates résiduaire.

4. TYPOLOGIE DES SITES D'ACCUEIL : APTITUDES HYDROGEOLOGIQUES DES CARRIERES DE FRANCHE-COMTE AU COMBLEMENT PAR DES DECHETS INERTES

4.1. CARRIERES ET DOMAINES GEOLOGIQUES DE FRANCHE-COMTE

4.1.1. Diversité des carrières, critères de typologie, démarche adoptée

La région de Franche-Comté a le privilège de posséder des ressources abondantes en matériaux de carrières, particulièrement en roches utilisées par la fabrication des granulats, qu'il s'agisse de roches meubles alluvionnaires (alluvions quaternaires fluviales et fluvio-glaciaires principalement) ou de roches dures, massives, surtout calcaires.

Si les carrières les plus importantes sont généralement localisées à proximité des principaux centres de consommation, on trouve des exploitations disséminées pratiquement sur l'ensemble du territoire, certaines ne fonctionnant qu'épisodiquement, au gré de l'ouverture des chantiers.

Aussi, les carrières sont-elles très nombreuses (268 carrières autorisées en 1993) et très diverses tant par leurs dimensions et la nature des matériaux exploités que par les conditions géologiques et hydrogéologiques dans lesquelles elles se trouvent. Tantôt proches du niveau hydrographique, tantôt perchées, en terrain perméable ou peu perméable, naturellement bien ou mal drainées, certaines sont noyées (dans la basse plaine alluviale ou lit majeur des rivières, principalement) d'autres plus ou moins humides ou sèches. Certaines sont situées dans, ou à l'aplomb, de réservoirs aquifères exploités pour l'alimentation en eau potable, d'autres, au contraire, dans des formations dépourvues de ressources hydrauliques. L'impact de leur comblement par des déchets sera donc variable selon la nature physique (perméabilité) et chimique (polluants solubilisables) de ces derniers.

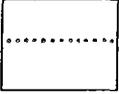
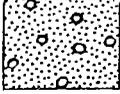
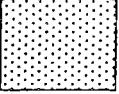
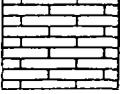
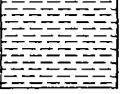
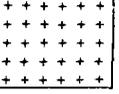
L'impact essentiel considéré dans la présente étude est donc le risque de perturbation des conditions hydrodynamiques et de pollution des eaux superficielles et souterraines, et, accessoirement, le risque de pollution de l'air par des dégagements gazeux, à l'exclusion de toute autre conséquence environnementale.

S'agissant de déchets censés être inertes, le problème de l'impact hydrochimique ne devrait pas se poser. Mais on a vu dans la première partie de l'étude que, d'une part, certains déchets sont dits inertes sans l'être complètement, d'autre part, des réactions peuvent se produire en présence d'eaux minéralisées. En outre, on connaît le risque lié aux difficultés de tri à l'amont, aux mélanges accidentels ou aux apports clandestins. C'est pourquoi, la **vulnérabilité à la pollution du terrain encaissant** est considérée comme un critère essentiel de la typologie, sachant que cette vulnérabilité intègre divers paramètres tels que perméabilité, vitesse de transfert, présence ou absence de formations aquifères exploitées ou exploitables à l'aplomb, possibilité de contrôle et d'intervention...

LES GRANDS ENSEMBLES GEOLOGIQUES ET STRUCTURAUX
DE LA FRANCHE-COMTE

LEGENDE DE LA FIGURE 1

PRINCIPAUX FACIES LITHOLOGIQUES DES FORMATIONS AFFLEURANTES

	Alluvions sablo-graveleuses Quaternaire		Cailloutis, sables, argiles, marnes Plioquaternaire
	Grès Trias inférieur - Permien		Marno-calcaires Trias moyen - Crétacé
	Calcaires Dogger - Malm		Marnes - argiles Trias - Lias - Oxfordien inférieur - Oligocène
	Roches cristallines éruptives et autres roches du socle hercynien		

ENSEMBLES GEOLOGIQUES ET STRUCTURAUX

- A** : Socle hercynien : roches cristallines, éruptives et volcano-sédimentaires
A1 : Vosges saônoises
A2 : Horst de la Serre
- B** : Dépression périvosgienne
B1 : sous-sol principalement gréseux
B2 : sous-sol principalement marno-calcaire
B3 : sous-sol principalement marneux
- C** : Avant-Monts et collines préjurassiennes
C1 : sous-sol principalement calcaire
C2 : sous-sol principalement marneux
- D** : Vignoble et Revermont
D1 : sous-sol principalement calcaire
D2 : sous-sol principalement marneux
- E** : Les Plateaux
E1 : plateaux de Haute-Saône
E2 : plateaux du Doubs et du Jura
- F** : Haute-Chaîne plissée
- G** : Dépressions tertiaires
G1 : plaine de la Saône
G2 : Bresse et Forêt de Chaux
G3 : Sundgau
- H** : Basse plaine alluviale (lit majeur) des principales rivières

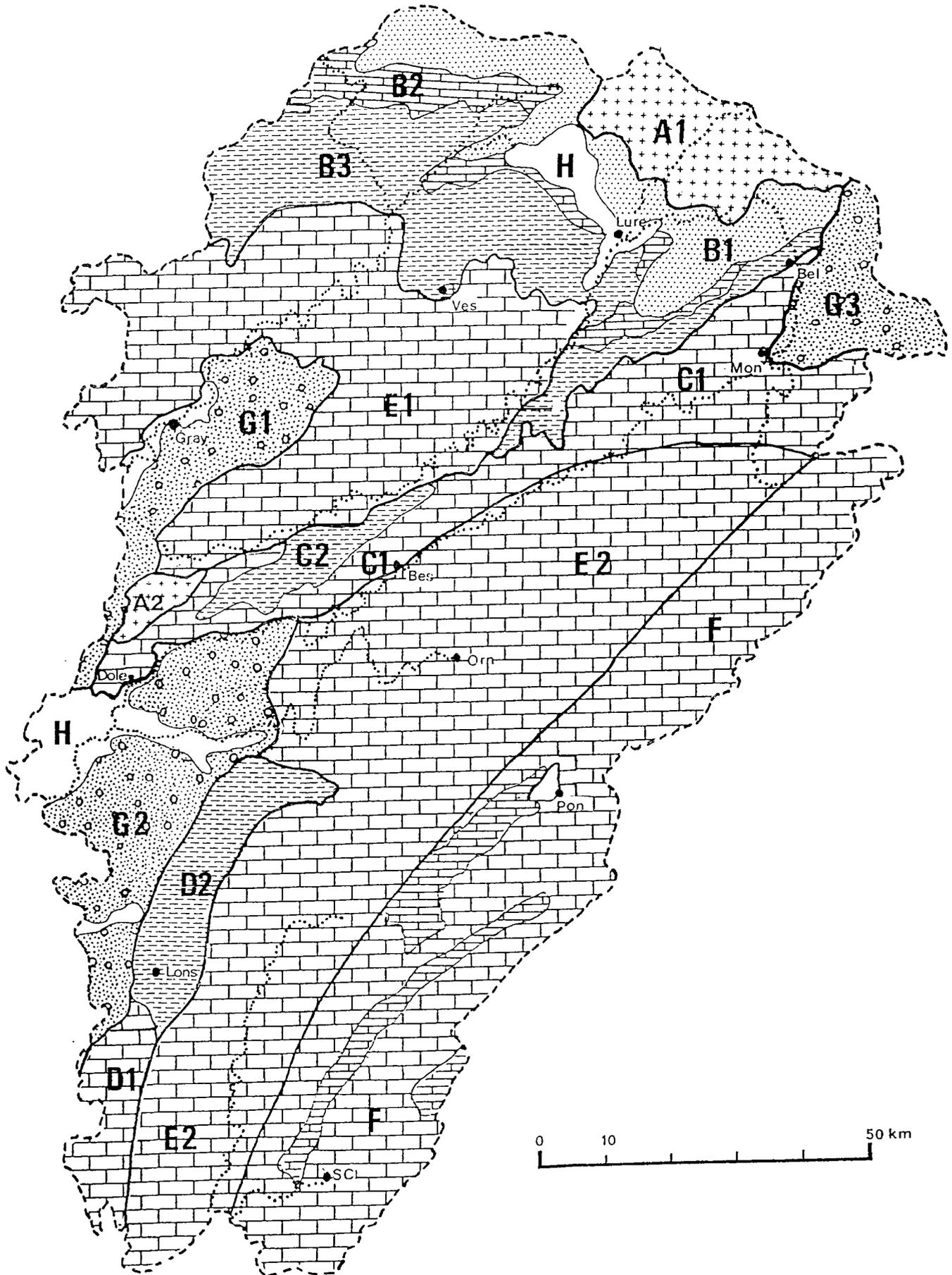


Figure 1 - Les grands ensembles géologiques et structuraux de la Franche-Comté

Un autre critère retenu est l'**impact hydrodynamique** qui ne concerne que les carrières en eau, ouvertes dans des formations aquifères, et comblées par des matériaux inertes moins perméables que les terrains en place, ce qui a pour effet de perturber les conditions d'écoulement des eaux souterraines.

Pour établir une typologie des carrières considérées comme sites potentiels d'accueil de déchets inertes, la démarche suivante a été adoptée :

- **zonage du territoire de la Franche-Comté** en ensembles géologiques dans lesquels les carrières présentent à peu près les mêmes caractéristiques et tout projet de comblement, les mêmes risques géologiques (cf. paragraphe 4.1.2.),
- **classification et caractérisation des carrières** en fonction de la nature de la formation exploitée, et des conditions hydrogéologiques, plus précisément du degré de vulnérabilité et de l'intérêt de l'aquifère (cf. paragraphe 4.2),
- **définition des critères d'aptitude** des différents types de carrières au comblement par des déchets inertes, c'est-à-dire des risques d'impacts hydrogéologiques (cf. paragraphe 4.3),
- **analyse comparative de l'aptitude** des différents types de carrières au comblement par des déchets inertes (cf. § 4.4).

4.1.2. Les grands ensembles géologiques et hydrogéologiques de Franche-Comté

Du point de vue géologique, hydrogéologique et structural, le territoire de la Franche-Comté peut être subdivisé en une quinzaine de domaines ou entités géologiques dans chacune desquelles les matériaux exploités (ou exploitables) en carrières, les caractéristiques hydrogéologiques des terrains et les risques de pollution des eaux sont similaires (cf. carte schématique de la figure 1) :

A - Socle hercynien, constitué par un cortège de roches éruptives (granites, micro granites, diorites, galbros, trachytes, andésites, rhyolites, brèches, tufs...) :

. A1 - Vosges saônoises, aux confins nord-est de la Franche-Comté.

. A2 - Massif de la Serre, horst de faible extension, au nord de DOLE.

B - Dépression péri-vosgienne, constituée par les terrains triasico-liasiques formant trois auréoles autour du massif vosgien, du Nord-Est au Sud-Ouest :

. B1 - Auréole gréseuse (grès du Trias inférieur ou Buntsandstein).

. B2 - Auréole calcaréo-dolomitique et marneuse (calcaires dolomitiques et marnes du Trias moyen ou Muschelkalk).

. B3 - Auréole marneuse (série principalement marneuse du Trias supérieur ou Keuper et du Jurassique inférieur ou Lias).

C - Avant-Monts et collines préjurassiennes, entre la vallée de l'Ognon et la vallée du Doubs et région de MONTBELIARD :

. C1 - Domaine au sous-sol principalement calcaire.

. C2 - Domaine au sous-sol principalement marneux, au nord-ouest de BESANCON.

D - Vignoble et Revermont, région fortement faillée et plissée entre la Bresse et le Jura :

. D1 - Le Revermont, au sud de LONS-LE-SAUNIER, est principalement calcaire (calcaires du Jurassique moyen et supérieur).

. D2 - Le Vignoble, au nord de LONS-LE-SAUNIER a un sous-sol principalement marneux (marnes triasico-liasiques).

E - Les plateaux calcaires constitués par les séries à dominante calcaire du Jurassique moyen et supérieur en couches tabulaires ou faiblement ondulées, parfois faillées. Séparés par des bandes étroites de terrains fortement faillés et plissés (faisceaux), ils sont souvent inclinés vers l'intérieur de la Chaîne du Jura (Sud-Est) et s'étagent à des altitudes respectivement croissante dans cette direction. On peut distinguer :

. E1 - Plateaux de Haute-Saône, au nord de la vallée de l'Ognon, de part et d'autre de la plaine de Saône.

. E2 - Plateaux du Doubs et du Jura s'étendant depuis le Lomont, au sud de MONTBELIARD, jusqu'à l'extrême sud du département du Jura.

F - La Haute-Chaîne, ou Jura plissé, formée par un ensemble de plis parallèles qui se suivent d'une manière presque continue, du Nord au Sud à une altitude souvent supérieure à 1 000 m. Les anticlinaux constitués essentiellement par les calcaires du Jurassique supérieur alternent avec les synclinaux à coeur créacé constitués de marnes et de calcaires.

G - Les dépressions tertiaires, régions plus ou moins marginales correspondant à des bassins d'effondrement comblés par des dépôts tertiaires et quaternaires. Les terrains affleurants, d'âge plio-quaternaire, forment généralement un ensemble complexe, hétérogène, constitué par une alternance d'argiles, de sables, de cailloutis, avec tous les intermédiaires, les couches ayant un caractère lenticulaire :

. G1 - Plaine de Saône, dans la région de GRAY.

. G2 - Bordure nord-orientale de la Bresse et Forêt de Chaux (à l'est de DOLE).

. G3 - Région du Sundgau, au sud-est de BELFORT.

H - Plaines alluviales des principales rivières, comblées par des alluvions récentes quaternaires fluviales ou fluvio-glaciaires, sablo-graveleuses, aquifères, activement exploitées ou exploitables pour les granulats et/ou pour l'eau potable : Saône, Semouse, Lanterne, Rahin, Ognon, Savoureuse, Doubs, Loue, Orain, Seille, Ain, Bienne.

Les fiches des carrières présentées en annexe 14 résument les particularités hydrogéologiques de chacune de ces régions.

4.2. CLASSIFICATION ET CARACTERISATION DES CARRIERES

La typologie qui a donné lieu à la rédaction des fiches de carrières présentées dans l'annexe 14 a pour objet la carrière en tant que site de décharge utilisé ou potentiel, et pour finalité la prévention des risques hydrogéologiques et géotechniques, principalement de pollution du sous-sol, des eaux souterraines et des captages. Elle est, par conséquent, fondée sur des facteurs géologiques et hydrogéologiques.

Outre la nature du matériau exploité, la classification fait intervenir de multiples paramètres :

- formation géologique concernée,
- particularités hydrogéologiques de celle-ci, principalement sa perméabilité, sa relation avec les formations aquifères, ainsi que la profondeur de la, ou des, nappe(s) accessible(s),
- l'intérêt et la vulnérabilité de ce, ou ces, aquifère(s),
- l'état hydrique général des excavations ouvertes dans ce type de formation.

Ainsi, une dizaine de types de carrières ont été identifiés :

a) Les gravières (ou sablières), exploitées pour les granulats

- . a1 - Gravières en lit majeur des rivières, nombreuses, souvent de grandes dimensions (horizontales) généralement en grande partie noyées par la nappe de l'aquifère alluvial activement exploité, par ailleurs, pour l'alimentation en eau potable des collectivités.
- . a2 - Gravières ou sablières dans les formations plio-quaternaires assez nombreuses, en particulier dans la Bresse, mais de faible envergure ; généralement hors d'eau ou humides dans le fond, à l'approche du substratum imperméable.
- . a3 - Gravières dans les alluvions fluvio-glaciaires (terrasses) assez nombreuses, de dimensions variées, principalement dans le département du Jura (vallées de l'Ain et de la Bienne, région d'ORGELET) ainsi qu'en bordure des Vosges, le plus souvent hors d'eau, quelquefois humides dans le fond (lorsque le substratum est argileux, ou atteignant à la base une nappe aquifère peu développée (CROTENAY)).

a4 - Gravières de la plaine de PONTARLIER, nombreuses, de dimensions variées, ouvertes dans un cône d'alluvions fluvio-glaciaires ; tantôt hors d'eau, mais proches du toit de la nappe, tantôt pénétrant de plusieurs mètres dans celle-ci, confondue avec la nappe des alluvions récentes du Doubs et du Drugeon et activement exploitée pour l'alimentation en eau potable des collectivités ; milieu très sensible, du fait de l'existence de ces captages et des nouveaux puits projetés.

b) Carrières de groise (groisières), assez nombreuses, généralement de faible envergure, exploitées comme tout-venant de viabilité, pratiquement toutes abandonnées actuellement ; sèches ou humides dans le fond, au contact du substratum marneux.

c) Carrières d'argiles, produits de terre cuite (tuiles, poteries), rares, localisés dans certains niveaux argileux du complexe plio-quadernaire de la Bresse (département du Jura) ; formations imperméables jouant le rôle d'écran protecteur vis-à-vis des aquifères sous-jacents généralement lenticulaires, peu productifs et non exploités pour l'alimentation en eau potable publique.

Les nombreuses excavations, de faible envergure, creusées dans les formations superficielles (limons et/ou argiles de décalcification) qui alimentaient jadis les petites tuileries dispersées sur l'ensemble du territoire, et abandonnées depuis longtemps, ont été comblées ou recolonisées par la végétation, disparaissant ainsi du paysage.

d) Carrières de marnes pour tuiles et briques, rares, profondes, creusées dans les formations marneuses épaisses du Lias (LANTENNE-VERTIERE dans le Doubs, GENDREY dans le Jura) ou de l'Oligocène (Sundgau), non aquifères, jouant le rôle d'écran protecteur vis-à-vis des aquifères sous-jacents (gréseux ou calcaires).

Jadis, on utilisait les marnes pour amender les sols mais comme pour les argiles à tuiles, les anciennes excavations (marnières) nombreuses mais sans envergure, ont disparu pour la plupart.

e) Carrières de calcaires, très nombreuses (plus de 160 carrières autorisées en 1993), de toutes tailles, généralement sèches, ouvertes principalement dans les calcaires du Jurassique moyen et supérieur en milieu perméable en grand par fissuration et karstification dans lesquels les eaux s'infiltrent et circulent rapidement, sans filtration, pour rejoindre des aquifères plus ou moins profonds (selon la topographie), alimentant de nombreux captages et sources.

f) Carrières de grès, rares, localisées essentiellement dans les grès du Trias inférieur de la bordure des Vosges, aujourd'hui abandonnées après avoir été exploitées comme pierres de construction et pour la fabrication de meules ; milieu perméable en grand par fissuration et possédant une certaine porosité d'interstices. Carrières généralement sèches au-dessus de la nappe des grès située à une profondeur très variable selon la topographie exposée aux infiltrations polluées.

g) Carrières de roches éruptives pour granulats, peu nombreuses, de dimensions variables, parfois importantes (LEPUIX-GY, MOISSEY), ouvertes dans des roches dures du socle ancien (Vosges saônoises en Haute-Saône et Territoire de Belfort, massif de la Serre dans le Jura) ; carrières sèches en milieu très fissuré, donc perméable avec suintements ou venues d'eau possibles le long des fissures : écoulement fissural, plus ou moins diffus, drainé par les vallées.

Les fiches signalétiques concernant chacun de ces types de carrières sont regroupées dans l'annexe 14.

4.3. CRITERES D'APTITUDE DES CARRIERES AU COMBLEMENT PAR DES DECHETS : RISQUES D'IMPACTS HYDROGEOLOGIQUES

La réglementation française ne fixe pas de seuil de perméabilité pour les sites de décharge de classe III réservés aux déchets inertes.

Toutefois, la proposition modifiée de directive du Conseil de l'Union Européenne du 02 juin 1994, concernant la mise en décharge des déchets, dans son annexe I, paragraphe 3 ("Protection du sol et des eaux"), point 2 ("barrière géologique") requiert, pour les sites de décharge de déchets inertes, une perméabilité $K \leq 1.10^{-7}$ m/s sur une épaisseur au moins égale à 1 m à la base et sur les côtés de la décharge. Dans le cas où la barrière géologique ne répond pas naturellement à ces conditions, elle peut être complétée artificiellement et renforcée par d'autres moyens offrant une protection équivalente, étant entendu qu'une barrière géologique artificielle ne doit pas avoir moins de 0,5 m d'épaisseur.

Dans cette étude, l'aptitude des carrières à recevoir des déchets est considérée en fonction :

- des risques hydrogéologiques et sanitaires,
- des possibilités de contrôle et d'intervention sur les eaux superficielles et souterraines,
- de la gestion du parc des sites d'accueil.

Les critères retenus sont donc :

- le risque de pollution superficielle par saturation en eau de la décharge et émission d'effluents contaminant le ruissellement aval,
- le risque d'infiltration de lixiviats dans un aquifère et de propagation lointaine de polluants :
 - . biodégradables,
 - . difficilement biodégradables,
 - . adsorbables,

- le risque géochimique engendré par d'éventuelles réactions entre la charge minérale des eaux drainées par la carrière et les éléments solubles des déchets stockés, avec production de polluants liquides ou gazeux,
- la vitesse de transfert, c'est-à-dire la rapidité d'infiltration des lixiviats pollués et d'accès de ceux-ci aux autres nappes, sources ou captages,
- l'impact sanitaire, caractérisé par l'importance de l'aquifère dans l'alimentation en eau potable du secteur et de la population concernée,
- les difficultés relatives d'un contrôle géochimique, en particulier la difficulté de localiser de façon exhaustive, par sondages et prélèvements ou autres méthodes de prospection, les écoulements souterrains (fissuraires, karstiques, diffus...) éventuellement pollués,
- la difficulté relative d'intervention pour fixer et dépolluer les eaux souterraines, en cas de pollution,
- le risque d'un éventuel colmatage de l'aquifère en cas de mise en décharge de produits fins, peu perméables, en carrières noyées, volumineuses ou multiples, pouvant avoir comme conséquences :
 - . une baisse de productivité de l'aquifère,
 - . une inondation des terrains situés en amont hydraulique,
- l'intérêt éventuel du site pour la mise en décharge de produits non inertes, susceptible d'orienter la recherche de sites de décharges pour ordures ménagères ou déchets industriels.

4.4. EVALUATION ET COMPARAISON DES RISQUES D'IMPACTS HYDROGEOLOGIQUES DES DECHARGES SELON LE TYPE DE CARRIERE

Cette analyse a été synthétisée sous forme d'un tableau à double entrée (cf. tableau 3) dans lequel chaque type de site, caractérisé hydrogéologiquement, est jugé en fonction des risques hydrochimiques et hydrodynamiques.

Selon la codification adoptée, le meilleur site d'accueil serait celui qui cumulerait les 0, avec éventuellement un X, étant entendu que la colonne de l'extrême droite du tableau correspond à l'économie des sites dans le cadre de la gestion globale de l'élimination des déchets, inertes et non inertes, non recyclables.

Ainsi, les carrières de marnes ou d'argiles apparaissent comme les sites de décharges les plus sûrs, dans la mesure, toutefois, où l'on maîtrise bien les eaux de surface. Du fait de leur rareté, ces sites ne devraient être utilisés pour les déchets inertes qu'après avoir prouvé leur inaptitude pour le stockage des déchets ultimes ou des déchets ménagers et assimilables.

Tableau 3 - COMPARAISON DES RISQUES D'IMPACTS HYDROGEOLOGIQUES DES DECHARGES, SELON LE TYPE DE CARRIERE

TYPES DE CARRIERES OU DE SITES HYDROGEOLOGIQUES	REGIONS	ETAT HYDRIQUE (1)	RISQUES D'IMPACTS HYDRO-CHIMIQUE ET HYDRODYNAMIQUE (nul = 0 ; faible = X <----> XXXX = fort)											
			POLLUTION RUISSELL. AVAL	POLLUTION SOUTERRAINE			RISQUE GEO- CHIMIQUE	IMPACT SANITAIRE	VITESSE DE TRANSFERT SOUTERRAIN	DIFFICULTE DE CONTRÔLE SOUTERRAIN	DIFFICULTE D'INTERV. SOUTERR.	RISQUE DU AU COLMATAGE		INTERET POUR DECHETS NON INERTES
				POLLUANT BIO- DEGRADABLE	POLLUANT DIFFICILE- MENT BIO- DEGRADABLE	POLLUANT ADSORBABLE						BAISSE DE PRODUCTIV. DE L'AQUIFERE	INONDATION	
a - GRAVIERES :														
a1 - Lit majeur des rivières	H	n	0	XXX	XXXX	XXX	0	XXXX	X	X	X	XXX	XX (2)	0
a2 - Plioquaternaire	G	s	0	XX	XXX	XX	0	X	X	(3)	(3)	0	0	0
		n	0	XXX	XXX	XXX	0	X	X	(3)	(3)	X	0	0
a3 - Fluvio-glaciaire	A1 E2 F	s	X	XX	XXX	XX	0	XX	X	(3)	(3)	0	0	0
		n	X	XXX	XXX	XXX	0	XX	X	(3)	(3)	X	0	0
a4 - Plaine de Pontarlier	F	s	0	XX	XXXX	XX	0	XXXX	X	X	X	0	0	0
		n	0	XXX	XXXX	XXX	0	XXXX	X	X	X	XXX	X	0
b - GROISIERES	E2 F	s	XXXX	X	XXX	XX	0	0	XX	(4)	(4)	0	0	0
c - CARRIERES D'ARGILES	G2	h	XXXX	X (5)	X (5)	X (5)	0	0 (5)	0/X	(6)	(6)	0	0	XXX (7)
d - CARRIERES DE MARNES	B3, C2 D, G3	h	XXXX	0	0	0	X	(8)	0/X	(8)	(8)	0	0	XXXX
e - CARRIERES DE CALCAIRES	B2, C, D, E1, E2, F	s	0	XXXX	XXXX	XXXX	0	XX	XXXX	XXXX	XXXX	0	0	0
f - CARRIERES DE GRES	B1	s/h	0	XXX	XXXX	XXXX	X	XX	XXX	XXXX	XXXX	0	0	0
g - CARRIERES DE ROCHES ERUPTIVES	A1 A2	s/h	0	XXX	XXXX	XXX	0	XX	XXX	XXXX	XXXX	0	0	0

**REMARQUES CONCERNANT LE TABLEAU DE COMPARAISON DES
RISQUES D'IMPACTS HYDROGÉOLOGIQUES DES DECHARGES,
SELON LE TYPE DE CARRIERE**

- (1) - s : carrière sèche
- h : carrière humide
- n : carrière noyée

- (2) - Risque variable suivant les dimensions de la carrière et l'importance de celles-ci par rapport à la largeur du lit majeur.

- (3) - Variable selon la nature du substratum.

- (4) - Sans objet, la groise reposant généralement sur un substratum marneux (marnes du Lias ou marnes oxfordo-argoviennes), très peu perméable, épais.

- (5) - Si la couche argileuse est suffisamment épaisse, c'est-à-dire sans formation aquifère proche du fond de la carrière.

- (6) - Sans objet, si la couche argileuse n'est pas mince ni superposée à un aquifère exploité sous-jacent.

- (7) - Selon l'épaisseur de l'argile et la perméabilité du sédiment (fonction de la teneur en silt et en sable).

- (8) - Sans objet, les carrières étant ouvertes généralement dans des séries marneuses très épaisses, très au-dessus des formations aquifères sous-jacentes.

Par ailleurs, on remarquera, d'une manière générale, que, si des déchets non inertes sont mêlés aux déchets inertes :

- tous les autres types de sites sont très vulnérables aux pollutions chimiques et l'impact sanitaire, grave à très grave, peut concerner une population moyenne à très nombreuse,
- quelques sites comme les gravières ou sablières hors d'eau sont un peu, ou nettement moins, vulnérables aux polluants biodégradables, à condition que l'épaisseur de la couche non saturée subsistant sous le fond de la carrière soit suffisante (oxygénation, dégradation bactérienne),
- dans les calcaires, les grès et les roches éruptives, tous les polluants peuvent gagner rapidement les sources et captages, les calcaires n'assurant aucune filtration, les grès et les roches éruptives une filtration variable selon le remplissage altéritique du réseau fissural (colmatage par des produits d'altération),
- dans ces mêmes formations, le contrôle hydrochimique de l'aquifère par forages équipés pour les prélèvements est difficile car, souvent, les écoulements souterrains sont mal connus. Ainsi, la carte du panache de pollution, théorique ou effective, est plus aisée à établir dans les milieux moins discontinus et anisotropes comme les alluvions, que dans les roches fissurées. Pour ces mêmes raisons, les possibilités d'intervention efficace sont plus grandes à l'aval hydraulique des carrières de matériaux alluvionnaires où il est généralement plus facile de réaliser un ou plusieurs puits de fixation et de traitement.

4.5. AUTRES SITES D'ACCUEIL POTENTIELS

Les carrières ne sont pas les seuls sites d'accueil possibles de déchets inertes et, en tout état de cause, la décharge en carrière n'est une solution à retenir qu'après examen de toutes les possibilités de tri et de recyclage de ces déchets.

Parmi les meilleurs sites d'accueil, au sens large, on peut citer, à titre d'exemple, les remblais routiers (cf. paragraphe 3.7), les plates-formes industrielles ou urbaines, les travaux d'assainissement. Les matériaux relativement homogènes, fins, mais filtrants peuvent également servir à améliorer des sites pour décharges de classe II.

Ces solutions permettent une économie de matières premières, limitant d'autant les extractions et, par conséquent, les atteintes à l'environnement.

Dans tous les cas, le choix du site devrait être déterminé en fonction d'une analyse de la situation régionale et d'une gestion globale des déchets et des matières premières.



BRGM

Déchets inertes et comblement des carrières en Franche-Comté

Annexes

**Décembre 1994
R 38222**

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1** - Nomenclature officielle des déchets.
- Annexe 2** - Déchets métalliques : quantités, teneurs en métaux, métaux récupérables (CAST-INSA de LYON - 1987).
- Annexe 3** - Composition chimique de mâchefers d'UIOM.
- Annexe 4** - Composition chimique des cendres volantes d'UIOM (CAST-INSA de LYON - 1987).
- Annexe 5** - Caractérisation et possibilités d'élimination de matériaux considérés comme inertes (tableaux extraits d'une étude réalisée en 1993 par POLDEN pour le compte de l'ADEME).
- Annexe 6** - J.O. des Communautés européennes - 03 avril 1991 : proposition de directive du Conseil concernant la mise en décharge des déchets (extrait : critères chimiques d'admissibilité).
- Annexe 7** - Réglementation suisse - Ordonnance sur le traitement des déchets du 10/12/1970 (extrait).
- Annexe 8** - Caractéristiques des différentes catégories de mâchefers (annexe III de la circulaire ministérielle du 09 mai 1994 relative à l'élimination des mâchefers d'incinération des résidus urbains).
- Annexe 9** - Utilisations admissibles de mâchefers à faible fraction lixiviable en techniques routières et assimilées (annexe V de la circulaire pré-citée).
- Annexe 10** - Répartition des déchets selon les différents secteurs d'activité (CAST-INSA de LYON - 1987).
- Annexe 11** - Conseil de l'Union Européenne - Extraits de la proposition modifiée de directive du Conseil concernant la mise en décharge des déchets - 02 juin 1994.
- Annexe 12** - Analyses recommandées pour la surveillance chimique et bactériologique des eaux souterraines.
- Annexe 13** - Le recyclage de la fraction inerte des matériaux de démolition.
- Annexe 14** - Typologie des carrières de Franche-Comté - 10 fiches signalétiques.

ANNEXE 1

NOMENCLATURE OFFICIELLE DES DECHETS

notice d'utilisation

Tout déchet est désigné par l'association de deux informations :

- sa catégorie : code C...
- son origine : code A...

Exemple : solvant usé halogéné de traitement de surface : C121 A 243

1. Comment repérer la catégorie du déchet: C... ?

- Situer le déchet à l'aide des « regroupements de repérage ». Ces regroupements donnent seulement des indications, ils n'ont pas valeur de classification rigoureuse. C'est la raison pour laquelle ils figurent à part sur le tableau.
- Préciser ensuite la catégorie au sein du groupe choisi.

▲ Certaines appellations courantes mais trop imprécises telles que « fonds de bac », « eaux de lavage » etc., ne figurent pas dans la classification par catégories. Lorsqu'un déchet correspond à une appellation de ce genre, il faut le classer dans la catégorie qui donne l'information la plus précise sur sa nature (voir ci-dessous les instructions sur les mélanges).

▲ Quelques explications complémentaires pour faciliter le choix de la catégorie d'un déchet :

C 101 à 108 : Ces catégories de déchets, bien que typiques des activités de préparation et de revêtement de surface, ne leur sont pas exclusivement réservées. Elles peuvent par exemple concerner également des bains usés issus de traitements photographiques.

C 108 : Cette catégorie, qui comprend principalement les liquides baignés et boues contenant des complexants et non classables de C 101 à C 107, ne concerne pas les boues d'hydroxyde, mêmes liquides, classées en C 281 et C 282.

C 150 : Cette catégorie ne doit être utilisée que lorsque le déchet n'est pas mieux identifié par une autre catégorie.

C 281 et C 282 : cf. C 108.

C 302 à C 305 : Ces catégories ne doivent être utilisées que lorsque le déchet n'est pas identifiable par l'une des catégories précédentes.

C 321 : Cette catégorie comprend également les pertes dues au conditionnement d'un produit.

C 8... et C 9... Ces catégories ne concernent que les déchets banals ou assimilables aux ordures ménagères.

2. Comment repérer l'origine du déchet: A... ?

Il s'agit de préciser l'atelier qui a généré le déchet et non la branche d'industrie d'où provient le déchet.

Ex. : des fluides d'usinage en émulsion issus d'un atelier d'usinage pour maintenance des machines dans un établissement produisant des papiers cartons seront codifiés : C 141 A 241 et non C 141 A 802. C'est l'atelier d'usinage qui est déterminant et non pas l'établissement produisant des papiers cartons.

Cas des rubriques A 931 à A 951 :

Seuls les déchets générés par des industries pratiquant l'élimination ou la valorisation des déchets à titre d'activité principale, peuvent être désignés sous ces rubriques.

Ce n'est donc plus l'atelier mais l'industrie qui est déterminant.

Cas des rubriques A 301 à A 699... Industrie chimique :

- Repérer la nature chimique de la substance la plus caractéristique de la toxicité potentielle du déchet : A + 2 chiffres (« Nature chimique »).
- La compléter par un 3^e chiffre qui indique l'activité génératrice (« activité »).

Ex. : pour des boues arséniées de fabrication d'engrais : le code d'origine sera A 302.

3. Cas des mélanges

Lorsqu'un déchet relève de plusieurs catégories ou de plusieurs natures chimiques :

Il faut le désigner et le codifier d'après la catégorie qui représente le mieux son danger potentiel (à apprécier en priorité) ou sa proportion dans le mélange.

Lorsqu'un déchet relève de plusieurs origines :

C'est-à-dire lorsqu'un mélange de déchets provient de plusieurs ateliers au sein d'une même usine ou lorsqu'un déchet ne peut être imputé à un atelier particulier : si nécessaire, on pourra alors utiliser les regroupements à 2 chiffres suivis d'un 0.

Ex. : boue d'épuration d'effluent d'une industrie automobile : le code d'origine pourra être A 240.

catégories

regroupements de repérage

C101. Liquides, bains et boues acides non chromiques C102. Liquides, bains et boues alcalins non chromiques non cyanurés C103. Liquides, bains et boues cadmiés cyanurés C104. Liquides, bains et boues cadmiés non cyanurés C105. Liquides, bains et boues chromiques acides C106. Liquides, bains et boues chromiques non acides C107. Liquides, bains et boues cyanurés C108. Autres liquides, bains et boues contenant des métaux non précipités (sauf C281 et C282)	Déchets de préparation et revêtement de surface
C121. Solvants halogénés C122. Solvants non halogénés C123. Déchets aqueux halogénés souillés de solvants C124. Déchets aqueux non halogénés souillés de solvants C125. Culots non aqueux halogénés de régénération de solvants C126. Culots non aqueux non halogénés de régénération de solvants	Solvants et déchets contenant des solvants
C141. Fluides d'usinage aqueux: émulsions huileuses C142. Fluides d'usinage aqueux: solutions vraies C143. Huiles entières d'usinage et de trempé C144. Huiles de transmission hydraulique C145. Huiles isolantes chlorées (y compris PCB, PCT) C146. Huiles isolantes non chlorées C147. Huiles moteurs C148. Huiles minérales entières mélangées C149. Eaux de machines à laver les pièces usinées C150. Mélanges liquides eau/hydrocarbures	Déchets liquides huileux
C161. Boues de peinture avec phase aqueuse C162. Boues de peinture avec phase organique C163. Déchets de peinture sans phase liquide C164. Déchets d'encres ou de colorants avec phase organique C165. Déchets d'encres ou de colorants sans phase organique	Déchets de peinture, vernis et encre
C171. Boues d'usinage avec hydrocarbures C172. Boues d'usinage sans hydrocarbures C173. Graisses, corps gras, lubrifiants ou filmants d'origine minérale (sauf C147 - C148) C174. Savons, corps gras, lubrifiants ou filmants d'origine végétale ou animale	Boues d'apprêt et de travail des métaux
C181. Copeaux et particules métalliques C182. Déchets de grenailage C183. Sels de trempé et autres déchets solides de traitements thermiques cyanurés C184. Sels de trempé et autres déchets solides de traitements thermiques non cyanurés C185. Déchets contenant des fibres d'amiante libres ou libérables	Déchets minéraux solides de traitements mécaniques et thermiques
C201. Mâchefers et cendres non volantes C202. Poussières, fines, et cendres volantes C203. Laitiers, scories, crasses, réfractaires usés C204. Sables de fonderie usagés	Déchets de cuisson, fusion, incinération
C221. Eaux mères de fabrication salines C222. Eaux mères de fabrication non salines C223. Résidus liquides de distillation de fabrication C224. Brais, goudrons, bitumes (sauf C287) C225. Autres loupés et sous-produits de fabrication issus de synthèse organique (sauf C221 à C224)	Déchets de synthèse organique

catégories

regroupements de repérage

- C241. Acides minéraux résiduels de traitements chimiques
- C242. Bases minérales résiduels de traitements chimiques
- C243. Carbonate de calcium résiduel (sauf C289)
- C244. Sulfate de calcium résiduel souillé (phosphogypses...)
- C245. Autres boues de neutralisation d'effluents acides (sauf C244 - C281 - C282)
- C246. Autres solutions salines (sauf C241 à C245)

Déchets minéraux liquides et boueux de traitements chimiques

- C261. Oxydes métalliques résiduels solides
- C262. Sels métalliques résiduels solides hors alcalins
- C263. Sels minéraux résiduels solides cyanurés (sauf C183)
- C264. Sels minéraux résiduels solides non cyanurés (sauf C184)
- C265. Catalyseurs usés

Déchets minéraux solides de traitements chimiques

- C281. Boues d'hydroxydes métalliques ayant subi un traitement de déshydratation
- C282. Boues d'hydroxydes métalliques n'ayant pas subi de traitement de déshydratation
- C283. Boues de station d'épuration biologique
- C284. Résidus de décantation, filtration, centrifugation (sauf C150, C245, C281, C282)
- C285. Résines échangeuses d'ions saturées
- C286. Éluats et boues de régénération de résines échangeuses d'ions non classables de C101 à C108
- C287. Goudrons sulfuriques.
- C288. Boues de lavage de gaz
- C289. Boues de décarbonatation

Déchets de traitement de dépollution et de préparation d'eau

- C301. Boues de forage
- C302. Absorbants, matériaux souillés notamment de produits organiques
- C303. Absorbants, matériaux souillés uniquement de produits inorganiques
- C304. Matériels souillés
- C305. Emballages souillés

Matériaux et matériels souillés

- C321. Loupés et chutes de fabrication non pris en compte par les rubriques précédentes
- C322. Piles, batteries et accumulateurs usagés
- C323. Rebut d'utilisation d'explosifs et déchets à caractère explosif
- C324. Rebut d'utilisation de pesticides
- C125. Rebut d'utilisation non pris en compte par les rubriques précédentes
- C326. Déchets chimiques de laboratoires non classables ailleurs du fait de leur conditionnement
- C327. Déchets biologiques ou anatomiques d'hôpitaux et de laboratoires

Rebut d'utilisation, loupés, pertes

- C800. Verre
- C810. Métaux
- C820. Minéraux (inertes, terres, stériles)
- C830. Matières plastiques
- C840. Caoutchouc
- C850. Textiles
- C860. Papiers cartons
- C870. Bois
- C880. Matières animales
- C881. Sang
- C890. Matières végétales

Déchets banals

- C900. Matières de vidange
- C910. Boues de curage d'égoûts
- C920. Contenu de bacs à graisse
- C930. Déchets de démolition
- C940. Déchets encombrants
- C950. Déchets de voiries et espaces verts
- C960. Eaux grasses de cuisines
- C970. Ordures ménagères

Déchets urbains

AGRICULTURE - INDUSTRIE AGRICOLE

10 - Agriculture, Sylviculture

A 101 Cultures

A 102 Elevages

A 103 Sylviculture et exploitation forestière

11 - Industrie agro-alimentaire, produits animaux et végétaux

A 111 Industrie de la viande, abattoirs, équarissage

A 112 Industrie laitière

A 113 Industrie des huiles et graisses d'origine animale ou végétale

A 114 Industrie du sucre

A 115 Autres

12 - Industrie des boissons

A 121 Distillation d'alcool et eau-de-vie

A 122 Fabrication de bière

A 123 Fabrication d'autres boissons

13 - Fabrication d'aliments pour animaux

A 131 Fabrication d'aliments pour animaux

ÉNERGIE

15 - Houillères

A 151 Houillères

A 152 Cokéfaction

16 - Industrie pétrolière

A 161 Extraction de pétrole et gaz naturel

A 162 Raffinage du pétrole

A 163 Stockage de pétrole, produits dérivés du raffinage et gaz naturel

17 - Production d'électricité

A 171 Centrales thermiques

A 172 Centrales hydrauliques

A 173 Centrales nucléaires

A 174 Autres centrales électriques

18 - Production d'eau

A 181 Production d'eau

MÉTALLURGIE - CONSTRUCTION MÉCANIQUE ET ÉLECTRIQUE

20 - Extraction de minerais métalliques

A 201 Extraction de minerais métalliques

21 - Sidérurgie

A 211 Production de fonte (haut fourneau)

A 212 Production d'acier brut

A 213 Première transformation de l'acier (laminoirs,...)

22 - Métallurgie des métaux non ferreux

A 221 Fabrication d'alumine

A 222 Métallurgie de l'aluminium

A 223 Métallurgie du plomb et du zinc

A 224 Métallurgie des métaux précieux

A 225 Métallurgie des autres métaux non ferreux

A 226 Industrie des ferro-alliages

A 227 Fabrication d'électrodes

23 - Fonderie et travail des métaux

A 231 Fonderie des métaux ferreux

A 232 Fonderie des métaux non ferreux

A 233 Travail des métaux (non compris l'usinage)

24 - Construction mécanique, électrique, électronique

A 241 Usinage

A 242 Traitement thermique

A 243 Traitement de surface

A 244 Application de peinture

A 245 Assemblage, montage

A 246 Fabrication de piles électriques et accumulateurs

A 247 Fabrication de fils et câbles électriques

MINÉRAIS NON MÉTALLIQUES - MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION - CÉRAMIQUE - VERRE

- 26 – Extraction de minerais non métalliques
 - A 261 Extraction de minerais non métalliques
- 27 – Matériaux de construction, céramique, verre
 - A 271 Fabrication de chaux, ciment, plâtre
 - A 272 Fabrication de produits céramiques
 - A 273 Fabrication de produits en amiante - ciment
 - A 274 Fabrication d'autres matériaux de construction
 - A 275 Industrie du verre
- 28 – Chantiers, construction, terrassement
 - A 281 Chantiers, construction, terrassement

INDUSTRIE CHIMIQUE : A301 à A699*

« Natures chimiques »

- 30 Composés minéraux arséniés
- 31 Composés minéraux mercuriels
- 32 Composés minéraux cadmiés
- 33 Composés minéraux d'autres métaux lourds
- 34 Composés minéraux cyanurés et dérivés
- 35 Composés minéraux azotés, phosphorés, borés
- 36 Peroxydes et autres produits instables
- 37 Polymères non polymérisés halogènes
- 38 Polymères non polymérisés non halogénés
- 39 Dérivés halogénés cycliques ou aromatiques non hydroxylés
- 40 Autres halogénés non hydroxylés
- 41 Phénolés et autres cycliques hydroxylés non halogénés, non nitrés
- 42 Chlorophénolés et autres cycliques hydroxylés halogénés
- 43 Nitrophénolés et autres cycliques hydroxylés nitrés
- 44 Dérivés organiques nitrés (sauf 43)
- 45 Dérivés organoazotés aliphatiques (sauf 44)
- 46 Dérivés organoazotés cycliques ou aromatiques (sauf 43 et 44)
- 47 Dérivés organiques contenant du phosphore ou du soufre
- 48 Organométalliques
- 49 Composés aromatiques ou cycliques non cités avant
- 50 Composés aliphatiques liquides non cités avant
- 51 Composés aliphatiques non liquides non cités avant
- 52 Matières actives pharmaceutiques non citées avant
- 53 Matières actives odorantes non citées avant
- 54 Matières actives colorantes non citées avant
- 55 Tensioactifs
- 56 Acides organiques
- 69 Autres composés

« Activités »

- 1 Industrie du chlore
- 2 Fabrication d'engrais
- 3 Autres fabrications de l'industrie chimique minérale de base
- 4 Pétrochimie, carbochimie
- 5 Fabrication de matières plastiques de base
- 6 Autres fabrications de la chimie organique de base
- 7 Traitement chimique des corps gras, fabrication de produits de base pour détergents
- 8 Fabrication de produits pharmaceutiques, phytosanitaires et pesticides
- 9 Autres fabrications de la chimie fine

PARACHIMIE

- 70 – Fabrication d'encre, vernis, peintures, colles
 - A 701 Fabrication d'encre
 - A 702 Fabrication de peintures
 - A 703 Fabrication de vernis
 - A 704 Fabrication de colles
- 71 – Fabrication de produits photographiques
 - A 711 Fabrication de surfaces sensibles
 - A 712 Fabrication de produits de traitements photographiques
- 72 – Parfumerie, fabrication de produits savonniers et détergents
 - A 721 Fabrication de produits savonniers
 - A 722 Fabrication de produits détergents
 - A 723 Fabrication de produits de parfumerie
- 73 – Transformation du caoutchouc et des matières plastiques
 - A 731 Industrie du caoutchouc
 - A 732 Transformation des matières plastiques
- 74 – Fabrication de produits à base d'amiante
 - A 741 Fabrication de produits à base d'amiante
- 75 – Fabrication des poudres et explosifs
 - A 751 Fabrication des poudres et des explosifs

TEXTILES ET CUIRS - BOIS ET AMEUBLEMENT INDUSTRIES DIVERSES

76 - Industrie textile et de l'habillement

A 761 Peignage, cardage des fibres textiles

A 762 Filature, filature, tissage

A 763 Blanchiment, teinture, impression

A 764 Confection de vêtements, bonneterie

77 - Industrie des cuirs et peaux

A 771 Tannerie, mégisserie

A 772 Pelleterie

A 773 Fabrication de chaussures et autres articles en cuir

78 - Industrie du bois et de l'ameublement

A 781 Scieries, fabrication de panneaux

A 782 Fabrication de produits en bois, ameublement

79 - Industries diverses

A 791 Industries diverses

PAPIER - CARTON - IMPRIMERIE

80 - Industrie du papier et du carton

A 801 Fabrication de pâte à papier

A 802 Fabrication de papiers et cartons

A 803 Transformation de papiers et cartons

81 - Imprimerie, presse-édition, laboratoires photographiques

A 811 Imprimerie, presse-édition

A 812 Laboratoires photographiques

SERVICES COMMERCIAUX

82 - Laveries, blanchisseries, teintureries

A 821 Laveries, blanchisseries, teintureries

83 - Commerces

A 831 Commerces

84 - Transports, commerces et réparation automobile

A 841 Commerces et réparation automobile

A 842 Transports

85 - Hôtels, cafés, restaurants

A 851 Hôtels, cafés, restaurants

SERVICES COLLECTIFS

86 - Santé

A 861 Santé (hôpitaux, centres de soins, laboratoires...)

87 - Enseignement

A 871 Enseignement (y compris laboratoires de recherche)

88 - Activités administratives, bureaux

A 881 Activités administratives, bureaux

MÉNAGES

89 - Ménages

A 891 Ménages

DÉPOLLUTION - ÉLIMINATION DES DÉCHETS

90 - Nettoyage et entretien des espaces publics

A 901 Nettoyage et entretien des espaces publics

91 - Stations d'épuration urbaine

A 911 Stations d'épuration urbaine

92 - Traitement de déchets urbains

A 921 Traitement de déchets urbains

93 - Traitement des effluents et déchets industriels

A 931 Incinération

A 932 Traitements physico-chimiques

A 933 Traitements biologiques

A 934 Solidification de déchets liquides

A 935 Regroupement et/ou reconditionnement de déchets

A 936 Mise en décharge

RÉGÉNÉRATION - RÉCUPÉRATION

94 - Activités de régénération

A 941 Régénération d'huiles

A 942 Régénération de solvants

A 943 Régénération de résines échangeuses d'ions

95 - Activités de récupération

A 951 Activités de récupération

ANNEXE 2

**DECHETS METALLIQUES : QUANTITES, TENEURS EN METAUX,
METAUX RECUPERABLES**

(CAST-INSA de LYON - 1987)

DECHETS METALLIQUES : QUANTITES, TENEURS EN METAUX
METAUX RECUPERABLES

(Extraits des documents de l'INSA de LYON)

- . Sources de métaux récupérables dans les déchets (* déchets souvent associés à la filière des inertes)

REBUTS D'UTILISATION	METAUX
- déchets urbains	Fe, Al, Zn, Cu, Sn
- véhicules usagés *	Fe, Al, Cu, Pb, Zn
. carrosseries	Fe, Ni, Cr
. matériel électrique	Cu, Al, Fe
. batteries	Pb
. pneumatiques	Fe
- matériel de chemin de fer *	Fe, Cu, Al
- machines diverses *	Fe
- matériel électrique et électronique *	
. câbles	Cu, Fe
. circuits	Cu, métaux précieux
. piles électriques	Hg, Cd, Mn
- matériaux de construction * (démolition)	Fe, Zn, Pb, Cu, AL
- vieux métaux précieux et semi-précieux (vieux bijoux, pièces démonétisées argenterie, orfèvrerie ...)	Au, Ag, Pt, Sn, Cu

- . Quantités de métaux dans les déchets en France en 1981

8.105.000 tonnes de fer
185.000 tonnes d'aluminium
213.000 tonnes de cuivre
128.000 tonnes de plomb
117.000 tonnes de zinc

- . Nombre de voitures au rebut en 1990 : de l'ordre de 1.800.000 tonnes

EXEMPLES DE COMPOSITIONS CHIMIQUES DE MACHEFERS
(en % sur sec)

ELEMENTS	INSA LYON Exemple d'analyse	D'APRES O.C.D.E. (1)	D'APRES P. et C. (1)
Silice	53,61	42 - 58	30 - 52
Alumine	6,14	6 - 18	8 - 10
Oxyde ferrique	9,76	8 - 18	6 - 11
Chaux	11,23	9 - 12	12 - 15
Magnésie	1,97	1 - 2	1,5 - 2
Oxyde de sodium	7,88	3 - 8	2 - 7
Oxyde de potassium	0,91	1,1 - 1,6	0,9 - 1,2
Chlorures	0,01	0,1 - 0,4	-
Sulfates	0,83	0,7 - 6,4	0,9 - 1,3
Carbonates	1,85		
Anhydride phosphorique	0,75		
Plomb	0,17		
Zinc	0,21		
Chrome	0,02		
Cuivre	0,20		
Manganèse	0,17		
Nickel	0,02		
Etain	0,06		
Titane	0,12		

(1) Dans "Mâchefers des usines d'incinération d'ordures ménagères" - Annales de la voirie et de l'environnement, n° 10-1460, octobre 1987, p. 281.

TEST DE LIXIVIATION SUR ECHANTILLONS DE MACHEFERS PRELEVES
SUR DEUX USINES D'INCINERATION D'O.M. (Annales de la Voirie et de
l'Environnement n° 10 - 1460, octobre 1987, page 281)

Lixiviation réalisée suivant le protocole recommandé
par le Ministère de l'Environnement
Résultats exprimés en mg/kg de mâchefer

Tableau 2

	1 ^{re} USINE : FOUR A GRILLE			2 ^e USINE : FOUR TOURNANT			
	1 ^{re} extraction	2 ^e extraction	Total	1 ^{re} extraction	2 ^e extraction	3 ^e extraction	Total
Conductivité us/cm	6 710	2 690		10 055	278	1 005	
pH	11,6	11,3		12,6	12,3	11,9	
DCO mg/l	104	67		< 250	< 250	< 250	< 250
DBO5				< 30	< 30	< 30	< 30
Phénol mg/kg				< 1	< 1	< 1	< 1
Chlorures				14 360	880	180	15 400
Pb	10	3	13	—	—	—	—
Zn	8,7	1,8	10,5	1,4	0,1	< 0,03	1,5
Cd	< 0,3	< 0,3	< 0,6	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,24
Ni	—	—	—	0,3	< 0,1	< 0,1	< 0,5
Cu	2,6	< 0,5	2,6-3,1	—	—	—	3,4
Cr	< 1	< 1	< 2	1,6	0,7	1,1	—
Hg	—	—	—	< 0,005	< 0,005	< 0,04	< 0,005
Fe	—	—	—	< 0,04	0,7	< 0,005	< 0,78

REMARQUES

- Les mâchefers fondent entre 1 000 et 1 100°C. Ils contiennent :

- . de 1 à 5% d'"imbrûlés" organiques,
- . de 10 à 15% de métaux libres,
- . de 80 à 90% de scories proprement dites.

- Un mâchefer d'ordures ménagères préalablement refroidi, mis en décharge et soumis à l'action des eaux de pluie engendre des lixiviats présentant les caractéristiques suivantes :

- . pH variant de 9 à 11,5,
- . prédominance d'espèces salines (chlorure, sodium, calcium...),
- . présence de cyanures, mais l'étude cinétique de leur dégradation montre qu'ils disparaissent rapidement,
- . détection de formes azotées (nitrates, nitrites, ammonium) en très faibles concentrations.

L'apport polluant se situe donc principalement au niveau des sels alcalins et alcalino-terreux.

- Les mâchefers sont souvent utilisés en science des matériaux et technique routière comme remblai ou sous-couche de fondation. En décharge, ils peuvent avoir un usage spécifique comme matériau pour fond, digue ou couverture.
- Le déferrailage (et éventuellement le broyage) en améliorent la présentation et la qualité, tout en permettant la commercialisation des ferrailles ainsi récupérées.
- Un brevet français, récent, préconise l'utilisation du mâchefer doué de propriétés spécifiques (base chimique, charbon actif, effet thermique, filtre...) comme moyen d'épuration des effluents pollués comme les lixiviats de décharge.
- D'importants programmes pilotes (Bureau of Mines, aux Etats-Unis) ont porté, sans suite industrielle connue, sur la récupération des différents métaux à partir de ce "minerai".

ANNEXE 4

COMPOSITION CHIMIQUE DES CENDRES VOLANTES D'UIOM (CAST-INSA de LYON - 1987)

CENDRES VOLANTES

(Extrait des documents de l'INSA de LYON)

. Résultats d'analyse (exemple)

Imbrûlés	5,0	%
Chlorures	4,22	%
Sulfates	8,33	%
Carbonates	0,85	%
Anhydride phosphorique	1,56	%
Chaux	13,05	%
Magnésie	4,08	%
Oxyde de potassium	5,58	%
Oxyde de sodium	3,92	%
Silice	31,10	%
Alumine	15,70	%
Oxyde ferrique	3,24	%
Plomb	0,39	%
Zinc	2,29	%
Cadmium	0,037	%
Chrome	0,01	%
Cuivre	0,15	%
Manganèse	0,18	%
Nickel	0,02	%
Etain	0,12	%
Titane	0,27	%

. Remarque

Les poussières peuvent contenir des substances toxiques minérales (mercure, cadmium) ou organiques (dioxines) adsorbées.

ANNEXE 5

**CARACTERISATION ET POSSIBILITES D'ELIMINATION
DE MATERIAUX CONSIDERES COMME INERTES
(tableaux extraits d'une étude réalisée en 1993
par POLDEN pour le compte de l'ADEME)**

Tableau 1 - Critères d'élution pour la mise en décharge de déchets inertes

ADEME 1993

DECHETS INERTES : seuils sur les eaux de lixiviation						
Analyses	Allemagne (Projet : TA Siedlung Abfall)		Suisse (Ordonnance sur le Traitement des Déchets. Fév. 91)		CE (Projet -6è version, nov. 90)	
Fraction soluble	3 %		-		-	
	mg/l (1)	mg/kg MS	mg/l(2)	mg/kg MS	mg/l(1)	mg/kg MS
pH	-	-	-	-	4 < pH	<13
Conductivité	-	-	-	-	-	-
COT	20	200	20	400	200	2000
DCO	-	-	-	-	-	-
Aluminium	-	-	1	20	-	-
Arsenic	0,1	1	0,01	0,2	0,1	1
Cadmium	0,05	0,5	0,01	0,2	0,1*	1**
Chrome total	-	-	-	-	-	-
Chrome hexavalent	0,05	0,5	0,01	0,2	0,1*	1**
Cuivre	1	10	0,2	4	2*	20
Fer	-	-	-	-	-	-
Etain	-	-	0,2	4	-	-
Manganèse	-	-	-	-	-	-
Mercure	0,005	0,05	0,005	0,1	0,02*	0,2**
Nickel	0,2	2	0,2	4	0,4*	4**
Plomb	0,2	2	0,1	2	0,4*	4**
Vanadium	-	-	-	-	-	-
Zinc	2	20	1	20	2*	20**
Phénol	0,2	2	-	-	10	100
HAP	-	-	-	-	-	-
Sulfates	500	5000	-	-	1000	1000
Sulfites	-	-	0,01	0,2	-	-

mg/kg MS = mg/kg de matière sèche

Somme des* < 5 mg/l

Somme des ** < 50 mg/kg MS

(1) pour un ratio liquide/matière sèche = 10 (1 seul lixiviât)

(2) pour un ratio liquide/matière sèche = 20 (2 x 10)

Déchets inertes et comblement des carrières en Franche-Comté

Tableau 2 - Résultats obtenus après lixiviation ou lessivage

(par application du protocole provisoire de lixiviation des déchets massifs et solidifiés : Protocole SRETIE - Novembre 1991)

ADEME

CARACTERISATION DE MATERIAUX CONSIDERES COMME INERTES																	
Paramètres Mesurés	Unité (1)	MATERIAUX															Limite de Détection
		Carreau de plâtre	Plâtre	Placo plâtre	Bitume de démolition	Enrobé à froid	Enrobé à chaud	Béton de démolition	Béton CPA	Béton CHF	Brique perforée	Brique pleine	Tuile	Moellon "vingt creux"	Moellon stocké	Moellon bloc	
Conductivité	µ S/cm	1980	1 565	1 563	166	27	60	183	452	125	132	16,7	13	1123	960	1937	
Humidité	% Brut	13	15,3	15	0,1	3,7	0,02	3,2	5,2	5,45	0,2	1,3	0,04	2	2,5	3,2	
F. soluble	% MS	7,4	7,8	8,2	0,97	0,14	0,06	0,34	< 0,1	< 0,1	0,13	< 0,1	0,12	1,14	0,7	2,01	
COT	mg/kg de MS	< 69	24-71	1 070	109	135	20-60	< 60	53-74	113	30-70	< 61	60-100	184	78-98	93	2 m g/l
DCO	mg/kg de MS	< 345	496-614	3 152	< 300	< 311	< 300	< 300	179-390	< 317	< 300	< 305	370-570	766-868	< 310	124-330	10 m g/l
As	mg/kg de MS	< 0,17	< 0,18	< 0,176	< 0,15	< 0,156	< 0,15	< 0,15	< 0,16	< 0,16	0,18-0,23	< 0,15	< 0,15	< 0,153	< 0,15	< 0,155	5 µ g/l
Cd	mg/kg de MS	< 0,035	< 0,035	0,098-0,121	< 0,03	0,028-0,04	< 0,03	< 0,03	< 0,032	< 0,032	< 0,03	< 0,034	0,017-0,037	0,083-0,104	< 0,03	< 0,031	1 µ g/l
Cr	mg/kg de MS	< 0,35	< 0,35	< 0,35	< 0,3	< 0,31	< 0,3	< 0,3	< 0,32	< 0,32	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,32-0,42	< 0,31	< 0,31	10 µ g/l
Cr6	mg/kg de MS	< 0,35	< 0,35	< 0,35	< 0,3	< 0,31	< 0,3	< 0,3	< 0,32	< 0,32	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,46	< 0,31	< 0,31	10 µ g/l
Cu	mg/kg de MS	< 0,35	0,41	0,66	< 0,3	< 0,31	< 0,3	< 0,3	< 0,32	< 0,32	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,31	< 0,31	< 0,31	10 µ g/l
Hg	mg/kg de MS	< 0,0035	< 0,018	< 0,176	< 0,006	< 0,0156	< 0,015	< 0,006	< 0,016	< 0,016	< 0,015	< 0,003	< 0,015	< 0,015	0,006	< 0,0155	0,5 µ g/l
Ni	mg/kg de MS	< 0,35	< 0,35	0,14-0,38	< 0,3	< 0,31	< 0,3	< 0,3	< 0,32	< 0,32	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,31	< 0,31	< 0,31	10 µ g/l
Pb	mg/kg de MS	< 0,35	< 0,35	< 0,35	< 0,3	< 0,31	< 0,3	< 0,3	< 0,32	< 0,32	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,31	< 0,31	< 0,31	10 µ g/l
Sn	mg/kg de MS	< 0,35	< 0,35	< 0,35	< 0,3	< 0,31	< 0,3	< 0,3	< 0,32	< 0,32	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,31	< 0,31	< 0,31	10 µ g/l
V	mg/kg de MS	< 0,35	4,02	3,67	< 0,3	< 0,31	< 0,3	< 0,3	< 0,32	< 0,32	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,16-0,37	< 0,31	< 0,31	10 µ g/l
Zn	mg/kg de MS	1	0,94	0,82-1,06	< 0,6	< 0,62	< 0,6	< 0,6	< 0,63	< 0,63	0,5-0,7	0,91	< 0,6	< 0,61	1,1	< 0,62	20 µ g/l
Fluoranthène	mg/kg de MS					11	< 0,0003										10 µ g/l
Benzo b Fluoranthène	mg/kg de MS						< 0,00031	< 0,0003									10 µ g/l
Benzo k Fluoranthène	mg/kg de MS						< 0,00031	< 0,0003									10 µ g/l
Benzo a Pyrène	mg/kg de MS						< 0,00031	< 0,0003									10 µ g/l
Benzo ghi Pérylène	mg/kg de MS						< 0,00062	< 0,0006									20 µ g/l
Indéno 1,23,c,d Pyrène	mg/kg de MS						< 0,00062	< 0,0006									20 µ g/l
Phénols	mg/kg de MS	< 1,72	< 1,77	< 1,76		< 1,56	< 1,5										50 µ g/l
Ca	mg/kg de MS	22 496	23 722	23 609				556	1 381	526		< 30		4010		8 440	1 m g/l
Al	mg/kg de MS							11,7	47,8	44,5	0,42	0,3	0,21	69	52,3	37	3 µ g/l
Fe	mg/kg de MS		< 3,5	< 3,5		< 3,1	< 3		< 3,2	< 3,2	< 3	< 3	< 3	< 3,1		< 3,1	0,05 m g/l
Ti	mg/kg de MS					< 1,56	< 1,5					< 1,5	< 1,5				50 µ g/l
Hydrocarbures totaux	mg/kg de MS				< 6	23-25	31-37										0,1 m g/l
Sulfates	mg/kg de MS	50 374	51 953	55 639													1 m g/l
Sulfures	mg/kg de MS	11	< 0,35	< 0,35													0,5 m g/l
Mn											0,12		0,015-0,02				0,5 µ g/l

(1) L'unité retenue est le mg/kg de déchets, à l'exception des fractions solubles exprimées en %

Tableau 3 - Possibilités d'élimination de déchets considérés comme inertes selon différentes données réglementaires

ADEME

	Décharge d'inertes (All., Suisse, C.E.) (2)	Valorisation en T.P. ⁽¹⁾ (Projet de Circulaire mâchefers TP - FRANCE)	Décharge de classe 2 (Projet de Circulaire REFIOM - FRANCE)
<u>Plâtres</u> • carreau • plâtre • placo-plâtre	NON Facteurs limitants : - sulfates (All., C.E.) - sulfures (Suisse) - COT du placo- plâtre (Suisse, All.)	NON Facteurs limitants : - fraction soluble au placo-plâtre - sulfates	NON Facteurs limitants : - fraction soluble - sulfates - COT du placo- plâtre
<u>Enrobés</u> • bitume de démolition • enrobé à froid • enrobé à chaud	OUI	OUI	OUI
<u>Ciments</u> • béton de démolition • béton CPA • béton CHF • moellon "20 creux" • moellon stocké • moellon bloc	OUI	OUI	OUI
	NON en Suisse Facteurs limitants : - Al - Cr ⁶ du "20 creux"		
<u>Argiles</u> • brique perforée • brique pleine • tuiles	OUI	OUI	OUI

(1) : T.P. = Travaux Publics

(2) : Concernant la mise en décharges de déchets inertes, il est important de noter que les tests de lixiviation diffèrent d'un pays à l'autre ; les comparaisons doivent donc être effectuées avec prudence.

ANNEXE 6

**J.O. DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES
23 AVRIL 1991 : PROPOSITION DE DIRECTIVE DU CONSEIL
CONCERNANT LA MISE EN DÉCHARGE DES DÉCHETS
(extrait : critères chimiques d'admissibilité)**

REMARQUE : ces critères sont donnés à titre indicatif, car ils ne figurent plus dans la proposition modifiée directive du Conseil, du 2 juin 1994 (cf. annexe 11).

II

(Actes préparatoires)

COMMISSION

Proposition de directive du Conseil concernant la mise en décharge des déchets

(91/C 90/01)

COM(91) 102 final — SYN 335

(Présentée par la Commission le 23 avril 1991.)

Traitement des échantillons:

Dans la mesure du possible, il convient de conserver la structure originale de l'échantillon; les gros morceaux doivent être broyés. La méthode d'analyse proposée est la méthode DIN 38414-S4 (version octobre 1984) complétée et/ou simplifiée comme suit:

Il convient d'utiliser:

- un flacon en verre à large col (10 cm de diamètre)
- un flacon secoueur basculant de 180° toutes les minutes pendant 24 heures
- pour le prélèvement, il convient d'employer des seringues à filtre de 250 µl avec filtres de 0,45 µm (centrifuger)

Valeurs fixées:

Ce tableau fixe les écarts de valeurs entre lesquelles les déchets vont se situer pour la mise en décharge, en fonction de la composition de leurs éluats:

- Déchets dont la concentration des éluats est comprise entre les valeurs fixées pour les déchets dangereux. Il sont considérés comme tel pour ce qui concerne la mise en décharge.

Si les concentrations des éluats sont supérieures aux valeurs maximales fixées, les déchets dangereux doivent être traités avant la mise en décharge, à moins qu'il ne soit possible de les éliminer conjointement aux déchets municipaux. Si le traitement s'avère impossible, ils doivent être dirigés vers une monodécharge.

- Les déchets dont les concentrations des éluats ne dépassent pas les valeurs maximales fixées pour les déchets inertes sont assimilables à ces derniers.

- Les déchets dont les concentrations des éluats sont comprises dans la fourchette allant des déchets inertes à la valeur minimale pour les déchets dangereux sont considérés comme non dangereux.

		Déchets dangereux	Déchets inertes
D 1.01	valeur du pH	4—13	4—13
D 1.02	TOC	40—200 mg/l	< 200 mg/l
D 1.03	arsenic (III)	0,2—1,0 mg/l	< 0,1 mg/l
D 1.04	plomb	0,4—2,0 mg/l	le total de ces métaux doit être < 5 mg/l (*)
D 1.05	cadmium	0,1—0,5 mg/l	
D 1.06	chrome (VI)	0,1—0,5 mg/l	
D 1.07	cuivre	2—10 mg/l	
D 1.08	nickel	0,4—2,0 mg/l	
D 1.09	mercure	0,02—0,1 mg/l	
D 1.10	zinc	2—10 mg/l	
D 1.11	phénols	20—100 mg/l	< 10 mg/l
D 1.12	fluor	10—50 mg/l	< 5 mg/l
D 1.13	ammonium	0,2—1,0 mg/l	< 50 mg/l
D 1.14	chlorure	1,2—6,0 g/l	< 0,5 g/l
D 1.15	cyanure (*)	0,2—1,0 mg/l	< 0,1 mg/l
D 1.16	sulfate (*)	0,2—1,0 g/l	< 1,0 g/l
D 1.17	nitrite	6—30 mg/l	< 3 mg/l
D 1.18	AOX (*)	0,6—3,0 mg/l	< 0,3 mg/l
D 1.19	solvants (*)	0,02—0,10 mg Cl/l	< 10 µg Cl/l
D 1.20	pesticides (*)	1—5 µg Cl/l	< 0,5 µg Cl/l
D 1.21	subs. lipoph.	0,4—2,0 mg/l	< 1 mg/l

(*) Et pas une seule valeur au-delà du minimum fixé pour les déchets dangereux.

(*) Facilement libéré.

(*) Si possible < 500 mg/l.

(*) Halogènes adsorbés organiquement liés.

(*) Chlorés.

Remarques:

1. À des fins d'identification, les composants à analyser dans les éluats doivent être choisis en fonction de la composition qualitative des déchets.
2. Outre ces critères d'éluat, on détermine la teneur en amiante sur un échantillon représentatif de déchets inertes bruts, conformément aux annexes de la directive 87/217/CEE du Conseil relative à la prévention et à la réduction de la pollution de l'environnement provoquée par l'amiante.

5. Méthodes analytiques

Les méthodes ISO ou DIN suivantes sont proposées comme méthodes de référence. Toute autre méthode équivalente est également acceptée après procédure de certification basée sur l'utilisation d'un matériau de référence certifié. En cas de disparité très prononcée des résultats, les méthodes proposées sont utilisées comme références.

1.01	pH	ISO-DP 10523 ou DIN 38404-C5-84,
1.02	TOC dans éluats	DIN 38409-H3-85,
1.03	arsenic	ISO 6595-1982 ou DIN 38405-E6-81,
1.04	plomb	ISO 8288-1985 ou DIN 38406-E6-81,
1.05	cadmium	ISO 8288-1985 ou DIN 38406-E19-80,
1.06	chrome VI	ISO-DIS 9174-88 ou DIN 38405-D24-87,
1.07	cuivre	ISO 8288-1985 ou DIN 38406-E21-80,
1.08	nickel	ISO 8288-1985 ou DIN 38406-E21-80,
1.09	mercure	ISO 5666-1/3-88 ou DIN 38406-E12-80,
1.10	zinc	ISO 8288-1985 ou DIN 3840-E8-85,
1.11	phénols	ISO 6439-1990 ou DIN 38409-H16-84,
1.12	fluor	ISO-DP 10 359-1 ou DIN 38406-D4-85,
1.13	ammonium	ISO 7150-1983 ou DIN 38406-E5-83,
1.14	chlorure	ISO-DIS 9297 ou DIN 38405-D1-85,
1.15	cyanure	DIN 38405-D14-88,
1.16	sulfate	ISO-DIS 9280-1 ou DIN 38405-D5-85,
1.17	nitrite	ISO 6777-1983 ou DIN 38405-D10-81,
1.18	AOX	ISO-DIS 9562 ou DIN 38409-H14-85,
1.19	solvants chlorés ⁽¹⁾	ISO-DP 10301
1.20	pesticides chlorés ⁽²⁾	GC head-space ou GC par capillarité
1.21	subst. lipophile extract. ⁽³⁾	param. 27, directive CEE 80/778

⁽¹⁾ Nécessite 2 ml d'éluat.

⁽²⁾ Après extraction d'un litre d'éluat.

⁽³⁾ Nécessite 250 ml d'éluat; extrait de chloroforme, résultats en mg par litre de «résidus secs».

6. Procédures de contrôle: critères de compatibilité

L'élimination mixte des déchets tire normalement parti des propriétés inhérentes aux déchets urbains afin d'atténuer l'effet de certains éléments polluants et potentiellement dangereux contenus dans les déchets difficiles à traiter, de manière à permettre leur élimination sans risques pour l'environnement. Les déchets destinés à l'élimination mixte doivent être sévèrement évalués et seuls les déchets compatibles avec les déchets urbains doivent être acceptés en vue de l'élimination mixte. Une mise en décharge équilibrée des différents types de déchets est essentielle pour ne pas altérer les processus d'atténuation. Il est dès lors nécessaire de contrôler en permanence le taux de mise en décharge de déchets dangereux.

6.1. Critères généraux — Conditions préalables

Si des sites sont de nature à constituer une menace directe pour des ressources aquifères fragiles en cas de débordement, ils ne peuvent être utilisés dans le cadre de l'élimination mixte. La compatibilité d'un site pour l'élimination mixte doit être déterminée par l'autorité compétente, conformément aux exigences décrites à l'annexe I de la présente directive.

6.2. Gestion des lixiviats — Conditions préalables

Des données suffisantes doivent être disponibles pour permettre une définition sans équivoque des niveaux et de la qualité des lixiviats au sein de la masse des déchets.

Conformément aux exigences de contrôle énumérées à l'annexe IV et aux critères de compatibilité décrits ci-après, l'autorité compétente fixe des mesures spécifiques pour l'élimination mixte. Le nombre de points de contrôle prévus dans les décharges où l'on pratique l'élimination mixte varie comme suit en fonction de la surface de la zone d'exploitation:

- < 5 ha = minimum 5,
- 5—10 ha = un par hectare,
- > 10 ha = 10 + (aire, ha)^{1/2}.

ANNEXE 7

**REGLEMENTATION SUISSE
ORDONNANCE SUR LE TRAITEMENT DES DECHETS
DU 10/12/1970 (extrait)**

REGLEMENTATION SUISSE

Ordonnance sur le traitement des déchets du 10.12.1970 (extrait)

DECHETS ADMISSIBLES EN DECHARGE CONTROLEE

1. - Décharges contrôlées pour matériaux inertes

Seul est autorisé en décharge contrôlée pour matériaux inertes le stockage définitif de :

- a. Matériaux inertes au sens du chiffre 11
- b. Déchets de chantier au sens du chiffre 12.

11. - Matériaux inertes

Sont considérés comme des matériaux inertes les déchets dont il a été prouvé à l'aide d'analyses chimiques que :

- a. la matière sèche qui les compose est constituée pour au moins 95 % poids de composés minéraux tels que silicates, carbonates ou aluminates
- b. la teneur en métaux lourds n'excède pas les valeurs limites suivantes

Métaux lourds	mg/kg de déchets (matière sèche)
Cadmium	10
Cuivre	500
Mercure	2
Nickel	500
Plomb	500
Zinc	1000

- c. Lorsqu'un échantillon de déchets broyés (granulométrie maximale : 5 mm) est soumis à une extraction à l'eau avec dix fois son poids d'eau distillée, la quantité de matière dissoute n'excède pas 5 g par kilo de matière sèche.
- d. L'analyse du lixiviat des déchets révèle que les valeurs limites applicables aux substances figurant dans les tableaux suivants ne sont pas dépassées. Cette analyse consiste en deux tests distincts. Pour effectuer le test n° 1, on utilise comme agent de lixiviation de l'eau saturée en continu de gaz carbonique, pour le test n° 2 de l'eau distillée. Il n'est pas nécessaire de vérifier que sont respectées les valeurs limites pour lesquelles il a pu être prouvé, au vu de la composition et de l'origine des déchets, que leur dépassement est impossible. L'office édicte des directives sur la manière d'effectuer les tests.

Test n° 1

Substance	Valeur limite
Aluminium	1,0 mg/l
Arsenic	0,01 mg/l
Baryum	0,5 mg/l
Plomb	0,1 mg/l
Cadmium	0,01 mg/l
Chrome III	0,05 mg/l
Chrome VI	0,01 mg/l
Cobalt	0,05 mg/l
Cuivre	0,2 mg/l
Nickel	0,2 mg/l
Mercure	0,005 mg/l
Zinc	1,0 mg/l
Etain	0,2 mg/l

Test n° 2

Substance	Valeur limite
Ammoniac/ammonium	0,5 mg N/l
Cyanures	0,01 mg CN/l
Fluorures	1,0 mg/l
Nitrites	0,1 mg/l
Sulfites	0,1 mg/l
Sulfures	0,01 mg/l
Phosphates	1,0 mg P/l
Carbone organique dissous (DOC)	20,0 mg C/l
Hydrocarbures	0,5 mg/l
Composés organochlorés, lipophiles, peu volatils	0,01 mg Cl/l
Solvants chlorés	0,01 mg Cl/l
pH	6-12

12. - Déchets de chantier

Le stockage définitif de déchets de chantier en décharge contrôlée pour matériaux inertes n'est autorisé que si :

- a. les déchets ne sont pas mélangés avec des déchets spéciaux.
- b. Les déchets sont constitués pour au moins 90 % poids de pierres ou de matières minérales telles que béton, tuiles, fibrociment, verre, gravats ou déblais provenant de la réfection des routes.

ANNEXE 8

CARACTERISTIQUES DES DIFFERENTES CATEGORIES DE MACHEFERS
(annexe III de la circulaire ministérielle du 09 mai 1994
relative à l'élimination des mâchefers d'incinération des résidus urbains)

A N N E X E III

CARACTERISTIQUES DES DIFFERENTES CATEGORIES DE MACHEFERS

L'appartenance d'un lot de mâchefer à l'une ou l'autre des catégories qui suivent est fixée sur la base d'un test de potentiel polluant tel que décrit à l'annexe III de la présente circulaire appliqué à un échantillon représentatif du lot considéré.

Mâchefers à faible fraction lixiviable, dits de catégorie "V".

Les mâchefers avec une faible fraction lixiviable doivent répondre aux conditions suivantes :

Taux d'imbrûlés	<	5 %
Fraction soluble	<	5 %
Potentiel polluant par paramètre :		
Hg	<	0,2 mg/kg
Pb	<	10 mg/kg
Cd	<	1 mg/kg
As	<	2 mg/kg
Cr ⁶⁺	<	1.5 mg/kg
SO ₄ ²⁻	<	10000 mg/kg
COT	<	1500 mg/kg

Mâchefers intermédiaires, dits de catégorie "M".

Les mâchefers considérés comme intermédiaires sont les mâchefers n'apportant pas à la première catégorie et respectant les critères suivants :

Taux d'imbrûlés	<	5 %
Fraction soluble	<	10 %
Potentiel polluant par paramètre :		
Hg	<	0,4 mg/kg
Pb	<	50 mg/kg
Cd	<	2 mg/kg
As	<	4 mg/kg
Cr ⁶⁺	<	3 mg/kg
SO ₄ ²⁻	<	15000 mg/kg
COT	<	2000 mg/kg

.../...

Mâchefers avec forte fraction lixiviable, dits de catégorie "S".

Les mâchefers avec une forte fraction lixiviable présentent l'une au moins des caractéristiques suivantes :

Taux d'imbrûlés	>	5 %
Fraction soluble	>	10 %
Potentiel polluant par paramètre :		
Hg	>	0,4 mg/kg
Pb	>	50 mg/kg
Cd	>	2 mg/kg
As	>	4 mg/kg
Cr ⁶⁺	>	3 mg/kg
SO ₄ ²⁻	>	15000 mg/kg
COT	>	2000 mg/kg

Pour plus de facilité d'usage, ces 3 catégories de mâchefers pourront respectivement être dénommées par les lettres "V", "M" et "S", soit :

- mâchefers à faible fraction lixiviable ou de catégorie "V" par analogie au terme "valorisation" ;
- mâchefers intermédiaires ou de catégorie "M" par analogie au terme "maturation" ;
- mâchefers à forte fraction lixiviable ou de catégorie "S" par analogie au terme "stockage permanent".

ANNEXE 9

**UTILISATIONS ADMISSIBLES DE MACHEFERS
A FAIBLE FRACTION LIXIVIABLE
EN TECHNIQUES ROUTIERES ET ASSIMILEES
(annexe V de la circulaire précitée)**

A N N E X E V

UTILISATIONS ADMISSIBLES DE MÂCHEFERS A FAIBLE FRACTION LIXIVIABLE EN TECHNIQUES ROUTIERES ET ASSIMILEES

Les utilisations possibles en techniques routières de mâchefers à faible fraction lixiviable sont les suivantes :

- structure routière ou de parking (couche de forme, couche de fondation ou couche de base) à l'exception des chaussées réservoir ou poreuses ;
- remblai compacté d'au plus 3 mètres de hauteur, sans aucun dispositif d'infiltration, et à condition qu'il y ait en surface :
 - une structure routière ou de parking ;
 - un bâtiment couvert ;
 - un recouvrement végétal sur un substrat d'au moins 0.5 mètres ;

La mise en place de ces mâchefers doit être effectuée de façon à limiter les contacts avec les eaux météoriques, superficielles et souterraines. L'utilisation de ces mâchefers doit se faire en dehors des zones inondables et des périmètres de protection rapprochés des captages d'alimentation en eau potable ainsi qu'à une distance minimale de 30 m de tout cours d'eau. Il conviendra de veiller à la mise en oeuvre de tels matériaux à une distance suffisante du niveau des plus hautes eaux connues. Enfin, ils ne doivent pas servir pour le remblaiement de tranchées comportant des canalisations métalliques ou pour la réalisation de systèmes drainants.

Afin d'éviter le dispersement de ces matériaux, on privilégiera leur emploi dans des chantiers importants. La procédure de chantier devra permettre de réduire autant que faire se peut l'exposition prolongée de ces matériaux aux intempéries. La mise en oeuvre devra se faire avec compactage selon les procédures réglementaires ou normalisées et les bonnes pratiques dans ce domaine.

ANNEXE 10

REPARTITION DES DECHETS SELON LES DIFFERENTS SECTEURS D'ACTIVITE (CAST-INSA de LYON - 1987)

**REPARTITION DES DECHETS
SELON LES DIFFERENTS SECTEURS D'ACTIVITES**

(Extrait des documents de l'INSA de LYON)

Source " Ministère de l'Environnement "

Ces chiffres ne représentent pas forcément la réalité de la situation. Ils résultent de recoupements d'enquêtes et d'extrapolations.

	Déchets inertes	Déchets banals	Déchets spéciaux	TOTAL
Industries agricoles alimentaires	4.200	11.940	2.610	18.750
Combustible et énergie	25.300	6.080	962	32.342
Industries extractives	49.075	7.507	3.578	80.160
Matériaux de construction et verre	16.720	1.203	462	18.385
Chimie et Parachimie	1.035	945	993	2.973
Industrie méca-électrique	2.960	1.160	1.903	6.023
Industrie papier carton	35	651	27	713
Textile, habillement, chaussures	51	713	6.988	7.732
Industrie, bois et ameublement	123	1.880	62	2.045
Imprimerie, presse	21	285	28	334
TOTAL	99.520	32.344	17.593	149.457

Tous les chiffres sont donnés en milliers de tonnes par an.

ANNEXE 11

CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE

Extraits de la proposition modifiée de directive du Conseil concernant la mise en décharge des déchets - 02 juin 1994.

Annexe I : Prescriptions générales pour toutes les catégories de décharges

Annexe II : Critères et procédures d'acceptation des déchets

PROJET DE TEXTE DE LA PRESIDENCE
CONCERNANT LA PROPOSITION MODIFIEE DE DIRECTIVE DU CONSEIL
RELATIVE A LA MISE EN DECHARGE DES DECHETS

LE CONSEIL DE L'UNION EUROPEENNE,

vu le traité instituant la Communauté européenne, et notamment son article 130 S
paragraphe 1,

vu la proposition de la Commission,

vu l'avis du Comité économique et social,

statuant conformément à la procédure prévue à l'article 189 C du traité,

considérant ... ⁽¹⁾

(1) Les visas et considérants seront examinés à un stade ultérieur.

Article premier

Objectif général de la directive "Décharge"

La présente directive a pour but ⁽¹⁾ de prévoir des mesures, procédures et directives visant à prévenir ou à réduire, dans la mesure du possible, les effets négatifs sur l'environnement de la mise en décharge des déchets, et notamment la pollution des eaux de surface, des eaux souterraines, du sol et de l'air, ainsi que les risques qui en résultent pour la santé humaine.

Article 2

Définitions

Aux fins de la présente directive, on entend par :

- a) "déchet" toute substance ou tout objet qui entre dans le champ d'application de la directive 75/442/CEE ⁽²⁾ ;
- b) "déchets municipaux" les déchets ménagers ainsi que d'autres déchets qui, de par leur nature ou leur composition, se rapprochent des déchets ménagers ;
- c) [supprimé]
- d) "déchets dangereux" tout déchet entrant dans le champ d'application de la directive 91/689/CEE du Conseil du 12 décembre 1991, relative aux déchets dangereux ⁽³⁾ ;
- d bis) "déchets non dangereux" tout déchet qui n'est pas couvert par le point d) ;
- e) "déchets inertes" les déchets qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique importante. Les déchets inertes ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune autre réaction physique ou chimique, ne sont pas biodégradables et n'ont aucun effet dommageable sur d'autres matières avec lesquelles ils entrent en contact, d'une manière susceptible d'entraîner une pollution de l'environnement ou de nuire à la santé humaine. La production totale de lixiviats et la teneur des déchets en polluants ainsi que leur écotoxicité doivent être insignifiantes ;

(1) Un considérant allant dans le sens du point 8 de la résolution du Conseil du 7.05.1990 fera état de la stratégie à long terme qui doit être suivie en ce qui concerne les décharges.

(2) Une déclaration inscrite au procès-verbal exposera ce qu'implique cette définition sur le plan des exemptions (article 2 de la directive-cadre).

(3) JO n° L 377, du 31.12.1991.

PRESCRIPTIONS GENERALES POUR TOUTES LES CATEGORIES DE DECHARGES

1. Site

1. La détermination du site d'une décharge doit tenir compte d'exigences concernant :

- a) la distance entre les limites du site et les zones d'habitation ou de loisirs, les routes, les voies d'eau et plans d'eau ainsi que les sites industriels, agricoles ou urbains ;
- b) l'existence d'eaux souterraines, d'eaux côtières ou de zones naturelles protégées dans la zone ;
- c) la géologie et l'hydrogéologie de la zone ;
- d) le risque d'inondations, d'affaissements et de glissements de terrain ou d'avalanches sur le site ;
- e) la protection du patrimoine naturel ou culturel de la zone.

2. La décharge ne peut être autorisée que si à la suite d'une étude d'impact sur l'environnement éventuellement imposée par la directive 85/337/CEE, il ressort que, vu les caractéristiques du site au regard des exigences mentionnées ci-dessus ou les mesures correctives envisagées, la décharge ne présente pas de risque grave pour l'environnement.

2. Maîtrise des eaux et gestion des lixiviats

Eu égard aux caractéristiques de la décharge et aux conditions atmosphériques, des mesures appropriées sont prises, en vue :

- de limiter les quantités d'eaux dues aux précipitations s'infiltrant dans la masse des déchets mis en décharge ;
- d'empêcher les eaux de surface et/ou souterraines de s'infiltrer dans les déchets mis en décharge ;
- de recueillir les eaux contaminées et les lixiviats. Si une évaluation fondée sur l'examen du site de la décharge et des déchets à y déposer montre que la décharge ne présente pas de danger potentiel pour l'environnement, l'autorité compétente peut décider que la présente disposition ne s'applique pas ;

- de traiter les eaux contaminées et les lixiviats recueillis dans la décharge afin qu'ils atteignent la qualité requise pour pouvoir être rejetés.

Les dispositions ci-dessus peuvent ne pas s'appliquer aux décharges pour déchets inertes.

3. Protection du sol et des eaux

1. Une décharge doit être située et conçue de manière à remplir les conditions requises pour prévenir la pollution du sol, des eaux souterraines ou des eaux de surface, et pour assurer que les lixiviats sont recueillis de manière efficace, en temps opportun et dans les conditions requises, conformément au point 2. La protection du sol et des eaux souterraines doit être assurée par une barrière géologique assortie d'un revêtement de base étanche.
2. Il existe une barrière géologique lorsque les conditions géologiques et hydrogéologiques en dessous et à proximité d'une décharge offrent une capacité d'atténuation suffisante pour éviter tout risque potentiel pour le sol et les eaux souterraines.

La base et les côtés de la décharge doivent être constitués d'une couche minérale répondant à des exigences de perméabilité et d'épaisseur dont l'effet combiné, en termes de protection du sol, des eaux souterraines et des eaux de surface, est au moins équivalent à celui résultant des exigences suivantes :

- décharge pour déchets dangereux :
 $K \leq 1,0 \times 10^{-9}$ m/s ; épaisseur ≥ 5 m
- décharge pour déchets non dangereux :
 $K \leq 1,0 \times 10^{-9}$ m/s ; épaisseur ≥ 1 m
- décharge pour déchets inertes :
 $K \leq 1,0 \times 10^{-7}$ m/s ; épaisseur ≥ 1 m

Dans les cas où la barrière géologique ne répond pas naturellement aux conditions précitées, elle peut être complétée artificiellement et renforcée par d'autres moyens offrant une protection équivalente. Une barrière géologique artificielle ne doit pas avoir moins de 0,5 mètre d'épaisseur.

3. Outre la barrière géologique décrite ci-dessus, un système d'étanchéité et de récupération des lixiviats actifs doit être ajouté conformément aux principes énoncés ci-après :

Récupération des lixiviats et étanchéité à la base

CATEGORIE DE DECHARGE	non dangereux	dangereux
Revêtement étanche artificiel	requis	requis
couche de drainage > 0,5 m	requis	requis

Les Etats membres peuvent fixer des critères généraux ou spécifiques pour les décharges de déchets inertes ainsi que pour les caractéristiques des moyens techniques mentionnés ci-dessus.

Si, après examen des risques potentiels pour l'environnement, l'autorité compétente estime qu'il est nécessaire de prévenir la formation de lixiviats, un système d'étanchéité à la surface pourra être requis. Pour ce système d'étanchéité à la surface, les recommandations sont les suivantes :

CATEGORIE DE DECHARGE	non dangereux	dangereux
couche de drainage des gaz	requis	non requis
revêtement étanche artificiel	non requis	requis
couche minérale imperméable	requis	requis
couche de drainage > 0,5 m	requis	requis
couche de terre de revêtement > 1 m	requis	requis

4. Si l'autorité compétente estime, conformément au point 2 ("Maîtrise des eaux et gestion des lixiviats"), qu'il n'est pas nécessaire de recueillir et de traiter le lixiviat ou s'il a été établi que la décharge ne fait courir aucun risque potentiel au sol, aux eaux souterraines ou aux eaux de surface, les exigences indiquées aux points 2 et 3 ci-dessus peuvent être réduites en conséquence.

5. La méthode à utiliser pour la détermination du coefficient de perméabilité des décharges, sur le terrain et sur toute l'étendue du site, doit être mise au point et approuvée par le comité visé à l'article 17 de la présente directive.

4. Maîtrise des gaz

1. Des mesures appropriées sont prises afin de limiter l'accumulation et la migration des gaz de décharge (annexe III).
2. Les gaz de décharge sont collectés, traités et utilisés, sauf si l'autorité compétente en décide autrement après une évaluation environnementale.
3. La collecte, le traitement et l'utilisation des gaz de décharge au titre du point 4.2 sont réalisés de manière à réduire au maximum les préjudices ou les dégradations causés à l'environnement et les risques pour la santé humaine.

5. Nuisances et dangers

Des mesures sont prises afin de réduire les nuisances et les dangers pouvant résulter de la décharge :

- émission d'odeurs et de poussières,
- matériaux emportés par le vent,
- bruit et mouvements de véhicules,
- oiseaux, animaux nuisibles et insectes,
- formation d'aérosols,
- incendies.

6. Stabilité

Il convient de disposer les déchets sur le site de manière à assurer la stabilité de la masse de déchets et des structures associées, et en particulier à éviter les glissements. Si une barrière artificielle est établie, il faut s'assurer que le substrat géologique, compte tenu de la morphologie de la décharge, est suffisamment stable pour éviter que le tassement n'endommage éventuellement la barrière.

CRITERES ET PROCEDURES D'ACCEPTATION DES DECHETS**1. Introduction**

La présente annexe formule :

- des principes généraux applicables à l'acceptation des déchets dans les différentes catégories de décharges. La future procédure de classification des déchets devrait être basée sur ces principes ;
- des directives esquissant les procédures provisoires d'acceptation des déchets à suivre jusqu'à ce qu'une procédure uniforme de classification et d'acceptation des déchets ait été adoptée. Cette procédure, ainsi que les procédures pertinentes d'échantillonnage seront mises au point par le comité technique institué conformément à l'article 17 de la présente directive.

Ces travaux du comité technique doivent être achevés avant l'expiration d'un délai de trois ans à compter de l'adoption de la présente directive.

2. Principes généraux

La composition, la production de lixiviats, le comportement à long terme et les propriétés générales des déchets à mettre en décharge doivent être connus de façon aussi précise que possible. L'acceptation dans une décharge peut se faire par référence à des listes de déchets acceptés ou refusés, définis en fonction de leur nature et de leur origine, ou à des méthodes d'analyse des déchets et de valeurs limites pour les propriétés des déchets à accepter. Les futures procédures d'acceptation décrites dans la présente directive seront autant que possible fondées sur des méthodes normalisées d'analyse des déchets et sur des valeurs limites standardisées pour les propriétés des déchets à accepter.

Avant que ces méthodes d'analyse et ces valeurs limites ne soient définies, les Etats membres devraient au moins établir des listes nationales de déchets à accepter ou à refuser dans chaque catégorie de décharge ou définir les critères que les déchets doivent remplir pour figurer sur ces listes. Afin d'être accepté dans une catégorie particulière de décharge, un type de déchets doit figurer sur la liste nationale pertinente ou répondre à des critères analogues à ceux requis pour figurer sur cette liste. Ces listes, ou les critères équivalents, ainsi que les méthodes d'analyse et les valeurs limites doivent être adressées à la Commission dans un délai de six mois à compter de la présente transposition de la directive ou quand elles sont adoptées au niveau national.

Ces listes ou critères d'acceptation devraient être utilisés pour l'établissement des listes spécifiques aux sites, c'est-à-dire la liste des déchets acceptés précisés dans l'autorisation conformément à l'article 10 de la présente directive.

Les critères relatifs à l'acceptation des déchets sur les listes de référence ou dans une catégorie de décharge peuvent être basés sur d'autres textes législatifs et/ou sur les propriétés des déchets.

Les critères relatifs à l'acceptation dans une catégorie spécifique de décharge doivent être fondés sur des considérations concernant :

- la protection du milieu environnant (notamment, les eaux souterraines et de surface) ;
- la protection des systèmes de sauvegarde de l'environnement (par exemple, revêtements et systèmes de traitement des lixiviats) ;
- la protection des processus voulus de stabilisation des déchets dans la décharge ;
- la protection contre les risques pour la santé humaine.

Les critères fondés sur les propriétés des déchets sont, par exemple, les suivants :

- exigences relatives à la connaissance de la composition totale ;
- limitations relatives à la quantité de matière organique dans les déchets ;
- exigences ou limitations relatives à la biodégradabilité des composants organiques des déchets ;
- limitations relatives à la quantité de certains composants potentiellement nuisibles/dangereux (eu égard aux critères de protection susmentionnés) ;

- limitations relatives à la production potentielle et prévue de lixiviats de certains composants potentiellement nuisibles/dangereux (eu égard aux critères de protection susmentionnés) ;
- propriétés écotoxicologiques des déchets et du lixiviat qui en émane.

Les critères d'acceptation fondés sur les propriétés des déchets doivent en général être très précis pour les décharges pour déchets inertes et ils peuvent être moins précis pour les décharges pour déchets non dangereux et encore moins précis pour les décharges pour déchets dangereux, eu égard au niveau plus élevé de protection de l'environnement que présentent ces deux dernières catégories.

3. Procédures générales de vérification et d'acceptation des déchets

La caractérisation et la vérification générales des déchets doivent être basées sur la hiérarchie à trois niveaux ci-après :

Niveau 1 : Caractérisation de base. Il s'agit d'une détermination minutieuse, du comportement à court et à long terme du déchet en matière de production de lixiviats, et/ou de ses propriétés caractéristiques, à l'aide de méthodes normalisées d'analyse et de vérification du comportement.

Niveau 2 : Vérification de la conformité. Il s'agit d'une vérification périodique à l'aide de méthodes normalisées plus simples d'analyse et de vérification du comportement, en vue de déterminer si le déchet satisfait aux conditions de l'autorisation et/ou à des critères de référence particuliers. Les vérifications portent essentiellement sur des variables clés et sur le comportement déterminé par la caractérisation de base.

Niveau 3 : Vérification sur place. Il s'agit de méthodes de contrôle rapides visant à confirmer que le déchet est le même que celui qui a été soumis à la vérification de conformité et que celui qui est décrit dans les documents d'accompagnement. Elle peut consister en une simple inspection visuelle d'un chargement de déchets avant et après le déchargement sur le site de mise en décharge.

Un type particulier de déchet doit normalement être caractérisé au niveau 1 et répondre aux critères appropriés afin d'être accepté sur une liste de référence. Afin de continuer à figurer sur une liste spécifique à un site, un type particulier de déchet doit être vérifié au niveau 2 à intervalles réguliers (par exemple, une fois par an) et répondre aux critères appropriés. Chaque chargement de déchets arrivant à l'entrée d'une décharge doit être soumis à la vérification de niveau 3.

Certains types de déchets peuvent être exemptés à titre permanent ou temporaire de la vérification du niveau 1. La raison peut en être l'impossibilité de procéder à la vérification, l'absence de procédures de vérification et de critères d'acceptation appropriés, ou l'existence d'une législation dérogatoire.

4. Directives concernant les procédures préliminaires d'acceptation des déchets

1. Jusqu'à ce que la présente annexe soit définitivement mise au point, seule la vérification du niveau 3 est obligatoire, les vérifications des niveaux 1 et 2 s'appliquant dans la mesure du possible. A ce stade préliminaire, les déchets acceptables dans une catégorie particulière de décharge doivent soit figurer sur une liste restrictive nationale ou spécifique à un site pour cette catégorie de décharge, soit répondre à des critères analogues à ceux qui sont requis pour figurer sur la liste.

Les directives générales ci-après peuvent être utilisées pour fixer les critères provisoires d'acceptation des déchets dans les trois principales catégories de décharge ou sur les listes correspondantes :

Décharges pour déchets inertes : seuls les déchets inertes au sens de l'article 2 point e) peuvent être acceptés sur la liste.

Décharges pour déchets non dangereux : pour être accepté sur la liste, et sans préjudice des dispositions de l'article 6 point 4 sous d) de la présente directive, le déchet ne doit pas entrer dans le champ d'application de la directive 91/689/CEE du Conseil.

Décharges pour déchets dangereux : une liste approximative provisoire relative aux décharges pour déchets dangereux pourrait être établie en reprenant uniquement les types de déchets entrant dans le champ d'application de la directive 91/689/CEE ⁽¹⁾. Ces déchets ne devraient cependant pas être acceptés sur la liste sans un traitement préalable si leur teneur totale en composants potentiellement dangereux ou la production de lixiviat de ces composants sont suffisamment élevées pour constituer à court terme un risque de maladie professionnelle ou un risque pour l'environnement, ou pour empêcher une stabilisation suffisante des déchets pendant la durée de vie prévue de la décharge.

2. Liste des déchets qui ne sont pas acceptables selon l'article 6 point 4 sous d)

- les goudrons acides ;
- les solvants organiques non miscibles ou les déchets liquides contenant plus de 1 % de matières organiques non miscibles ;

(1) Une exception temporaire est prévue pour l'élimination mixte, cf. article 7 ; les critères de compatibilité pour l'élimination mixte sont fixés au niveau national par les Etats membres concernés.

- les solvants organiques miscibles avec l'eau, d'une concentration supérieure à 10 % ;
- les déchets réagissant violemment à l'eau ou aux matières organiques ;
- l'amiante (poussière ou fibres) ;
- les déchets contenant des concentrations importantes des composés suivants :
 - = PCB & PCT > 50 ppb (parties par milliard) ⁽¹⁾
 - = TCDD (tétrachlorodibenzodioxine) > 10 ppb pour l'isomère 2, 3, 7, 8
 - = PCN (polychloronaphtalènes) > 50 ppm (parties par million) total
 - = PAH (hydrocarbures aromatiques polycycle) > 20 ppm
 - = composés organométalliques (totalement exclus)
 - = hydrocarbures chlorés (y compris les chlorophénols) > 1 ppm
 - = pesticides > 2 ppm
 - = cyanure libre > 10 ppm

5. Prélèvement d'échantillons de déchets

Le prélèvement d'échantillons de déchets peut poser de sérieux problèmes du point de vue de la représentativité et des techniques, en raison de la nature hétérogène de nombreux déchets. Une norme européenne pour le prélèvement d'échantillons de déchets sera mise au point. Jusqu'à ce que cette norme soit approuvée par les Etats membres conformément aux dispositions de l'article 17, ceux-ci peuvent appliquer des normes et procédures nationales.

(1) Parties par milliard, soit $\mu\text{g}/\text{kg}$ sur extrait sec, etc.

ANNEXE 12

ANALYSES RECOMMANDEES POUR LA SURVEILLANCE CHIMIQUE ET BACTERIOLOGIQUE DES EAUX SOUTERRAINES

ANALYSES RECOMMANDEES POUR LA SURVEILLANCE
CHIMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES

- . Analyse d'eau de la nappe pour un état zéro et pour un suivi hydrochimique.
 - Analyse physico-chimique
 - . pH
 - . potentiel d'oxydo-réduction
 - . résistivité
 - . principaux anions et cations : NO_2^- , NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} ,
 K^- , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+}
 - . Métaux lourds : Hg, Cd, Cr, Zn, Cu, Pb
 - . Fer
 - Analyse bio-chimique
 - . DBO5
 - . DCO
 - Analyse bactériologique
 - . Coliformes fécaux
 - . Coliformes totaux
 - . Streptocoques fécaux
 - . Présence de salmonelles
- . Analyses particulières en cas de crainte de pollution (liste non exhaustive)
 - Hydrocarbures totaux ; cyanures
 - Hydrocarbures poly-aromatiques (HPA)
 - Phénols
 - Solvants chlorés volatils
 - Solvants non chlorés (BTX : benzène, toluène, xylène)
 - Pesticides organo-chlorés ou organo-phosphorés
 - P.C.B.

ANNEXE 13

LE RECYCLAGE EN GRANULATS DE LA FRACTION INERTE DES MATERIAUX DE DEMOLITION

**(extraits de la revue Mines et Carrières - Industrie Minérale, novembre
1992, pages 32 à 46).**

ANNEXE 13

LE RECYCLAGE EN GRANULATS DE LA FRACTION INERTE DES MATERIAUX DE DEMOLITION

Cette note consacrée au **recyclage de la fraction inerte des matériaux de démolition** s'appuie pour l'essentiel sur une étude réalisée par le Syndicat national des producteurs de granulats de recyclage, avec la participation financière de l'ADEME (ex ANRED) et publiée dans la revue "Mines et Carrières - Industrie Minérale" de novembre 1992 (pages 32 à 46), dont elle reprend de larges extraits.

1. INTRODUCTION

Démolir, c'est abattre un quartier, un immeuble, une usine, un ouvrage d'art... Le résultat, c'est un tas de matériaux de construction : béton, béton armé, briques, pierre de taille, plâtre, bois, métaux, verre, matières plastiques, céramiques, papiers... Ce tas est plus ou moins composite suivant la nature des ouvrages démolis et l'âge de leur construction.

Ces matériaux peuvent être classés en deux catégories selon leur aptitude à être déposés dans le milieu naturel avec un risque limité pour l'environnement :

- les matériaux dits inertes, qui n'évoluent pas dans le temps (béton, brique, tuile, pierre, verre, céramique),
- les matériaux qui évoluent dans le temps ou qui représentent une gêne visuelle pour l'environnement (plâtre, bois, papier, carton, métal, matières synthétiques).

Quatre possibilités permettent d'évacuer l'ensemble de ces matériaux :

- la décharge de résidus urbains (C.E.T. de classe II), la plus simple et la plus commode puisqu'elle est apte, réglementairement et techniquement, à recevoir pratiquement tous les matériaux de démolition,
- l'incinération des produits inflammables ; papier, carton, bois, plastiques,

- la décharge de résidus inertes,
- le recyclage, axé sur la fabrication de granulats.

Les trois dernières possibilités ne sont opérationnelles que si l'on procède à un tri préalable et parmi celles-ci, notamment pour les matériaux dits inertes, le recyclage est sans doute la filière la plus contraignante.

2. ASPECT ECONOMIQUE

En 1991, on recensait, en France, une vingtaine de sociétés productrices de granulats de recyclage à partir de matériaux de démolition. La taille des installations reste relativement modeste, avec une production moyenne annuelle de l'ordre de 100 000 tonnes, comprise entre 30 000 et 300 000 tonnes.

Le secteur de la démolition qui alimente en grande partie les installations de recyclage produit, annuellement, de 20 à 25 millions de tonnes de gravats renfermant 10 à 15 millions de tonnes de matériaux recyclables. Pratiquement 20 à 30% de ce potentiel sont transformés actuellement en granulats. Ce sous-emploi s'explique par deux facteurs :

- **un facteur temps** : le délai moyen d'un chantier de démolition est d'un mois, ce qui ne permet pas toujours l'utilisation d'une technique de démolition sélective, ni la préparation des matériaux. En effet, le réemploi des matériaux de démolition pour la fabrication des granulats nécessite une préparation spéciale : tri par nature de matériau et calibrage des éléments, notamment pour un recyclage à partir de centrales mobiles,
- **un facteur distance** : les matériaux de démolition sont souvent évacués vers le lieu le plus proche du chantier, qui peut être un site de recyclage, ou une décharge malgré le caractère payant de celle-ci.

2.1. NATURE DES MATERIAUX RECYCLES

Les producteurs ont une politique de sélection des matériaux de démolition à la réception, les matériaux refusés étant mis en décharge par les entreprises de démolition. Cette notion de qualité est fondée sur deux critères : la propreté et l'homogénéité, ce qui permet de distinguer cinq catégories de matériaux :

- le béton propre, armé ou non, sans enduit ni plâtre,
- les matériaux propres, mais composites (enrobés, briques, tuiles, graves, pierres et blocs rocheux...),
- les matériaux mélangés, avec une faible teneur en plâtre et en bois (maçonnerie, béton armé...),
- les mauvais matériaux, avec une teneur en bois et en déchets supérieure à 10% (maçonnerie, béton armé...),
- les autres (matériaux terreux...).

Généralement, les matériaux réceptionnés sont stockés selon leur qualité et leur facilité de traitement. Ils sont composés à plus de 90% de matériaux propres et à 60% de bétons propres.

2.2. PRODUCTION

En 1990, la production française de granulats recyclés à partir de matériaux de démolition a été de 3 000 000 de tonnes environ, représentant 25% de la production de granulats non issus de carrières (schistes houillers + laitiers + démolition), et 0,75% seulement de la production totale de granulats (404 millions de tonnes).

Les zones de production sont les grandes agglomérations qui sont susceptibles d'offrir un potentiel régulier de matériaux de démolition. Ainsi, on constate une très forte concentration de cette activité en Ile de France (65% de la production nationale), les autres régions concernées étant le Nord, avec la reconversion des friches industrielles et, dans une moindre mesure, l'Alsace et la région Rhône-Alpes.

2.3. UTILISATION

Les granulats de recyclage ont deux types d'emploi :

- 75 à 80% sont employés en l'état (sables gravillons, graves ou cailloux),
- 20 à 25% sont utilisés dans la fabrication de graves traitées au liant hydraulique (sables, gravillons, graves 0/20 mm).

La consommation de ces matériaux dans la construction de bâtiments (radiers, bétons de fondation...) n'est pas significative. Ils sont destinés essentiellement à la réalisation d'ouvrages de génie civil, notamment les VRD, canalisations, chaussées à faible ou moyenne circulation, pistes diverses...

2.4. CONDITIONS ECONOMIQUES DE RENTABILITE

Le coût d'élaboration des granulats recyclés est supérieur à celui des granulats naturels. En moyenne, à qualité égale, la différence est de l'ordre de 10 à 12 francs à la tonne et résulte de deux principaux facteurs :

- d'une part, la nécessité d'adjoindre aux fonctions traditionnelles de concassage-criblage, un certain nombre d'opérations, destinées à faciliter le traitement des matériaux et à améliorer la qualité des produits finis, notamment :
 - . le stockage sélectif des matériaux réceptionnés,
 - . la préparation avant concassage (réduction du volume des gros éléments, cisailage des ferrailles...),

- . en cours d'élaboration, le déferrailage (magnétique) ainsi que les tris manuels et mécaniques (épurateur, tables densimétriques) des papiers, des bois et des plastiques,
- d'autre part, l'efficacité moindre des matériels d'une installation de recyclage par rapport à celle d'une installation de granulats naturels.

Le recyclage des matériaux de démolition s'effectue en zone urbaine ou périurbaine, c'est-à-dire dans, ou à proximité immédiate, des grands centres de consommation de granulats.

En conséquence, le prix rendu sur les lieux d'utilisation des matériaux recyclés est très voisin du prix au départ de l'installation, ce qui n'est pas le cas, généralement, des granulats naturels qui doivent supporter un transport plus ou moins long.

L'égalité des prix est satisfaite pour un transport de granulats naturels sur une distance de l'ordre de 20 kilomètres. La règle de compétitivité peut se traduire de la façon suivante, à prix égal rendu sur le chantier de mise en oeuvre :

- les granulats recyclés supportent un surcoût, au départ de l'installation, qui correspond à une distance de transport de 20 km, environ,
- ce qui revient à dire que les granulats naturels bénéficient d'une possibilité de transport supplémentaire de 20 km, environ.

Cependant, il s'agit d'un ordre de grandeur car les prix départ des granulats varient d'une région à une autre. D'autre part, les conditions de circulation dans certaines agglomérations peuvent conduire à calculer les coûts de transport non seulement en fonction de la distance parcourue, mais aussi en fonction du temps écoulé.

Ainsi, la différence de coût constatée au niveau de l'élaboration peut être plus ou moins compensée par l'économie faite au niveau du transport, de telle sorte que, sous certaines conditions, les granulats de recyclage sont économiquement compétitifs.

RETOMBEES INDIRECTES DU RECYCLAGE

Pour les entreprises de démolition, l'activité recyclage représente deux possibilités d'économie :

- sur le transport, l'économie peut être totale si l'installation de recyclage est mobile et montée sur le chantier. Elle sera partielle, voire nulle dans le cas d'un transport vers une installation fixe,
- sur la mise en décharge, elle pourra être totale ou partielle selon que les matériaux sont réceptionnés à titre gratuit ou onéreux.

Dans tous les cas, ces économies peuvent conduire à une diminution du coût de l'opération "démolition" et, dans le cas d'un recyclage intégré, venir en diminution du coût d'élaboration des granulats produits, rendant ceux-ci plus compétitifs.

Cependant, le recyclage mobile peut s'avérer très contraignant car il impose une commercialisation rapide des matériaux qui ne doivent pas rester stockés sur place au-delà de la durée du chantier. Or, les centrales mobiles n'ont pas une capacité de traitement comparable à celle des centrales fixes. Elles nécessitent une plus grande préparation des matériaux de démolition (calibrage) et ne fabriquent généralement qu'un seul produit (graves 0/40, 0/80...).

Selon la profession, le déplacement et l'installation d'un ensemble de recyclage mobile n'est économiquement envisageable que pour les chantiers de démolition importants, de 30 000 tonnes au minimum.

3. ASPECT TECHNIQUE

Les normes et les spécifications techniques qui déterminent les possibilités d'utilisation des granulats de recyclage sont les mêmes que pour les granulats naturels :

- norme P 18-101, en ce qui concerne les granulats pour chaussées,
- norme P 18-541, en ce qui concerne les granulats pour bétons.

Pour être utilisés dans les domaines routiers (couche de roulement, couche de base, couche de fondation, ouvrage d'art), les granulats doivent satisfaire aux caractéristiques mécaniques et de fabrication définies par le Ministère des Transports.

Ces spécifications prennent en compte trois critères :

- l'importance du trafic (de < T5, trafic le plus faible à > T0, trafic le plus élevé),
- la position des couches dans la chaussée,
- la technique de traitement (graves non traitées ou traitées aux liants hydrauliques, enrobés, etc...).

Deux essais principaux permettent d'évaluer la qualité des granulats :

- l'essai Los Angeles, qui mesure la résistance à la fragmentation,
- l'essai Micro-Deval en présence d'eau, qui mesure la résistance à l'usure.

A partir des valeurs obtenues, les granulats sont classés en 6 catégories, de qualité décroissante (A, B,...F).

Pour être utilisés dans les bétons, outre les spécifications de la norme 18-541, les granulats ne doivent pas contenir de fortes teneurs en matières organiques, sulfates, sulfures, chlorures, ainsi que certaines formes de silice ou silicate, substances susceptibles de nuire à la qualité du béton (corrosion des armatures, gonflement, fissuration) et donc à la résistance de celui-ci.

CARACTERISTIQUES ET DOMAINES D'UTILISATION DES GRANULATS DE RECYCLAGE

D'après leurs caractéristiques, les granulats de recyclage rentrent en majorité dans les catégories D et E, ce qui limite leurs possibilités d'utilisation aux couches de base et de fondation des chaussées, avec une étude particulière pour les trafics supérieurs à T2, ainsi qu'aux couches de liaison de bétons bitumineux pour des chaussées à trafic inférieur à T3.

Mais, compte-tenu de l'hétérogénéité des matériaux de construction, et malgré les sélections pratiquées, les granulats de recyclage sont susceptibles de présenter des variations mécaniques, physiques ou chimiques. Cette absence de régularité dans la qualité limite souvent les possibilités d'utilisation aux catégories E et F, les plus médiocres.

En ce qui concerne les bétons, l'emploi des granulats de recyclage se heurte à la caractérisation des teneurs en sulfates et en sulfures. Toutefois, il apparaît que la connaissance de la teneur globale en sulfates n'est pas suffisante et des études sont menées pour déterminer :

- la répartition des sulfates dans les différentes fractions granulométriques,
- la mise au point d'un test semi-quantitatif mesurant les teneurs en sulfates,
- les seuils critiques de teneur en sulfates,
- les domaines d'utilisation des granulats.

4. ASPECT REGLEMENTAIRE

Les unités de recyclage des matériaux de démolition sont justiciables, comme toutes les industries, de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement.

Les unités de production de granulats sont analogues aux installations de broyage-concassage existantes sur les sites de carrières, et, comme celles -ci relèvent donc des rubriques 89 bis et 89 ter de la nomenclature des installations classées.

5. PERSPECTIVES

Malgré une évolution ascendante de la production, le développement du recyclage de la fraction inerte des matériaux de démolition n'est pas acquis. En effet, la différence entre granulat "neuf" et granulat "ancien" est principalement d'ordre économique. Pour que l'utilisation des granulats de recyclage s'accroisse, il faut que celle-ci ne soit pas plus coûteuse que l'utilisation des matériaux naturels.

A cet égard, ce sont les grandes métropoles qui offrent les conditions les plus favorables :

- approvisionnement en matériaux de démolition abondant et régulier,
- consommation de granulats importante, avec des sources d'approvisionnement en granulats naturels souvent éloignées,
- coût de mise en décharge élevé.

Dans ce contexte, le recyclage peut être rentable, d'autant plus qu'il permet :

- d'économiser une matière première d'accès souvent difficile aux environs des grandes métropoles,
- de réduire l'encombrement des décharges de résidus urbains,
- de réduire, au moins partiellement, le transport en milieu urbain ou périurbain.

Ailleurs, où le potentiel de recyclage est plus ou moins diffus, des solutions techniques sont envisageables, mais les risques d'échecs sont importants :

- le recyclage par une installation mobile, outre le fait qu'il nécessite des chantiers de démolition importants (30 000 tonnes au minimum), présente des difficultés au niveau de la commercialisation des produits, pour plusieurs raisons :
 - . compétitivité souvent moins favorable que dans les grandes métropoles,
 - . délais d'évacuation des matériaux courts (durée du chantier),
 - . offre des produits se situant en marge des circuits organisés,
- le recyclage par une installation fixe collectant les matériaux de démolition sur une vaste aire géographique (la moitié d'un département, par exemple) est réalisable techniquement mais plus incertaine sur le plan économique car le coût de collecte doit être plus attractif que le coût de mise en décharge. Ainsi, pour un chantier de démolition situé à 50 km de l'installation de recyclage, le coût de mise en décharge, pour être dissuasif, devrait être supérieur au coût du transport à l'installation et s'élever, au minimum à 50 F/m³ (à majorer, le cas échéant, d'une réception à titre onéreux correspondant à la préparation des matériaux).

FACTEURS DE DEVELOPPEMENT DE LA FILIERE RECYCLAGE

Le développement de la réutilisation des matériaux de démolition repose principalement sur la rentabilité économique de l'opération. Pour favoriser ce développement, des mesures sont envisageables mais peuvent avoir des effets secondaires allant à l'encontre des objectifs recherchés :

- la hausse des coûts de réception dans les installations de recyclage repositionne la mise en décharge qui devient plus attractive,
- le réajustement de l'incitation au recyclage par l'augmentation du coût de la mise en décharge accroît les risques de multiplication des dépôts sauvages.

Par ailleurs, deux facteurs devraient, à moyen terme, contribuer à développer le recyclage :

- l'augmentation plus rapide du coût rendu des granulats naturels liée à la prise en compte des données environnementales de plus en plus contraignantes,
- la diffusion de nouvelles pratiques dans la démolition, orientées vers une technique de "déconstruction" adaptée à la récupération sélective des matériaux potentiellement valorisables. En effet, le tri effectué par le démolisseur en amont de l'installation de production de granulats recyclés, ne peut que concourir à améliorer l'efficacité du matériel et faciliter le suivi de la qualité de la fabrication. Cette option pourrait être prévue dans les appels d'offres de démolition.

PROMOTION DU RECYCLAGE

La promotion du recyclage de la fraction inerte des matériaux de démolition se situe à trois niveaux :

- **au niveau des producteurs** qui, compte-tenu de l'hétérogénéité des matériaux de démolition, doivent parvenir à maîtriser parfaitement leur fabrication, de façon à proposer sur le marché des granulats de qualité(s) homogène(s) et régulière(s),
- **au niveau des pouvoirs publics**, qui, en tant que prescripteurs de la filière, poursuivent deux objectifs :
 - . une réduction de la production de granulats naturels, consommatrice d'espaces souvent en concurrence avec d'autres occupations du sol,
 - . un réemploi optimal des matériaux inertes qui sont évacués dans des sites de décharges alors que ceux-ci sont de plus en plus difficiles à renouveler du fait des contraintes environnementales et de l'opposition quasi systématique des populations.

L'action de promotion par les pouvoirs publics peut s'exercer suivant quatre voies :

- . inciter les détenteurs de déchets de démolition à approvisionner en priorité les unités de recyclage avec des matériaux homogènes ; pour l'ADEME, cette incitation repose notamment sur la création d'une taxe sur la mise en décharge,
 - . mener des campagnes d'information et de sensibilisation sur les filières de recyclage de l'ensemble des matériaux de démolition,
 - . aider à la certification des produits recyclés,
 - . participer au développement des techniques de "déconstruction", de tri et de recyclage des matériaux de démolition,
- **au niveau des collectivités** qui, de par leurs compétences, sont à même d'intervenir dans trois domaines :
- . *l'approvisionnement des unités de recyclage* : la délivrance d'un permis de démolir peut être assorti d'une clause prescrivant des recommandations relatives à la destination des matériaux de démolition,
 - . *le développement des sites de recyclage* : les collectivités, notamment les collectivités territoriales, sont à même d'aider et de planifier la mise en place d'unités de recyclage,
 - . *l'ouverture des marchés de travaux aux granulats recyclés* : outre les collectivités, l'ensemble des maîtres d'ouvrage et maîtres d'oeuvre, publics et privés, ont la possibilité de favoriser l'utilisation des granulats recyclés en proposant systématiquement une variante "granulats de recyclage" dans les appels d'offres.

6. CONCLUSION

Le développement du processus de recyclage de la fraction inerte des matériaux de démolition repose sur la promotion de projets économiquement viables, des projets construits non pas sur la recherche d'opportunités, mais sur l'étude des conditions susceptibles d'assurer la compétitivité de l'installation (proximité des centres de consommation, possibilité d'une collecte régulière d'une matière première sélectionnée et peu éloignée, compétence technique dans les granulats pour une bonne intégration dans les circuits de commercialisation). Ceci suppose :

- une action de promotion visant à diffuser auprès des maîtres d'ouvrage et des maîtres d'oeuvre les possibilités d'utilisation, sans risques, de ces granulats de recyclage,
- des mesures d'accompagnement de types réglementaire et incitatif,
- une parfaite intégration dans le milieu environnant pour que la filière recyclage ne puisse être assimilée, aux yeux de la population, à un traitement de déchets, au risque, à terme, d'être rejetée loin des grands centres urbains et d'être privée, ainsi, d'un atout économique important.

ANNEXE 14

**TYPOLOGIE DES CARRIERES DE FRANCHE-COMTE
10 FICHES SIGNALETIQUES**

GRAVIERES EN LIT MAJEUR DES RIVIERES

MATERIAU

Mélange de sables, graviers, galets en proportions variables. Grave naturelle 0/40 à 0/100 mm, la granulométrie étant en général de moins en moins grossière d'amont en aval.

UTILISATION

Granulats

FORMATION GEOLOGIQUE

Alluvions fluviatiles quaternaires récentes des basses plaines alluviales des principaux cours d'eau (H) ; siliceuses, calcaires ou silico-calcaires suivant la nature des roches du bassin versant ; épaisseur de quelques m à 15 m, sous 0,50 m à 4 m de découverte argilo-limoneuse. Substratum de nature très variable.

HYDROGEOLOGIE

Formations généralement très perméables (perméabilité de l'ordre de 1.10^{-3} m/s) ; nappes à faible profondeur (1 à 2 m), en relation hydrodynamique avec les nappes des roches encaissantes, lorsque celles-ci sont perméables (calcaires, grès...).

INTERET ET VULNERABILITE DES AQUIFERES

Aquifères productifs à très productifs ($30 \text{ m}^3/\text{h}$ à $300 \text{ m}^3/\text{h}$), très sollicités (nombreux puits de captage) pour l'alimentation en eau potable des collectivités ; vulnérables, exposés aux pollutions chimiques ; filtration et épuration bactériologique variables selon la granulométrie.

CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES CARRIERES

Superficie variable, de quelques hectares à plusieurs dizaines d'hectares ; profondeur assez faible, le plus souvent inférieure à 10 m, correspondant généralement à l'épaisseur des alluvions (exploitation jusqu'au toit du substratum).

ETAT HYDRIQUE

Carrières noyées par la nappe sur la plus grande partie, voire parfois sur la totalité (notamment en période de hautes eaux) de l'épaisseur des alluvions sablo-graveleuses.

NOMBRE

Relativement important (quelques dizaines) ; gravières dispersées le long des principales rivières (Saône, Doubs, Ognon, Lanterne, Rahin, Savoureuse, Seille...), plus rarement concentrées (interfluve Rahin-Ognon).

EXEMPLES TYPES

Gravières de SAINT-VIT (25) dans la vallée du Doubs, en aval de BESANCON, ou gravières des environs de LURE (70) dans les alluvions de l'Ognon et du Rahin.

OBSERVATIONS PARTICULIERES

Ces gravières s'inscrivent dans un milieu très sensible, dans lequel se superposent ou se confondent diverses ressources naturelles (eau, matériaux, espaces agricoles, biotopes...) et où les impacts s'enchaînent ; en particulier, les comblements de carrières inconsidérés, dans les zones exploitées intensivement, peuvent avoir des conséquences dommageables sur la productivité de l'aquifère, l'épuration des eaux, la régulation hydraulique d'une section de vallée.

<p style="text-align: center;">GRAVIERES OU SABLIERES DANS LES FORMATIONS PLIO-QUATERNAIRES</p>
--

MATERIAU

Sables plus ou moins grossiers ou mélange de sables, graviers, galets, à matrice sableuse ou sablo-argileuse plus ou moins développée.

UTILISATION

Tout-venant de viabilité.

FORMATION GEOLOGIQUE

Niveaux sableux, sablo-graveleux, ou à galets (cailloutis) interstratifiés dans le complexe des formations plio-quaternaires de la Bresse (G2) et cailloutis pliocène de la région du Sundgau (G3).

Epaisseur variable, souvent recouverts de sédiments fins argileux ou argilo-sableux.

HYDROGEOLOGIE

Formations moyennement perméables (perméabilité de l'ordre de 10^{-4} m/s) aquifères ou non selon la topographie, la perméabilité du substratum et les possibilités de drainage naturel ; en relation hydrodynamique avec les nappes alluviales des vallées, en pied de versant.

INTERET ET VULNERABILITE DE L'AQUIFERE

Productivité de quelques m^3/h à $50 m^3/h$; formations filtrantes et bactériologiquement épuratrices souvent recouvertes de sédiments fins limoneux ou argilo-sableux ; en l'absence d'une telle couverture protectrice, sensibilité aux pollutions chimiques.

CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES CARRIERES

Carrières de faible envergure en général (superficie inférieure à 5 ha, hauteur de quelques mètres). La plupart des excavations correspondent à des prélèvements effectués épisodiquement souvent sans autorisation pour les besoins de la commune.

ETAT HYDRIQUE

Généralement hors d'eau mais avec humidité ou suintements possibles en fond de carrière lorsque celui-ci s'approche ou atteint le substratum argileux.

NOMBRE

Carrières assez nombreuses, surtout dans la Bresse, toutes abandonnées et la plupart de très faible envergure.

EXEMPLES TYPES

- Carrières de VILLERS-ROBERT (G2) : cailloutis de la Forêt de Chaux.
- Carrière de FAVEROIS (G3) : cailloutis du Sundgau.

GRAVIERES DES TERRASSES FLUVIO-GLACIAIRES

MATERIAU

Mélange de sables, graviers, galets et petits blocs calcaires avec parfois passages de niveaux essentiellement sableux ; grave naturelle 0/60 à 0/150 mm, hétérométrique.

UTILISATION

Granulats.

FORMATION GEOLOGIQUE

Alluvions d'origine fluvio-glaciaire, à caractère deltaïque, triées et stratifiées, résultant du remaniement et du lessivage des dépôts glaciaires morainiques par les eaux de fonte des glaciers ; localisées principalement dans les vallées de l'Ain et de la Bienne, ainsi que dans la région d'ORGELET (E2, F) ; épaisseur variable (quelques mètres à plus de 20 mètres) sous une découverte mince (quelques dm de terre végétale plus ou moins caillouteuse) ; substratum argileux (argiles varvées glacio-lacustres) dans la vallée de l'Ain et la région d'ORGELET, de nature variable, mais le plus souvent calcaire dans la vallée de la Bienne.

HYDROGEOLOGIE

Formations perméables, en grande partie hors d'eau, mais parfois aquifères à la base, alimentant des sources (vallée de l'Ain) ou en continuité avec le réservoir des alluvions récentes qu'elles dominent (vallée de la Bienne).

INTERET ET VULNERABILITE DES AQUIFERES

Aquifères peu épais (base de la formation) et peu productifs, alimentant quelques sources (dont certaines captées) à faible débit, en bordure de la vallée de l'Ain, ou en relation avec la nappe des alluvions récentes (vallée de la Bienne, région de CROTENAY) ; filtrants et bactériologiquement épurateurs mais risque de pollution chimique important en raison de la quasi absence de couverture argileuse ou limoneuse protectrice.

CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES CARRIERES

- Carrières à flanc de coteau : hauteur variable, de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres (dépôt fluvio-glaciaire adossé au versant).
- Carrières en fosses sur terrasses : profondeur variable de quelques mètres à une douzaine de mètres ; superficie également variable, de 1 ha à une trentaine d'ha.

ETAT HYDRIQUE

Carrières le plus souvent hors d'eau ou humides dans le fond ; parfois creusées jusqu'à quelques mètres sous le niveau de la nappe (CROTENAY).

NOMBRE

Assez nombreuses dans les vallées de l'Ain et de la Bienne ; beaucoup sont abandonnées.

EXEMPLES TYPES

- CROTENAY (39) : carrière en terrasse, partiellement en eau,
- LARGILLAY-MARSONNAY (39) : carrière à flanc de coteau.

GRAVIERES DE LA PLAINE DE PONTARLIER

MATERIAU

Mélange de sables, graviers, galets de nature essentiellement calcaire ; fraction argileuse toujours présente en proportion variable ; ensemble hétérométrique, très mal trié avec imbrication de niveaux lenticulaires de granulométrie très variable ; le matériau le plus représentatif est une grave naturelle 0/70 mm comprenant 20% d'éléments 0/5 mm et 30% d'éléments supérieurs à 20 mm.

UTILISATION

Granulats.

FORMATION GEOLOGIQUE

"Cône" de déjection fluvio-glaciaire formant une vaste plaine (plaine de PONTARLIER ou plaine de l'Arlier) à l'Ouest et au Nord-Ouest de PONTARLIER (F), au débouché de la cluse du Doubs entre cette rivière et le Drugeon ; la topographie de la nappe d'épandage est à peu près plane, faiblement et régulièrement pentée (pente de 0,35% d'Est en Ouest). L'épaisseur des alluvions grossières varie de quelques mètres à près de 30 mètres (sous la zone industrielle de PONTARLIER), sous quelques dm de terre végétale plus ou moins caillouteuse. Le substratum est marneux (dépôt glacio-lacustre) sur la plus grande partie de la plaine, calcaire (Hauterivien), en bordure externe de celle-ci.

HYDROGEOLOGIE

Perméabilité élevée ($1,5 \cdot 10^{-3}$ à $2,6 \cdot 10^{-2}$ m/s) ; nappe à faible profondeur (1 m à 2 m) dans les parties externes du "cône" d'épandage, plus profonde (jusqu'à 7 m dans la partie centrale où l'altitude du terrain naturel est plus élevée ; fluctuation du niveau de la nappe de l'ordre de 1 m au Sud et à l'Est, pouvant atteindre 2,50 m dans les parties centrale et septentrionale.

INTERET ET VULNERABILITE DE L'AQUIFERE

Aquifère productif (30 à 100 m³/h) activement exploité (6 puits existants, nouveaux puits projetés) pour l'alimentation en eau potable des collectivités (PONTARLIER et communes voisines) ; très vulnérable en l'absence de couverture argileuse ou limoneuse protectrice ; filtration et épuration bactériologique, mais exposition aux risques de pollutions chimiques.

CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES CARRIERES

Superficie de quelques hectares à 20 hectares environ ; profondeur 3/4 m (carrières hors d'eau) à 6/8 m (carrières en eau).

ETAT HYDRIQUE

Carrières hors d'eau mais à fond humide (proximité de la nappe) dans la partie centrale de la plaine ; noyées dans la nappe en bordure externe du cône d'alluvions.

NOMBRE

3 carrières autorisées, dont une hors d'eau ; 5 carrières abandonnées, dont une hors d'eau.

EXEMPLES TYPES

- VUILLECIN (gravière en eau),
- DOMMARTIN (carrières hors d'eau).

OBSERVATIONS PARTICULIERES

La plaine de PONTARLIER est une zone très sensible, où la nappe est mal protégée et où règne un conflit permanent résultant de la concomitance de l'exploitation de la ressource en eau et de la ressource en granulats (pratiquement la seule ressource en matériaux alluvionnaires de la région).

GROISIERES

MATERIAU

Eboulis calcaire à éléments anguleux et matrice argilo-sableuse.

UTILISATION

Tout-venant de viabilité.

FORMATION GEOLOGIQUE

"Groise" est le nom donné, dans la région (E2, F), à des éboulis calcaires calibrés qui se sont formés au Quaternaire, sous climat périglaciaire et se sont accumulés au pied des falaises dont ils sont issus et qu'ils masquent en partie. Adossés au pied des falaises, ils reposent le plus souvent sur des terrains marneux (marnes liasiques ou oxfordo-argoviennes). Ce mode de dépôt explique que l'épaisseur de la groise varie très rapidement dans le sens perpendiculaire au versant : de 0 m à l'aval à plusieurs dizaines de m parfois à l'amont, au pied même de la falaise.

HYDROGEOLOGIE

Formation perméable, généralement sèche, mais masquant souvent des émergences karstiques qui prennent naissance au contact des calcaires et des marnes sous-jacentes imperméables et qui circulent à la base des éboulis avant d'apparaître au jour au pied de ceux-ci.

INTERET ET VULNERABILITE DES AQUIFERES

Du fait de la morphologie des dépôts et de leur situation élevée par rapport au niveau de base hydrographique, les groises ne sont pas des réservoirs aquifères et, du fait de leur perméabilité, ne constituent pas une protection efficace pour les eaux souterraines susceptibles de circuler à leur base (cf. paragraphe précédent) ; filtration et épuration aléatoire ; sensibilité aux risques de pollution chimique.

CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES CARRIERES

Quelques carrières d'assez grande envergure, allongées parallèlement au versant, au front de taille haut, parfois de plus de 20 m, mais d'extension latérale limitée. Une grande partie des excavations, de dimensions modestes, correspond à des prélèvements de matériaux de viabilité effectués épisodiquement (et souvent sans autorisation) pour les besoins de la commune.

ETAT HYDRIQUE

Carrières généralement hors d'eau, parfois humides au fond lorsque le substratum marneux est atteint ou très proche.

NOMBRE

Les carrières de groises sont nombreuses, la plupart de faible envergure et presque toutes abandonnées.

EXEMPLE TYPE

- ORNANS (25),
- PONT DE ROIDE (25).

OBSERVATIONS PARTICULIERES

Les carrières de groises situées généralement à flanc de coteaux, en milieu boisé, agressent le paysage (visibles de loin). Elles constituent des lieux de prédilection pour les décharges sauvages.

CARRIERES D'ARGILES

MATERIAU

Argiles plus ou moins silteuses ou sableuses.

UTILISATION

Matière première pour produits de terre cuite : tuiles, poterie horticole.

FORMATION GEOLOGIQUE

Complexe des formations plio-quaternaires de la Bresse (G2), caractérisé par une alternance de niveaux sableux (plus ou moins grossiers, parfois caillouteux), silteux et argileux interstratifiés. Stratification à caractère lenticulaire entraînant des variations de faciès très rapides tant horizontalement que verticalement. Les niveaux argileux ont une épaisseur variable mais jamais importante (inférieure à 10 m).

HYDROGEOLOGIE

Couches peu perméables, jouant le rôle d'écrans dans l'ensemble sablo-argileux aquifère.

INTERET ET VULNERABILITE DE L'AQUIFERE

Pas d'aquifère dans les argiles imperméables qui concourent à la protection des aquifères sous-jacents contre les infiltrations polluées.

ETAT HYDRIQUE

Variable selon la position topographique et la géométrie de la carrière, c'est-à-dire les possibilités de drainage naturel. Exposition aux ruissellements sur les parois et faculté de rétention de l'eau.

NOMBRE

Carrières peu nombreuses, uniquement dans le département du Jura.

EXEMPLE TYPE

- COMMENAILLES (39) (tuilerie).

OBSERVATIONS PARTICULIERES

Il y a un siècle, un très grand nombre (132 tuileries en activité recensées en 1864 dans le département du Doubs) de tuileries-briqueteries fonctionnaient de façon épisodique et artisanale pour satisfaire, chacune, les besoins de quelques villages. Les "carrières" n'étaient généralement que de simples excavations superficielles (hauteur 1 à 3 m), de faible extension, qui, après leur abandon, ont été remblayées et/ou colonisées par la végétation, de telle sorte que la plupart des lieux d'extraction ont disparu du paysage.

CARRIÈRES DE MARNES

MATERIAU

Marnes, marnes sableuses, argiles carbonatées.

UTILISATION

Matière première pour produits de terre cuite : tuiles et briques.

FORMATION GEOLOGIQUE

- Marnes oligocènes du Sundgau (G3), le plus souvent recouvertes par le cailloutis pliocène du Sundgau, lui-même recouvert de limons loessiques.
- Marnes de l'Oxfordien inférieur, intercalées entre les calcaires du Malm (Jurassique supérieur) et les calcaires du Dogger (Jurassique moyen) affleurant de façon plus ou moins sporadique dans les plateaux (E1, E2) et dans les collines préjurassiennes (C1, partie orientale).
- Marnes triasico-liasiques (Jurassique inférieur, ou Lias, Keuper, Muschelkalk inférieur) affleurant largement dans la dépression périvosgienne (B3), la partie occidentale des Avant-Monts (C2) et le Vignoble (D2).

Formations généralement épaisses (plusieurs dizaines de mètres), plus ou moins altérées en surface.

HYDROGEOLOGIE

Très faible perméabilité ; les eaux de pluies ruissellent en surface ou s'infiltrent dans les premiers mètres de marne altérée et circulent à la limite marne altérée - marne saine (circulation "sous-cutanée").

INTERET ET VULNERABILITE DES AQUIFERES

Pas d'aquifère dans les terrains marneux qui jouent le rôle d'écran protecteur efficace vis-à-vis des réservoirs aquifères sous-jacents (calcaires du Jurassique ou du Muschelkalk supérieur, grès du Trias inférieur).

NOMBRE ET CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES CARRIERES

Exploitations en butte (à flanc de coteau) ou en fosse. Les carrières de grande envergure (superficie supérieure à 5 ha, hauteur supérieure à 10 m) sont extrêmement rares et correspondent à des exploitations en activité ou abandonnées récemment.

On exploitait jadis les marnes pour amender les sols. Les "carrières" (ou marnières), assez nombreuses, n'étaient que simples excavations, de faible envergure. Abandonnées depuis longtemps, la plupart d'entre elles se sont fondues dans le paysage.

ETAT HYDRIQUE

Variable selon la situation topographique, l'ouverture de la carrière, c'est-à-dire les possibilités de drainage naturel ; exposition aux ruissellements sur les parois ; faculté de rétention de l'eau.

EXEMPLES TYPES

- Carrière de LANTENNE-VERTIERE, en activité, dans le Doubs.
- Carrière de FOUSSEMAGNE, abandonnée, dans le Territoire de Belfort.

OBSERVATIONS PARTICULIERES

Les marnes et argiles carbonatées triasiques et, dans une moindre mesure, les formations oligocènes, comportent des évaporites (NaCl, KCl, SO₄, Ca), les marnes oxfordiennes et liasiques des sulfures (pyrites) et sulfates (gypse formé secondairement par combinaison des sulfures avec les ions bicarbonatés). Les eaux de ruissellement peuvent donc se charger naturellement en chlorures et/ou en sulfates.

CARRIÈRES DE CALCAIRES

MATERIAU

Calcaires variés, massifs ou en dalles, calcaires argileux...

UTILISATION

Granulats, construction, ciment, industrie.

FORMATION GEOLOGIQUE

La Franche-Comté est particulièrement riche en formations calcaires qui, pratiquement toutes, sont, ou ont été exploitées localement :

- calcaires du Crétacé (F) (rarement exploités),
- calcaires du Jurassique supérieur (Malm) : Portlandien, Kimméridgien, Oxfordien supérieur et moyen (C1, E1, E2, F),
- calcaires du Jurassique moyen (Dogger) : Bathonien, Bajocien (C1, D1, E1, E2),
- calcaires du Trias moyen : Muschelkalk supérieur (B2).

Toutes ces séries calcaires sont épaisses, chacune, de plusieurs dizaines de mètres.

HYDROGEOLOGIE

Les calcaires, plus ou moins fissurés et karstifiés, constituent un milieu perméable en grand :

- **karst perché, au-dessus du niveau de base hydrographique** : aquifère seulement à la base, alimentant des sources de déversement, au débit très variable, parfois temporaires, situées sur les versants, au pied des escarpements calcaires (cuestas), au contact des marnes sous-jacentes imperméables,
- **karst en tout ou partie sous le niveau de base hydrographique** : noyé au moins jusqu'à la cote du niveau de base, alimentant des sources de débordement à débit plus ou moins important, situées à la base des versants,

- **tout karst** : développement anisotrope, selon le plan d'ouvertures tectoniques du réseau fissural (écoulement souterrain selon un réseau organisé).

INTERET ET VULNERABILITE DES AQUIFERES

- **karst perché** : sans réserve importante, faiblement productif,
- **karst encaissé** : réservoir de productivité variable selon le degré de fracturation de la roche,
- **toute formation calcaire affleurante** : très vulnérable, exposée à toutes les pollutions, sans capacité de filtration ; circulations rapides.

CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES CARRIERES

- Carrières de toutes tailles (superficie de quelques hectares à plusieurs dizaines d'hectares ; hauteur quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres).
- Exploitation en butte (à flanc de coteau) ou en fosse (plus rarement), exceptionnellement souterraine (CHAMPAGNOLE, CHASSAL).
- Découverte généralement peu épaisse (terre végétale et partie supérieure du calcaire altéré et pollué par des argiles de décalcification).

ETAT HYDRIQUE

Carrières sèches, sauf rares exceptions, lorsque l'approfondissement atteint la nappe phréatique (fond de carrière noyé).

NOMBRE

Très important : au moins 250 carrières (autorisées, actives ou abandonnées), recensées par la DRIRE, réparties sur l'ensemble du territoire de la Franche-Comté, à l'exception des régions des Vosges saônoises (A1) et des bassins tertiaires (G1, G2, G3), sans compter les nombreuses carrières communales, toutes abandonnées aujourd'hui.

EXEMPLES TYPES

- Carrière de DAMPARIS (39) (Malm de C), pour industrie chimique.
- Carrière de ROCHEFORT-SUR-NENON (39) (Malm de C) pour ciment.
- Carrière de CHALEZEULE (25) (Dogger de C), pour granulats (abandonnée).
- Carrière de MEREY-SOUS-MONTROND (25) (Dogger de E2), pour granulats.
- Carrière de REVIGNY (39) (Dogger de E2), pour pierres de taille.

CARRIERES DE GRES

MATERIAU

Grès rouge.

UTILISATION

Construction (moellons, dalles, linteaux...), meules (anciennement).

FORMATION GEOLOGIQUE

Grès du Trias inférieur ou Buntsandstein, plus précisément le niveau dit "grès à Voltzia", grès micacé à grains fins, d'une épaisseur de 7 à 8 m, affleurant essentiellement dans la dépression péri-vosgienne (B1).

HYDROGEOLOGIE

Les grès du Buntsandstein, d'une épaisseur totale de plusieurs dizaines de mètres, constituent un milieu perméable (perméabilité de l'ordre de 10^{-5} m/s). Outre une perméabilité de fissures (perméabilité en grand), la roche possède une certaine porosité d'interstices pouvant atteindre localement 20%.

Comme pour les calcaires, la nappe est à une profondeur très variable selon la topographie (cf. fiche F8).

INTERET ET VULNERABILITE DE L'AQUIFERE

Productivité variable mais relativement modeste (quelques m^3/h à $30 m^3/h$). En l'absence de couverture protectrice, l'aquifère des grès est exposé aux pollutions mais bénéficie d'une certaine filtration liée à la porosité de la roche et à la présence fréquente d'altérites sableuses dans les fissures.

CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES CARRIERES

Les carrières sont généralement exploitées à flanc de coteau et de faible envergure (superficie inférieure à 5 ha, hauteur inférieure à 7 m).

ETAT HYDRIQUE

Carrières de versant généralement sèches ; suintements possibles le long des fissures.

NOMBRE

Faible (moins d'une dizaine) ; toutes situées dans le département de Haute-Saône (B) et abandonnées.

EXEMPLES TYPES

- MAGNY-JOBERT (70),
- GRANGES-LA-VILLE (70).

CARRIÈRES DU SOCLE VOSGIEN

MATERIAU

Roches éruptives (tufs pyroclastiques) de nature siliceuse, appelés "porphyres" dans la profession.

UTILISATION

Granulats, ballast.

FORMATION GEOLOGIQUE

Socle hercynien soulevé, à fracturation intense et multidirectionnelle, affleurant dans les Vosges saônoises (A1) et le massif de la Serre (A2) ; couverture d'altération (arène plus ou moins argileuse ou sableuse), d'épaisseur variable, mais souvent importante (supérieure à 5 m, atteignant localement plus de 10 m).

HYDROGEOLOGIE

Roches intrinsèquement imperméables mais perméables en grand par fissuration. Nappe "fissurale" épousant de plus ou moins près, en profondeur, la topographie de la surface. Le niveau d'eau se rapproche de la surface en bas de versant, jusqu'à rejoindre la cote des rivières et des nappes alluviales d'accompagnement avec lesquelles il est en relation hydrodynamique. Les écoulements sont plus diffus que dans les calcaires karstifiés.

INTERET ET VULNERABILITE DES AQUIFERES

Productivité généralement faible (quelques m³/h). Possibilité d'obtenir des débits plus importants à l'aide d'ouvrages (galeries, par exemple) recoupant un grand nombre de fissures. Aptitude relative à la filtration grâce aux altérites sablo-argileuses du réseau fissural et aux arènes superficielles.

CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES CARRIERES

Carrières de dimensions variées, ouvertes généralement à flanc de coteau. Très importante carrière en activité à LEPUIX-GY (front de taille haut de près de 200 m).

ETAT HYDRIQUE

Carrières de versants généralement sèches ou avec suintements, voire venues d'eau le long de certaines fissures et accumulations locales en fond.

NOMBRE

Relativement peu important : une dizaine, environ, dont 5 en activité permanente.

EXEMPLES TYPES

- Carrière de LEPUIX-GY (90).
- Carrière d'OFFLANGES (39).