Analyse sommaire du rapport:

"Rejet des effluents de l'usine de Gardanne dans le Canyon de Cassidaigne" Etude d'Impact

(produit par CREOCEAN* en Février 1993 à la suite d'une étude réalisée pour le compte de Pechiney en 1991 et 1992)

Préambule: les questions posées

Quatre questions fondamentales se posent si l'on veut tenter d'évaluer l'impact sur l'environnement du rejet des "boues rouges" produites par la fabrication d'alumine à partir du traitement des minerais de bauxite à l'usine Pechiney de Gardanne.

1 - La nature et la quantité des rejets peuvent-ils avoir un effet nocif sur l'environnement marin?

2 - Si des effets nocifs sont décelés, ceux-ci peuvent ils être ressentis à court et/ou à long terme?

3 - L'échelle de ces effets sur l'environnement marin est-elle locale, régionale, ou plus vaste?

4 - Si ces rejets sont reconnus comme potentiellement nocifs pour l'environnement naturel, cette nocivité peut- elle être ressentie par l'homme et à quel niveau?

Chacune de ces quatre questions pose un problème particulier quant à la définition objective du risque que peuvent faire courir les rejets. La difficulté d'une appréciation objective de la nocivité du rejet est un point essentiel qui mérite une attention particulière.

La notion de nocivité est en effet fonction d'un état des connaissances qui varie de façon continuelle et aucune limite ou seuil dans ce domaine n'a de valeur absolue. Par exemple il a fallu des dizaines d'années pour apprécier les dangers du plomb sur la santé humaine (saturnisme) et bannir les peintures au plomb et les tuyauteries en plomb. Il en va de même pour les CFC et le "trou de l'Ozone" favorisant les cancers de la peau, les conséquences dramatiques (cancers) de l'utilisation de l'amiante dans le bâtiment, celles à plus long terme de la surproduction de CO2 atmosphérique et les risques climatiques de "l'effet de serre", ou encore la pollution des eaux par le mercure qui, par ses effets spectaculaires sur les enfants japonais, a donné un signal d'alarme international concernant l'utilisation non contrôlée de ce métal.

Dans les quelques cas que je viens de citer il s'agit d'une pollution beaucoup plus difficile à cerner que des pollutions dites "accidentelles", et donc considérées comme plus ou moins acceptables. Tout le monde peut admettre, ou du moins comprendre, *l'accident*, que ce soit "Tchnernobyl" ou l'"Amoco Cadiz" sur les côtes bretonnes. Toutes proportions gardées il se révèle en un sens comparable à l'accident de voiture qui, quelles que soient le précautions prises, guette chaque conducteur lorsqu'il prend le volant. Mais lorsqu'il s'agit du résultat de pratiques admises depuis des années et dont on ne soupçonnait pas le effets nocifs, le risque n'est plus identifié "au départ" de l'action. Il n'est plus "délibéré". En un sens il nous prend par surprise, et en général *a posteriori*.

---

* filiale d'IFREMER

N'ayant pas été reconnu, il est plus difficile à appréhender et à accepter que celui que l'on assume délibérément parce qu'on le trouve presque mesurable.

A partir de quels critères, de quelles limites, peut-on dire d'un risque qu'il est "acceptable"? Tout le problème du rejet des boues rouges est là. L'analyse du rapport CREOCEAN sera présentée ci dessous avec le souci de dégager des éléments de réflexion quant à l'acceptabilité du risque que représente le rejet des boues rouges pour l'environnement. Il s'agit de peser certitudes et incertitudes afin de déterminer si dans l'état actuel des connaissances il peut être affirmé, comme l'a fait Pechiney au fil des années, que le risque a été évalué suffisament sérieusement pour pouvoir être considéré comme sans conséquences, ou d'impact minime, sur l'environnement marin tant au large de Cassis que dans les régions avoisinantes.

Analyse du Rapport

Le rapport concerne une étude menée en 1991 et 1992 par le CREOCEAN, filiale d'IFREMER. Cette étude repose sur plusieurs campagnes d'observation et de prélèvements à la mer qui peuvent être résumées comme suit:

- campagnes de reconnaissance géophysique destinée à préciser le morphologie de l'environnement du dépôt des boues rouges et tenter d'en évaluer l'extension et l'épaisseur;

- campagne de prélèvements au moyen de carottiers divers afin d'analyser la composition et la toxicité éventuelle des dépôts;

- campagne de mesures hydrologiques pour caractériser les masses d'eaux mises en jeu, leur dynamique et leur degré de turbidité, afin de déterminer si des remises en suspensions ou des maintiens en suspension des effluents sont observables;

- campagnes de pêches expérimentales destinées à évaluer si le rejet a un impact sur les ressources halieutiques de la région.

L'extension du dépôt des boues rouges

On a tenté d'estimer l'extension des boues rouges à la fois par les méthodes geophysiques (indirectes) du sondage acoustique et par l'observation directe des prélèvements réalisés par carottage.

L'analyse des profils acoustiques montre que le dépôt des boues rouges est très difficile a identifier par cette méthode. Il semble que des épaisseurs de 10 à 20 mètres aient été observées par endroit dans le lit du Canyon de Cassidaigne. Le dépôt est apparemment très irrégulier. Les épaisseurs maximales sont observées dans le lit du canyon où le dépôt est encore observé avec plus de 50cm d'épaisseur jusqu'à 25km du point de rejet, mais il est clair que le dépôt n'est pas restreint à cette zone. La cartographie des dépôts de boue rouge réalisée par analyse des sédiments prélevés montre que le dépôt n'est pas cantonné au lit du canyon et qu'il s'étend latéralement sur de vastes zones dont l'extension n'est pas mesurée faute d'observations. En gros on distingue trois zones de dépôt:

- Les 10 km2 du lit du canyon depuis le point de rejet (à -320m) jusqu'à environ 60km de distance par 2200m de fond. Il ne s'agit que d'une extension minimum puisque la cartographie s'arrête là où il n'y a plus de stations. Le volume estimé pour ce dépôt relativement massif serait au minimum de 15 à 20 millions de m3 (là encore par manque de stations il est impossible de mesurer correctement l'extension du dépôt).

- Sur une zone d'environ 230 km2 supplémentaires les dépôts sont présents mais leur volume n'a pu être apprécié. Ils sont apparemment relativement stabilisés sur la plaine abyssale mais sont très instables sur les versants du canyon. On n'a pas observé de boues rouges sur le plateau continental à moins de 200m de profondeur dans les quelques stations implantées au voisinage immédiat du canyon. Toutefois les stations situées légèrement au dessus de la profondeur de l'émissaire (à 320m) entre 225 et 300m présentent très souvent des traces ou même des accumulations de 12 à 15 cm de boues rouges.

- A l'extérieur de ces zones en direction de l'Ouest la circulation des courants (dérive liguro-provençale) provoque la dispersion sous forme particulaire d'éléments issus des boues rouges. Ces éléments représentent 1 à 2% de la sédimentation superficielle sur au moins 150 km2 (la limite de ce dépôt reste inconnue). De plus sur environ 680 km2 la coloration rouge est observée soit dans le sédiment soit dans les eaux prélevées à leur contact.

En résumé, l'extension des boues rouges dans la région reste impossible à estimer en l'état actuel des connaissances puisque la cartographie du dépôt lui-même reste très imprécise. Il faut remarquer par ailleurs que l'extension des effets des boues rouges sur l'environnement peut très largement dépasser, comme on le verra plus loin, la seule extension du dépôt, et que la quantification du phénomène de dispersion est restée impossible à évaluer.

L'effet mécanique du rejet

Il est clairement démontré que le lit du canyon est totalement dépourvu de vie benthique, alors que celle-ci est "normale" en dehors de cette zone. L'effet direct de l'accumulation des boues rouges est donc la suppression de toute vie sur le fond. Des essais de recolonisation du dépôt ont été menés expérimentalement sur une durée totale de 8 mois dans le Golfe de Fos (Anse de Carteau). Ils ont montré que seuls les effets mécaniques (sans action chimique) semblent empêcher la recolonisation, à partir d'une épaisseur de 1cm de boues rouges déposées sur un substrat naturel. Il faut noter évidemment que les fonds de l'Anse de Carteau (fonds sablo-vaseux) ne sont pas nécessairement représentatifs des sédiments du canyon de Cassidaigne.

Quoi qu'il en soit l'effet mécanique totalement destructeur pour la faune benthique est indiscutable et probablement lié à la densité élevée des boues rouges (3,5 pour la fraction solide; 2,5 de densité apparente dans l'eau contre 1 à 1,5 pour les vases naturelles). D'autre part les remises en suspension du dépôt sont facilitées par les propriétés hydrophiles des boues rouges et la formation fréquente de nuages turbides au moment des écoulements en masse et courants de turbidité (qui sont mis en évidence par les observations acoustiques) semble très probable.

La compostion chimique des boues rouges et la dispersion des polluants dans le milieu

La composition chimique des boues rouges analysée sur le site de Gardanne et dans les prélèvements aux abord immédiats de l'émissaire paraît essentiellement constante. Par rapport aux sédiments naturels il convient de noter que les boues rouges sont caractérisées par un fort enrichissement en Titane et, dans une moindre mesure en Chrome, Vanadium, Fer et Plomb, et une fort déficit de Manganèse.

La composition chimique des boues rouges apparaît constante depuis l'émissaire jusqu'à la Plaine Abyssale pour les dépôt massifs du lit du Canyon de Cassidaigne, avec toutefois

une teneur en métaux lourds sensiblement plus faible que celle de l'effluent brut prélevé en sortie d'usine. Cependant le rapport indique que "vers l'Ouest les sédiments superficiels subissent de plus en plus fortement l'impact des particules issues des résidus industriels déposés dans l'axe du canyon. Cela se traduit ... par des teneurs plus fortes en métaux lourds, et notamment en Chrome et en Titane... Les apports particulaires issus des boues rouges représentent de l'ordre de 1 à 1,5 % des dépôts sédimentaires contemporains dans ce secteur de la Plaine Abyssale". Et, plus loin, "Dans le domaine médian les teneurs en métaux lourds sont systématiquement plus élevées que celles mesurées sur les sédiments de la plaine abyssale.... La contribution de ces apports particulaires à la constitution des sédiments récents peut être estimée... à plus de 2 % dans ce secteur occidental du domaine médian".

La toxicité des boues rouges

Si dans les études menées *in situ* aucune incidence chimique sur les peuplements benthiques n'est perceptible sur la constitution du macrobenthos (faunes vivant sur le fond), les tests de toxicité effectués en laboratoire montrent que les boues rouges se sont révélées toxiques en agissant sur la reproduction des oursins et des huitres. Les tests ont porté sur cinq espèces d'oursins et une espèce d'huitre. Les substances testées sont les effluents industriels prélevés à l'usine, les boues rouges marines et dans certains cas les bauxites (minerais).

Les résultats obtenus sur les oursins montrent les résultats suivants:

1 - Les effluents industriels ont des effets toxiques indiscutables sur la reproduction des oursins testés en laboratoire. La toxicité apparaît principalement liée aux fractions à sédimentation lente ou a taille de particules petite. Les effets sur l'embryogénèse et sur la spermiogénèse sont nets. Les particules fines peuvent aussi se révéler "géno-toxiques" puisqu'une altération du développement embryonnaire se transmet d'une génération d'oursins à la suivante.

2 - La bauxite n'induit aucun effet embryotoxique et une faible spermiotoxicité. Les effluents d'usine montrent une forte spermiotoxicité sur les oursins, à partir d'une concentration de 0,1 % et une embryotoxicité se manifestant dès la concentration de 0,01 %, soit par des anomalies larvaires soit par des mortalités.

3 - Les boues marines prélevées sur les flancs du canyon n'ont présenté qu'une toxicité faible à nulle sur les oursins mais les dépôt prélevés dans l'axe du canyon ont montré une réelle inhibition de la fécondation et une embryotoxicité indubitable sur une des espèces testées. "Les effets toxiques des effluents industriels persistent donc bien au sein des boues rouges marines s'écoulant dans le lit du canyon". Enfin les suspensions de particules affichent une spermiotoxicité plus forte, à la concentration de 0,1 % que les effluents bruts dont elles sont issues.

En ce qui concerne l'espèce d'huitre testée:

1 - les effluents industriels bruts se sont révélés très toxiques même à la plus faible concentration (0,01 %), le pourcentage moyen d'anomalies observées étant supérieur à 94 %.

2 - La bauxite pulvérisée et les boues rouges des sédiments marins se sont révélées sans effets nocifs dans une *première série* de tests. Par contre dans une *deuxième série* on a constaté un net effet toxique de la bauxite pulvérisée (à la concentration de 0,1 %: 2/3 des larves bloquées avant le stade coquillé et moins de 30 % de larves normales; à la concentration de 1 %: 85 % des larves bloquées avant le stade coquillé). Les boues rouges des sédiments provoquent une nette embryotoxicité dès la concentration de 0,1 % et ceci est vrai autant pour les sédiments des flancs que pour ceux de l'axe du canyon.

Les conditions hydrologiques comme éléments de dispersion des polluants

Les études hydrologiques qui ont été menées sont notoirement insuffisantes pour pouvoir estimer de façon même sommaire la dispersion des éléments constituants les boues rouges en dehors des abords immédiats du Canyon de Cassidaigne. On sait que les courants généraux portent vers l'Ouest dans toute la région (dérive liguro-provençale) mais aucune étude détaillée n'a été menée sur la dispersion réelle des éléments soit remis en suspension soit non sédimentés à la sortie de l'émissaire. De plus une telle étude devrait tenir compte des diverses conditions météorologiques. Il est connu depuis les années 70 (et publié) que dans certaines conditions de mistral des remontées d'éléments fins provenant des boues rouges ont été observées en surface. Il serait essentiel d'en savoir plus sur l'effet de la circulation générale et des conditions locales liées à la météorologie sur la dispersion de ces éléments.

L'influence du rejet des boues rouges sur les ressources halieutiques (pêches)

Des traits de chalut ont été effectués d'une part dans la partie supérieure du canyon de Cassidaigne et d'autre part, pour comparaison, dans d'autres secteurs de la région (canyon Sud-Marseille). Cette étude fait apparaître les faits suivants:

- le rejet n'a pratiquement pas d'influence sur la densité des faunes purement pélagiques (de pleine eau);

- par contre on note dans le canyon de Cassidaigne une très nette diminution des ressources en faunes fortement dépendantes des sédiments dans leur comportement, comme la langoustine, et plusieurs autres crustacés, et les poissons (Baudroie, Raie, Grondin, etc...).

Enfin une remarque intéressante concerne les organismes "épibenthiques". De nombreux individus de gorgone sont récoltés dans le canyon Sud-Marseille; aucun n'a été ramassé par le chalut dans le Canyon de Cassidaigne.

Conclusions sommaires

Le rejet des boues rouges semble avoir deux conséquences principales et distinctes sur l'environnement:

1 - Les rejets massivement déposés dans le lit du Canyon de Cassidaigne empêchent toute vie sur le fond, par effet essentiellement mécanique. Les dépôts stabilisés devraient en principe pouvoir être recolonisés par les faunes benthiques mais les recolonisations expérimentales réalisées dans le Golfe de Fos n'ont pas été observées dans le canyon de Cassidaigne.

De plus ces dépôts ont une influence indéniable et négative sur la quantité et la nature des ressources halieutiques au niveau du canyon.

On peut dire que cette pollution a des effets mesurables et reconnus, et qu'elle est apparemment circonscrite au canyon lui même et principalement à l'axe du canyon. Elle n'est toutefois pas cartographiée actuellement étant donné que les dépôts de boues rouges dans les zones profondes s'étendent certainement beaucoup plus loin que les seuls 60 km où ils ont été observés.

2 - Les fractions les plus fines, qui sont aussi les plus mobiles, des boues rouges ont été reconnues capables d'effets toxiques indubitables sur certaines espèces d'oursins et d'une espèce d'huitre. Les résultats de toxicologie se sont révélés positifs sur les cinq espèces d'oursins et la seule espèce d'huitre testées.

Les éléments qui provoquent cette toxicité ne sont pas identifiés en l'état actuel des analyses qui ont été menées. Toutefois il semble extrêmement important de noter que ce sont les éléments les plus fins et en particulier les suspensions qui possédent la toxicité la plus forte. Ceci veut dire que les limites de la pollution dans ce domaine restent inconnues. Comme les conditions hydrologiques n'ont pas été étudiées en détail, la dispersion de panaches turbides toxiques reste une inconnue majeure et d'importance fondamentale pour tenter d'estimer l'impact du rejet. Si l'on ajoute à cela que les effets expérimentaux ne tiennent pas compte de la dimension temporelle (sur plusieurs dizaines d'années ou plus) dans l'évaluation des effets sur les faunes et les flores il est pratiquement impossible de prévoir si des conséquences encore plus grave que celles observées ne sont pas en fait en train de s'établir

En l'état actuel des connaissances qui résultent de l'ensemble des études menées sur l'impact des rejets de boues rouges, les faits suivant apparaissent clairement établis:

Les dépôts de boues rouges stabilisés ont un effet direct localisé dans le chenal du Canyon de Cassidaigne sur au moins 60 km le long et plusieurs centaines de mètres de large. Cet effet direct est la destruction totale de la vie benthique et une diminution très nette des ressources en certains poissons et crustacés. Le caractère "inerte" des rejets ne s'applique qu'à ces dépôts mais ce caractère n'empêche pas leur action mécanique destructrice reconnue et généralement admise.

Les parties les plus fines qui composent les boues rouges sont facilement remises en suspension lors de phénomènes de glissement, redépôt, courants de turbidité. Elles se répartissent apparemment sur de grands distances dans la région à l'Ouest du Canyon de Cassidaigne et leur extension reste une inconnue majeure. Ces particules fines sont reconnues comme toxiques sur les cinq espèces d'oursins et l'espèce d'huître testées en laboratoire. Leur effet sur l'environnement naturel à court et à long terme, et l'extension géographique de cet effet, restent une inconnue majeure inquiétante. En particulier, même si l'absence de dépôt de boues rouges est constaté en certaines zones très sensibles comme le plateau continental, l'observation de remontées occasionnelles des particules fines jusqu'en surface montre que la dispersion de ces particules toxiques dans l'environnement est bien plus étendue que celle du dépot lui-même et qu'elle peut toucher toutes les profondeurs sur de très grandes distances. On reste donc incapable aujourd'hui d'évaluer comment se manifestent les effets nocifs des éléments toxiques des boues rouges dans le temps et dans l'espace.

Yves Lancelot,
Directeur de Recherche au CNRS
Directeur du Laboratoire de Géologie du Quaternaire du CNRS, Aix-en-Provence

25 Janvier 1996