

## Le traitement des phosphates

*Le problème des phosphates dans les détergents avait provoqué la plus belle guerre d'escarmouches en matières de marketing vert, entre Rhône Poulenc et Henkel. Longtemps après cette polémique passionnée, qui s'est en fait terminée sur une paix des braves, la nouvelle directive sur les eaux usées imposée par la Communauté européenne repose la question. Le traitement chimique des eaux usées (et donc des phosphates) fournit une solution technologique.*

C'était en 1989. Le groupe allemand Henkel lançait sur le marché français une nouvelle lessive sans phosphates, Le Chat. A grand renfort de spots publicitaires, il affirmait que sa lessive lavait bien, mais qu'en plus, elle était « bonne pour l'environnement » (sous-entendu, les autres, contenant encore du phosphate, ne le sont pas). Rhône Poulenc prenait la mouche : le chimiste français, troisième producteur mondial de phosphates, tenait à défendre ses produits (le phosphate représente environ 1% du chiffre d'affaire du groupe), mais il voulait surtout instaurer une certaine règle du jeu en matière d'écologie-marketing. René Riu, directeur à l'époque de la division Détergents & Phosphates alimentaires, déclarait ainsi que la campagne de réponse lancée par le groupe Rhône Poulenc était de « faire prendre conscience au public que tout ce qui est dit en matière d'écologie par la publicité n'est pas forcément juste. Ce serait un investissement pour le futur parce que, pour d'autres produits, il y aurait le réflexe de dire : attention, ça c'est de la publicité et ce n'est pas forcément exact. » C'est d'ailleurs cette démarche qui ensuite a donné naissance à la notion d'écocertification débouchant sur la norme NF-Environnement et sur l'écolabel européen. Rhône Poulenc a pris une part importante à ces travaux et a surtout joué un rôle d'impulsion suite à sa campagne de communication.

Rhône Poulenc a en effet lancé une contre-campagne assez rude dans le ton, qui a reçu un écho important dans la population : « Lessives avec ou sans phosphates ? La réalité scientifique bouscule quelques idées reçues. » Des images de poissons morts étaient associées sur des panneaux publicitaires aux substituts aux phosphates. Rhône Poulenc attaquait le principe de l'écologie-marketing et remettait en cause les bases à partir desquelles on condamnait le phosphate. Le raisonnement tenu par les adversaires du phosphate est simple, voire simpliste : de nombreux milieux hydrologiques connaissent un problème d'eutrophisation, c'est-à-dire de prolifération anormales d'algues ayant toutes sortes de conséquences défavorables pour les poissons et pour le tou-

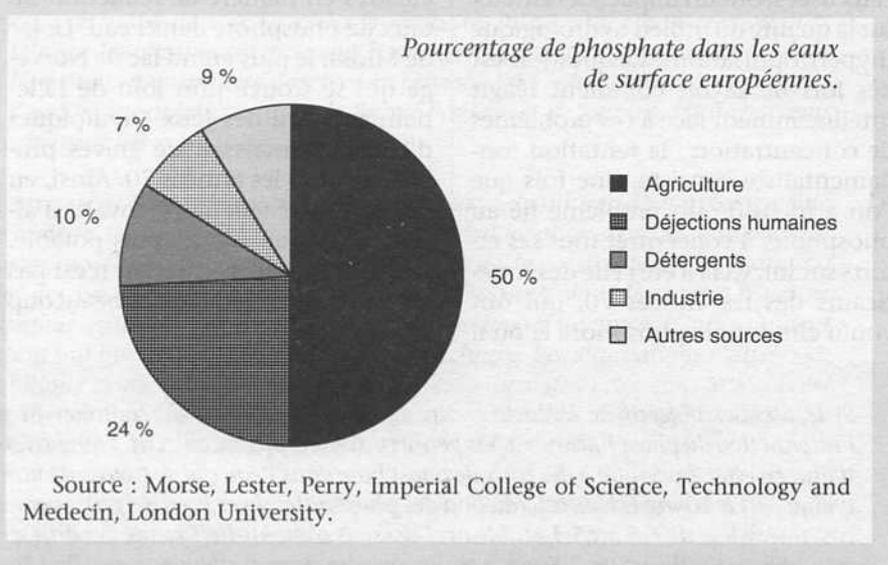
### Emmanuel Grenier

risme, voire pour la santé humaine (certaines de ces algues générant des toxiques) ; les algues prolifèrent parce qu'elles ont trop de nutriments à leur disposition ; le phosphate est l'un de ces nutriments ; il entre dans la composition de certaines lessives ; il faut donc adopter des « lessives sans phosphates ».

condamnent le phosphate sans réserves, d'autres spécialistes, comme Roger Cabridenc, directeur scientifique de l'INERIS, jugent que sa position n'est pas tenable et qu'elle est beaucoup trop « uniciste » dans sa condamnation du phosphore.

Le dernier congrès de l'IMPPOS (Institut mondial du phosphate) s'est déroulé en 1992 sur le thème « Phosphore, vie et environnement ». Les

### D'où viennent les phosphates ?



Que répondent les défenseurs du phosphate ? Tout d'abord que l'on ne peut réduire le problème aux lessives. Celles-ci n'apportent en effet que 10% de la masse de phosphates dans les eaux de surface (rivières et lacs) de la communauté européenne (voir tableau). L'interdiction des phosphates dans les détergents n'a d'ailleurs jamais résolu le problème de l'eutrophisation comme en témoigne le cas du lac de Genève ou les études réalisées aux Etats-Unis, où l'interdiction du phosphate dans les lessives est effective dans certains Etats depuis les années 70. En effet, le phosphate n'est que l'un des apports nutritionnels aux algues et l'on ne sait pas encore très bien déterminer s'il est prioritaire par rapport aux nitrates ou bien encore si c'est la conjonction des deux qui déclenche le phénomène d'eutrophisation. Si certains chercheurs comme le professeur Carbiener, l'auteur du rapport demandé en 1990 par Brice Lalonde sur le sujet,

quelque 200 scientifiques réunis ont souligné l'importance du phosphore\* pour l'homme et les animaux (on le retrouve sur les gènes, dans les tissus cérébraux et musculaires,...), ainsi que son efficacité pour améliorer la qualité et la quantité en agriculture. Ainsi, dans le tiers monde, on constate des carences en phosphore dramatiques. Les chercheurs ont par ailleurs abordé le problème du cadmium, que l'on trouve à l'état de trace dans les phosphates du fait de sa présence naturelle dans les minerais. Ce fait pouvait conduire, par l'épandage des engrais phosphatés, à l'augmentation du taux de cadmium dans les sols, ce qui n'est pas forcément

\* Le phosphore est le quinzième élément chimique. Les phosphates résultent de l'action d'un acide phosphorique sur une base. Les plus connus sont les phosphates de calcium utilisés comme engrais et comme aliment de croissance pour les nourrissons.

désirable. De nouveaux procédés de fabrication permettent désormais d'éliminer totalement cet élément dans les engrais.

Dans le cas du phosphate, comme presque toujours dans les problèmes d'environnement, on a affaire à un problème de concentration. « *Tout est poison, rien n'est poison* » faut-il inlassablement répéter avec Paracelse : de même que l'oxygène à haute dose est rapidement létal, de même, des quantités importantes et concentrées de phosphates (émises par les eaux usées) ont un impact désastreux sur la qualité du milieu hydrologique (hypertrophisation). La question est dès lors de savoir comment réagir intelligemment face à ces problèmes de concentration : la tentation fondamentaliste consiste, une fois que l'on a identifié un problème lié au phosphore, à concentrer tous ses efforts sur lui. Cela a été celle des Américains dès les années 70, qui ont voulu éliminer le phosphore là où il

était le plus visible, dans les lessives, sans mesurer le pour et le contre, sans examiner les problèmes posés par les substituts, et qui ont été forcés de revoir ensuite leur stratégie. Les pays scandinaves, confrontés à des problèmes d'eutrophisation extrêmement graves du fait de leur situation particulière, ont adopté une démarche à notre sens plus intéressante : ils ont mis au point une stratégie globale de réduction des phosphates, s'appuyant surtout sur une déphosphatation des eaux usées. Cela leur a permis d'obtenir des résultats spectaculaires en matière de réduction du taux de phosphore dans l'eau. Le lac de Mjøsa, le plus grand lac de Norvège qui se trouve non loin de Lillehammer, lieu des Jeux Olympiques d'Hiver, connaissait de graves problèmes dans les années 70. Ainsi, en 1978, il était tellement envahi d'algues que l'eau n'était plus potable. Aujourd'hui, si la situation n'est pas idéale, elle est redevenue beaucoup plus correcte.

La directive européenne sur le traitement des eaux usées, adoptée en 1991, va forcer la France à réaliser un effort majeur d'équipement. En effet, un tiers de la population de notre pays n'est pas encore raccordée à un réseau d'assainissement. Sur tout, une quarantaine de villes de plus de 10.000 équivalents/habitants ne possède toujours pas de station d'épuration, station qu'il faudra construire avant l'an 2000 pour satisfaire à la directive. Par ailleurs, celle-ci impose pour la première fois le traitement de l'azote et du phosphore dans les « zones sensibles », c'est-à-dire celles où le phénomène d'eutrophisation, ce développement anarchique et incontrôlé d'algues, se fait sentir.

Tout le monde est à peu près d'accord sur le fait qu'il faille diminuer les apports en sels nutritifs dans les fleuves, les lacs et les régions côtières. La complexité et la diversité des phénomènes d'eutrophisation donne cependant lieu à des controverses

*Si le premier objectif de la lutte contre l'eutrophisation est de contrôler la production d'algues, on sait déjà que l'interdiction du phosphate ne va pas permettre de remplir cet objectif. Pour priver complètement les algues de nourriture, il faut en effet descendre à des taux de phosphore dans l'eau qui se trouvent entre 10 et 100 µg/l. Aujourd'hui, l'effluent typique est à 10 mg/l. Une interdiction des phosphates dans les détergents permettrait d'atteindre, dans le meilleur des cas, une valeur de 7,5 mg/l. Le tableau ci-dessous compare l'efficacité des différents traitements en fonction de l'effluent reçu. Ainsi, l'effluent de 7,5 mg/l, traité avec les deux traitements que l'on trouve habituellement dans nos stations d'épuration, sort avec encore 5,3 mg/l, largement trop pour arrêter l'eutrophisation. Conclusion, même avec une interdiction du phosphate dans les lessives, il faudra des traitements de déphosphatation pour ramener l'effluent à une valeur inférieure à 2 mg/l.*

Nature du traitement	% de réduction des phosphates	Effluent actuel (moyen de 10 mg/l de phosphates)	Effluent avec interdiction des phosphates dans les lessives (7,5 mg/l)
Traitement primaire	5 - 15	9	6,8
Traitement secondaire	25 - 40	7	5,3
Traitement de déphosphatation	95	de 0,3 à 2	1

## Le procédé Kemira

*La stratégie de Rhône Poulenc est subtile. Allié depuis 1989 à la société suédoise Kemira, le producteur de phosphates a su trouver en elle un déphosphateur apportant des réponses au problème de l'eutrophisation. La Suède est un modèle en la matière et Kemira a largement contribué à bâtir le réseau national de traitement des eaux usées. C'est un cas particulier disent les adversaires de Rhône Poulenc accusant le groupe de vouloir le beurre (les phosphates) et l'argent du beurre (la déphosphatation). Non répond ce dernier, qui finance avec trois autres sociétés le SCOPE (Scientific Committee on Phosphates in the Environment), cherchant à défendre les utilisations rationnelles et contrôlées du phosphate : le traitement de déphosphatation, de toute façon nécessaire pour d'autres raisons (voir article), est peu cher et efficace.*

*Restait une objection valable : le phosphate se retrouvant dans les boues des stations d'épuration était perdu. A l'heure du recyclage roi, cela faisait mauvais genre... La société Kemira a développé des procédés permettant de valoriser efficacement ces boues. En effet, l'on trouve dans celles-ci des produits très intéressants tels que des additifs organiques pour le sol, des minéraux tels que les phosphates (pouvant être recyclés), des métaux ayant une valeur commerciale (cuivre, zinc, nickel), et des métaux pouvant être directement recyclés dans le traitement des eaux, tels que l'aluminium ou le fer. Le but de KemRhône, un joint venture de Rhône Poulenc et de Kemira, est de parvenir à boucler complètement le cycle du traitement des eaux usées.*

*Les boues des stations d'épuration posent en effet deux types de problème : 1) le coût de la mise en décharge augmente régulièrement et celle-ci deviendra de toute façon impossible après 2002 ; 2) la valorisation agricole des boues est limitée par la quantité de polluants divers que celles-ci contiennent. A l'heure actuelle, la possibilité d'une séparation et d'un recyclage des composés solides des boues est donc particulièrement intéressante dans le cas des boues de mauvaise qualité, inaptées à la valorisation agricole. Tout le problème est de développer un procédé suffisamment peu cher pour que son coût d'exploitation soit inférieur au coût de la mise en décharge. Les simulations réalisées en Suède pour une ville de 100.000 habitants semblent indiquer que c'est le cas. Bien sûr, cette simulation n'est qu'indicative et est fictive dans la mesure où l'on n'adoptera sans doute jamais une solution unique, mais plutôt un mélange de plusieurs solutions. Néanmoins, elle est utile pour donner une idée des coûts.*

*La valorisation agricole, prenant en compte le coût du transport, le stockage des boues parfois nécessaire, et le fait que le prix des boues est parfois négatif (il faut payer l'épandage des boues), a un coût total annuel de 2,3 millions de couronnes suédoises (MKS), ce calcul se basant sur une estimation de production de 15.000 tonnes de boues par an. Pour ce qui est de la mise en décharge, le coût total annuel (toutes les opérations d'exploitation) est estimé à 3,3 MKS, en gardant une estimation raisonnable du coût à la tonne (0,2 MKS par tonne), celui-ci devant augmenter très fortement dans les prochaines années. Enfin, le recyclage, en prenant des estimations très conservatrices pour effectuer les calculs (incluant l'investissement dans l'usine de recyclage et les coûts d'exploitation), a un coût annuel de 3,5 MKS. Autrement dit à peine supérieur (de 0,2 MKS) à celui de la mise en décharge. Toute la difficulté de la simulation consiste ensuite à estimer le prix que l'on peut retirer des produits récupérés dans les boues. Leur valeur sur le marché est relativement incertaine. Il suffirait en tout cas qu'elle soit supérieure à 0,2 MKS pour que la voie du recyclage soit plus intéressante. Cette condition est réalisée par la seule estimation de la valeur des métaux récupérés comme le fer et l'aluminium, recyclés ensuite directement dans le traitement des eaux usées. Cette valeur est estimée à 0,25 MKS. S'y ajoute la valeur des métaux tels que cuivre, zinc ou nickel, estimée à 0,1 MKS, celle des phosphates (0,25 MKS) et celle des matériaux utilisables en agriculture (0,2 MKS), ces deux dernières valeurs étant les plus susceptibles de varier. Au total, la valorisation des produits du recyclage permettrait de générer 0,75 MKS, ce qui réduirait le coût global de la solution recyclage pour notre ville hypothétique de 100.000 habitants à 2,75 MKS par an.*

*On voit donc que la voie du recyclage est déjà intéressante, et qu'elle le sera d'autant plus que les coûts de la mise en décharge s'élèveront, une quasi-certitude pour l'avenir. Le procédé Kemira de recyclage des boues a déjà été testé en grandeur nature à Vasteras en Suède et à Tamersfoort en Finlande. Il est possible d'hydrolyser les boues pour produire une séparation telle que les phosphates, les métaux et autres substances puissent être isolés. Le procédé Kemira est basé sur une hydraulisation en milieu acide, à 160° et sous pression de vapeur. Une opération à grandeur nature avec réutilisation des solides extraits des eaux usées sera en opération à Helsingborg cette année. Les produits de cette station de traitement seront l'eau purifiée, des biosolides pour l'agriculture, des phosphates pour l'industrie et des métaux, (réutilisation lors du traitement). Si l'expérience confirme les prévisions optimistes, on aura résolu pour l'essentiel le problème du devenir des boues de station d'épuration.*

scientifiques sur la primauté de tel ou tel facteur (azote, phosphore, polluants divers,...). Le but de cet article n'est pas de revenir sur ce sujet, mais de présenter comment, par des moyens simples et peu coûteux, certains pays ont atteint ce but d'une réduction globale des apports nutritifs.

Ainsi, à Oslo, capitale de la Norvège, la station de traitement des eaux usées a réussi à obtenir un taux de réduction du phosphore de 97%. Cependant, la situation du fjord d'Oslo reste problématique, surtout en eau profonde où le taux d'oxygène dissous (indispensable à la vie des poissons) reste bas. Ceci est dû 1) à la dégradation de matières organiques, qui exige de l'oxygène (75% de ces matières sont pourtant éliminées dans la station de traitement) ; 2) à l'oxydation d'ammoniac en azote ; et 3) à la croissance eutrophique des algues (consommatrice d'oxygène) provoquée par un excès d'apports nutritifs. Le cas d'Oslo montre bien que l'amélioration de la qualité des eaux demande une stratégie globale : c'est bien ce qu'ont compris les responsables de la station, qui mettent aujourd'hui en place, avec la technologie française BIOFOR mise au point par la société Degremont, un procédé de dénitrification, permettant de retirer jusqu'à 70% des nitrates présents dans les eaux usées (pourcentage qui est limité à 25 aujourd'hui).

En dehors de la voie purement mécanique ancestrale, il existe deux grandes façons de traiter les eaux usées : chimique ou biologique (la combinaison est possible). Dans le premier cas, on rajoute un agent coagulant (par exemple des sels d'aluminium  $Al_2(SO_4)_3$  ou de fer  $FeCl_3$ ), permettant d'agglomérer les particules microscopiques et de les faire sédimenter beaucoup plus rapidement. Dans le deuxième, on utilise des bactéries qui « consomment » les matières organiques présentes dans les eaux usées. En Norvège, c'est la première voie qui est la plus utilisée pour différentes raisons : la température est souvent en dessous de celle qui est nécessaire pour une bonne action des bactéries ; la voie chimique est beaucoup plus efficace pour la déphosphoration, objectif important

## Phénomène de mucilage en Italie

*Les stations balnéaires italiennes de l'Adriatique souffrent particulièrement du phénomène de mucilage : il s'agit d'un agrégat de particules colloïdales provoqué par les algues, qui nécessite pour se former la présence de particules minérales et de molécules organiques. Ce phénomène se produit naturellement, mais il s'est amplifié jusqu'à causer une menace réelle pour la ressource touristique. En 1986, l'Italie interdisait les lessives avec phosphates. Aujourd'hui, des chercheurs de l'Institut de Recherche Aquatique et du Département d'Ecologie de l'Université de Milan incriminent les substituts aux phosphates pour l'aggravation du phénomène de mucilage. Les zéolites et les polycarboxylates, qui entrent dans la composition de la plupart des lessives sans phosphates, jouent le même rôle que les argiles et les molécules organiques naturelles. Mais le mucilage qui se forme autour des zéolites flotte plus facilement à la surface et est donc plus gênant. Par ailleurs, les polycarboxylates présentent l'inconvénient d'être faiblement biodégradables.*

pour les Norvégiens du fait du grand nombre de lacs et de fjords qu'ils possèdent ; la voie chimique requiert beaucoup moins d'espace et d'énergie que la voie biologique, les Norvégiens, coincés entre la mer et la montagne, étant très sensibles à ce problème.

La voie biologique, qui est la plus répandue en France, est celle qui avait été développée en premier au moment où le but essentiel de la purification des eaux urbaines était d'enlever la matière organique. Aujourd'hui, on voit se développer de plus en plus des usines de traitement biologique/chimique. L'addition d'agents coagulants chimiques permet en effet d'améliorer notablement les performances du traitement biologique, où de suppléer partiellement à celui-ci lorsque ses capacités sont dépassées. Le problème de la voie chimique est qu'elle génère beaucoup de boues, qui proviennent de la sédimentation des particules agglomérées autour des agents coagulants, encore qu'il existe aujourd'hui des réponses en terme de valorisation de ces boues. Elle ne peut pas non plus répondre au problème de la dénitrification (retrait de la charge azotée) qui ne peut être résolu que par la voie biologique. Les stations de traitement de l'avenir utiliseront donc très certainement les deux voies combinées, en faisant faire à chacune ce qu'elle sait le mieux faire. Cela est particulièrement important dans les

\* La DCO (demande chimique en oxygène) caractérise la charge organique d'un effluent : plus celui-ci en contient, plus il demande de l'oxygène pour la décomposer.

pays de l'Est, où les rares stations de traitement sont en surcapacité chronique. Le coût d'une amélioration par voie chimique est beaucoup moins élevé que celui d'une extension des stations existantes, ce qui est important vu la faible capacité d'investissement des pays d'Europe orientale.

Le traitement chimique possède un autre avantage, qui est d'être moins gourmand en énergie : alors que la voie biologique requiert 0,65 kWh par tonne de DCO retirée\*, ce chiffre est de 0,1 pour la voie chimique. La voie combinée biologique/chimique est à une valeur raisonnablement faible de 0,25 kWh/tonne de DCO retirée. Cette dernière est la seule qui apporte une réponse globale au problème de l'eutrophisation de nos cours d'eau. Les autres réponses sont soit incomplètes (élimination des phosphates dans les lessives) ou irréalistes (retour à l'âge de pierre avec réduction massive de la population). Les technologies apparues dans les années 80 nous permettent aujourd'hui de pouvoir déphosphater à faible coût les eaux usées, au moins dans les zones sensibles. L'étude réalisée par l'Imperial College de Londres estime que 180 millions de personnes vivent dans ces zones et qu'une dépense par habitant et par an équivalente à trois bouteilles de lait serait suffisante pour y retirer les phosphates dans les eaux usées. Une dépense d'autant plus admissible que, dès lors que l'on retire les phosphates, cela signifie que l'on a retiré aussi les autres formes de pollution. ■