

France se succèdent depuis deux mois. Je ne sais pas encore quelle en sera l'issue, mais je vois bien que la contestation porte moins sur la loi elle-même que sur un contexte général qui est perçu comme inique.

C'est que la question des retraites est complexe : il faut faire des choix politiques, arbitrer entre des intérêts divergents, nous contre nos descendants, actifs contre retraités, revenus du travail contre revenus du capital, et des choix économiques, régime général ou régimes particuliers, retraite par capitalisation ou par répartition.

Les spécialistes eux-mêmes sont en désaccord, et le citoyen peut se sentir perdu et s'interroger sur les intentions véritables de ceux qui le gouvernent. Dans ce contexte, apprendre que le fisc ferme l'œil sur les îles aux Seychelles, même si l'incidence directe sur le budget de l'État est minime, est un mauvais signal ; il confirme le citoyen dans ses soupçons et le conduit à rejeter l'ensemble du dispositif. Qui est inique dans les petites choses le sera aussi dans les grandes.

En d'autres termes, l'efficacité n'est pas vérifiable, mais l'équité l'est. Il y a là un paradoxe ; car si l'on a une idée précise de ce qu'est l'efficacité, il n'en est pas de même de l'équité. Pour l'économiste, une allocation de ressources, qu'il s'agisse d'une université ou de la société, est efficace si l'on ne peut pas redistribuer ces ressources de façon que chacun soit plus satisfait de son sort. S'il s'agit d'un gâteau, par exemple, tout partage sera efficace pourvu que tout ait été distribué. Cela laisse une multitude de possibilités, de la solution dictatoriale (je prends tout pour moi) à l'égalitaire (toutes les parts égales). Toutefois, elles ne seront pas toutes équitables.

Bien entendu, on a envie de dire que la solution égalitaire est la seule équitable, mais qu'en est-il si le gâteau n'est pas homogène, de sorte que les parts peuvent être de taille égale et de contenu différent, ou si la société elle-même est hétérogène ? L'ouvrier de la onzième heure doit-il être traité comme les autres ?

En dépit de l'importance du sujet, il y a peu de travaux sur l'équité. Pour l'essentiel, on en est resté à Aristote, qui la définit comme l'art de traiter les égaux également, et les inégaux inégalement, à proportion des ressemblances et des différences qui sont pertinentes. Cette définition soulève plus de problèmes qu'elle n'en résout, à commencer par le premier : qui sont mes égaux ?

L'économiste ne peut pas répondre à cette question, mais une fois la réponse donnée, il peut s'interroger sur la manière de traiter les égaux également, voire en donner une formalisation mathématique. C'est le politique qui fixe les limites du terrain et les règles du jeu, l'économiste ne fait que suivre. Robert Fogel, prix Nobel en 1993, a montré que dans les États du Sud des États-Unis, l'esclavage était une activité qui était encore parfaitement rentable au moment de sa suppression : celle-ci fut donc un acte politique. Il n'y a pas de nécessité économique. ■

Ivar EKELAND est professeur d'économie.

DÉVELOPPEMENT DURABLE

Que devient le pétrole des marées noires ?

Face aux marées noires, ne surestimons pas les capacités d'autoépuration du milieu marin.

Jean OUDOT

La dernière grande marée noire accidentelle, celle de la plateforme pétrolière *Deepwater Horizon* dans le golfe du Mexique, a libéré 660 000 tonnes de pétrole brut dans l'environnement, soit l'équivalent de trois *Amoco-Cadiz*, la pire catastrophe pétrolière survenue sur les côtes françaises, en mars 1978. Régulièrement se repose la question des conséquences de tels accidents, bien qu'ils ne représentent que cinq à dix pour cent de la pollution pétrolière marine d'origine humaine – l'essentiel est dû à l'extrac-

tion, au transport et à l'utilisation des produits pétroliers, et au dégazage des navires. Chaque marée noire a ses propres caractéristiques, selon le volume et la composition chimique du pétrole répandu et les conditions environnementales du site de déversement. Toutefois, on peut tirer quelques enseignements communs.

D'où qu'il provienne, le pétrole comporte toujours des milliers de constituants, les hydrocarbures. Les pétroles dits légers contiennent jusqu'à 40 pour cent de molécules de faible masse molaire, tel le butane,

jusqu'à 50 pour cent d'hydrocarbures de masse molaire moyenne, comme les paraffines et les aromatiques à deux et trois cycles, et 10 à 20 pour cent de fractions lourdes, par exemple les asphaltènes. Les pétroles dits lourds contiennent des proportions inverses de fractions légères et lourdes.

Lorsque le pétrole est léger ou moyen, comme dans les cas de *Deepwater Horizon*, de l'*Amoco-Cadiz* et de l'*Exxon Valdez* (1989), plus de 30 pour cent de sa masse s'évapore en quelques jours à la surface de la mer. Les composés légers, surtout

les aromatiques, sont les plus toxiques pour les organismes marins à brève échéance (quelques semaines) ; et une très faible part se dissout dans l'eau de mer.

Deux phénomènes sont responsables de l'élimination des hydrocarbures contaminants : la photo-oxydation sous l'action du rayonnement solaire ultraviolet, et surtout la biodégradation microbienne. Lorsque le milieu est suffisamment aéré et que des éléments nutritifs sont disponibles, entre 30 et 70 pour cent des hydrocarbures restant après évaporation sont dégradés par des micro-organismes.

LES COMPOSÉS LOURDS persistent des dizaines d'années dans les sédiments.

Ces derniers, surtout des bactéries, utilisent les hydrocarbures comme source de carbone et d'énergie. La biodégradation d'une nappe de pétrole dure de quelques semaines à quelques mois, voire des années lorsque l'oxygène manque, comme dans les sédiments vaseux. Elle est plus active lorsque le pétrole se trouve sous la forme d'une émulsion fine, formée de gouttelettes dispersées dans l'eau, ce qui se produit naturellement sous l'action des vagues et des courants, ou peut être favorisée par l'emploi raisonné de dispersants.

La biodégradation des molécules est le plus souvent complète : les hydrocarbures sont alors intégralement transformés en dioxyde de carbone et en eau. Il est possible en théorie de l'accélérer en apportant aux micro-organismes un supplément d'azote et de phosphore, ou en ensemençant le milieu naturel à l'aide de bactéries sélectionnées ou génétiquement modifiées, censées dégrader plus rapidement les hydrocarbures.

En réalité, le milieu marin côtier contient généralement assez d'éléments nutritifs. Et les organismes issus du laboratoire ne parviennent jamais à s'implanter dans le milieu naturel : ils entrent en compétition avec les bactéries du site, mieux adaptées aux conditions locales. La biorestauration n'est en fait pas nécessaire. Car dans tous les milieux étudiés, une sous-population bactérienne, pré-

dominante après quelques jours en cas de marée noire, assimile progressivement tous les hydrocarbures biodégradables.

Peut-on en déduire qu'il ne reste plus trace d'une marée noire au bout de quelques années ? Non. D'une part, les composés lourds présents dans tous les pétroles ne sont pas biodégradables et persistent des dizaines d'années en profondeur, au fond des océans et dans les sédiments côtiers ; on ignore en fait s'ils sont jamais éliminés. Parmi eux, les polycycliques saturés, les résines et les asphaltènes sont en principe non toxiques ; mais il en va tout autrement des hydrocarbures aromatiques polycycliques lourds (HAP), cancérogènes.

D'autre part, lorsque le pétrole contient des molécules complexes, sa dégradation par les micro-organismes n'est pas complète. Elle produit des métabolites non dégradables dont la composition chimique et la toxicité ne sont pas connues. Eux aussi persistent dans le milieu. Aucune méthode de biorestauration ne parviendra à les dégrader.

En définitive, tous les composés persistants, qu'ils soient trop stables ou complexes pour être dégradés ou qu'ils résultent de la biodégradation, finissent enfouis dans les sédiments côtiers ou profonds, avec des conséquences inconnues.

Ajoutons que, dans le cas des marées noires provoquées par un fioul lourd, comme celles de l'*Erika* (1999) ou du *Prestige* (2002), les processus d'évaporation et de biodégradation n'éliminent que 10 à 20 pour cent de la masse. Presque tous les composés légers et moyens, dégradables, ont été enlevés lors du raffinage, et les fractions lourdes non dégradables prédominent. L'enlèvement mécanique du pétrole, dans l'eau et sur le rivage, est alors la seule parade possible.

Ainsi, même si des mécanismes naturels limitent les conséquences des marées noires, il ne faut pas surestimer les capacités d'autoépuration du milieu marin. ■

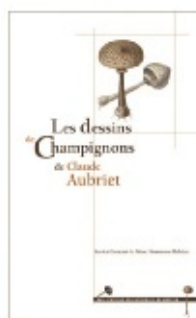
Jean OUDOT est professeur au Muséum national d'histoire naturelle, à Paris, et travaille dans l'Unité Molécules de communication et adaptation des micro-organismes (MCAM).

- J.-P. Vandecasteele, Microbiologie pétrolière, Éditions Technip, 2005.
- www.cedre.fr



MUSÉUM NATIONAL
D'HISTOIRE NATURELLE

Les dessins de Champignons de Claude Aubriet



Xavier Carteret
& Aline Hamonou-
Mahieu

Les documents manuscrits de la famille des Jussieu, professeurs de botanique au jardin du Roy puis au Muséum d'histoire naturelle ont été acquis en 1858 par le Muséum après la mort d'Adrien de Jussieu. Conservés à la Bibliothèque centrale du

Muséum ils forment un fonds riche d'informations pour l'histoire des sciences, particulièrement celle du Jardin et celle de la Botanique. Parmi les plus anciens, se trouve un portefeuille contenant 98 dessins de champignons, réalisés vers 1730, par Claude Aubriet sous la direction d'Antoine de Jussieu. Claude Aubriet, peintre miniaturiste au Jardin du Roy, est connu pour la réalisation des illustrations des *Eléments de botanique* que publie Joseph Pitton de Tournefort en 1694. Ces dessins sont loués pour leur précision par Carl von Linné lui-même. Les dessins de champignons par Aubriet furent exécutés à une période « clé » de l'histoire de la mycologie, puisqu'en 1729, Pier Antonio Micheli publie un ouvrage fondamental (*Nova plantarum genera*) sur la physiologie des champignons, accompagné d'excellentes gravures en noir et blanc. Les réalisations d'Aubriet, souvent soignées et fidèles aux modèles sont précieuses, car les représentations en couleurs de champignons sont rarissimes avant la fin du XVIII^e siècle. Elles témoignent en outre du regard que l'on portait alors sur ces cryptogames, qui apparaissaient bien mystérieux du point de vue de leur organisation, de leur reproduction et, pour tout dire, de leur « existence » même.

Cette publication intéressera vivement les mycologues et contribuera à faire connaître Claude Aubriet. En outre, elle souligne le rôle décisif que les illustrateurs scientifiques ont toujours joué au cours de l'histoire.

ISBN : 978-2-85653-654-4 • 330 p. • 94 € TTC

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES DU MUSÉUM

Commandes et renseignements :

Muséum national d'Histoire naturelle

Publications scientifiques

Case postale 41 • 57 rue Cuvier • 75231 Paris cedex 05

Tél. : 01 40 79 48 05 • Fax : 01 40 79 38 40

diff.pub@mnhn.fr • <http://www.mnhn.fr/pubsci>