

Communication de la chimie

Voir la chimie autrement : la notion de « chaîne épistémique »

Dans nos dernières chroniques⁽¹⁾ et dans le contexte d'une science moderne fortement soumise à la pression sociale, nous nous interrogeons sur la possibilité, pour le chimiste, de simultanément se montrer concerné par les effets négatifs des applications de sa discipline et de se sentir respecté pour les progrès techniques qui lui étaient dus. Invoquant le philosophe Ludwig Wittgenstein, nous explorions en l'occurrence la piste consistant en une approche de la chimie qui ne la considère plus comme une et indivisible, mais comme une juxtaposition de pratiques entretenant entre elles des « airs de famille ».

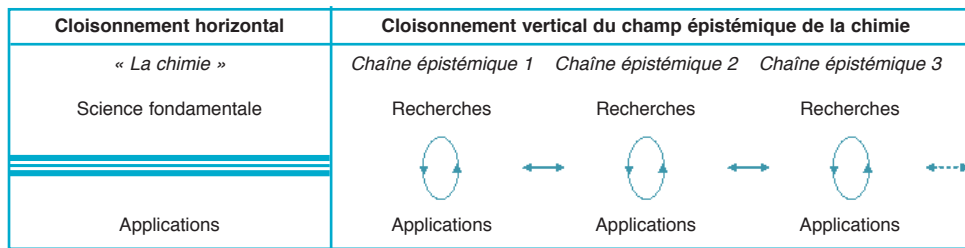
Ayant réfuté le cloisonnement horizontal entre la chimie et ses applications, nous en proposons par suite un autre, transversal cette fois, entre des catégories que nous nommerons plus loin « chaînes épistémiques » (voir *figure*). Ne nous méprenons pas : il n'est pas question ici de dire que la chimie n'existe pas et il sera toujours possible de parler de « la chimie ». Notre propos consiste simplement à essayer de moduler sa perception unique et globale pour nous en faire une idée plus opératoire, notamment en termes de (bonne) conscience, de responsabilité et de communication publique. Ici encore⁽²⁾, la pertinence théorique du choix épistémologique que l'on accepte de faire cède la place à ses implications sur la représentation et sur l'image de la science qu'ils confèrent respectivement aux scientifiques et à la société.

Reprenons par exemple l'extrait d'un texte rédigé récemment par notre collègue Roger Barlet à l'intention de journalistes de la radio⁽³⁾ : « *Il est bien vrai qu'on met l'accent, à juste titre, sur des composés qui, dans la vie de tous les jours, sont mis en cause pour leur nocivité : composés organiques volatils et formaldéhyde des peintures et vernis, pollution atmosphérique par l'ozone et les dioxydes d'azote, diffusion des pesticides dans les sols et les eaux, pollution par les PCB, etc. ; mais il existe aussi une majorité de produits chimiques fort heureusement inoffensifs, présents dans notre vie quotidienne et appréciés pour leur intérêt : médicaments, parfums, arômes et aliments ; quelques-uns d'entre eux d'ailleurs surmédialisés comme les antioxydants (par exemple les polyphénols du vin ou du thé) ou les acides gras de l'huile de colza ou de l'huile de noix. Et que dire de l'oxygène, indispensable à la vie,*

et du glucose, aliment musculaire par excellence, tous deux produits chimiques dont on ne peut évidemment se passer. » Peut-être le lecteur assidu de cette chronique a-t-il deviné notre désaccord avec le contenu de ces lignes, mais tel n'est pas notre propos aujourd'hui, d'ailleurs tenu en d'autres circonstances⁽⁴⁾. Le chimiste, parce qu'il se reconnaît dans une discipline qui englobe la recherche des mécanismes, les applications pharmaceutiques, les produits naturels et synthétiques, la distillation du vin et la synthèse de l'ypérite, vit dans un dilemme permanent (voir notre chronique précédente⁽⁵⁾). Mais faute de pouvoir réassigner ces pratiques dans des chaînes épistémiques indépendantes, il en vient à mettre en balance l'efficacité des médicaments ou les vertus de

l'oxygène avec la nocivité des vernis et la pollution par l'ozone.

Quel est ce cloisonnement vertical, que nous entendions plus haut substituer à une distinction science vs application horizontale, qui serait propre à éviter ces travers ? Contre cette distinction horizontale, nous proposons d'une part que la chimie soit considérée comme un *réseau* de connaissances, de compétences, d'attitudes et d'actions où s'entremêlent recherche fondamentale, applications et loi du marché, se nourrissant les uns les autres⁽⁶⁾. Mais un réseau dans lequel il est possible de caractériser des chaînes épistémiques verticales débouchant sur des applications particulières, ces dernières ayant des effets secondaires (bénéfiques ou négatifs) propres. Une telle chaîne se



Deux types différents de cloisonnements de la chimie.

Farben, une pièce de Mathieu Bertholet*

Deux coups de feu dans l'aurore. Mai 1915, Clara Haber perd son sang dans le gazon mouillé. Près d'elle, son fils, son mari. Pas de larme. Le mari ramasse son arme de service. Il quittera Berlin dans la journée, direction le front de l'Est.

Il y avait une fête hier soir dans cette villa. Des officiers, des scientifiques et leurs femmes ont fêté le succès de Fritz Haber et de son Institut dans les tranchées d'Ypres. On fêtait la mort de dix-huit mille hommes, tombés dans la première attaque au gaz de l'histoire. Ils étaient des ennemis, une bonne raison de fêter ça. Mais Clara s'est traînée dans la maison depuis le matin. Elle ne veut pas. Elle s'est disputée avec son mari pendant sa fête, avant de monter très tôt dans sa chambre. Elle ne peut plus supporter que leur science, leur travail aient mis fin à tant de vies.

Mais Fritz veut montrer qu'un Juif peut être aussi un bon Allemand. Il veut, à tout prix, aider l'Allemagne à faire une avancée significative dans les tranchées de la Grande Guerre. Depuis le début de la guerre, il concentre ses recherches sur une nouvelle arme : le gaz de combat. Il utilise les relations qu'il a tissées dans l'industrie chimique durant ses années de travail. Cherchant un produit qui soit facile à exploiter dans l'Allemagne isolée par le Blocus, il a trouvé des produits dérivés de la fabrication d'engrais. Après de nombreux tests dans son Institut et sur le terrain près de Cologne, la première attaque a eu lieu le 22 avril 1915.

« *J'ai écrit l'histoire d'un homme et d'une femme qui se sont consacrés à la science avec la même conviction : faire le bien de l'Humanité. Et pourtant, en une nuit, sont morts dix-huit mille soldats anonymes et la première femme chimiste de Breslau. Tous deux ont porté la responsabilité de leurs rêves. Fritz croyait en l'Allemagne, en la recherche et en la science. Clara en une science pour l'Humanité. Cette pièce s'appelle fArbEn, parce que les gaz de combat sont colorés, et parce que Clara rêve en couleurs. Une pièce sur des rêves, des rêves en couleurs, sur le pouvoir et les dangers de la science.* » Mathieu Bertholet

Durant la guerre, Fritz Haber développera encore de nombreux gaz, du gaz de chlore en passant par le gaz moutarde jusqu'au Zyklon. À sa mort en 1934, il ignorera que quelques années plus tard, des millions d'autres Juifs mourront de sa découverte dans les chambres à gaz.

*<http://tinyurl.com/px2yat>

structurera progressivement autour d'une application, chaque maillon en représentant l'un des aspects ou des enjeux (la recherche nécessaire à sa création, les avantages et inconvénients sociétaux, le profit financier qui peut en être tiré, l'éthique, etc.). Que l'un des acteurs de cette chaîne soit irresponsable, et c'est toute la chaîne qui peut s'emballer et produire les pires débordements, comme l'illustre l'encadré de la page précédente.

Cela ne signifie pas que la chimie soit toute entière mise en cause, mais l'existence du réseau justifie que tout acteur, à tout moment et en tout point, se rende attentif à ce qui peut découler de son travail et de celui de ses pairs. Que les chimistes pensent davantage en termes de régulation interne que de corporatisme ne pourrait que faire du bien à leur discipline. Pour ce faire, la

penser une de manière globale et la séparer de ses applications ne nous semble décidément pas la meilleure voie pour la responsabiliser.

Remerciements

L'auteur adresse ses plus sincères remerciements à Edouard Kleinpeter, Antoine Blanchard, Bastien Lelu et Francine Pellaud pour leur relecture attentive et leurs précieux conseils lors de la rédaction de cette chronique.

Richard-Emmanuel Eastes,
le 18 septembre 2009



Photo : S. Querbes

Richard-Emmanuel Eastes est agrégé de chimie, responsable du programme Communication-Éducation-Valorisation-Éthique du Département d'Études cognitives à l'École normale supérieure, Président de l'association Les Atomes Crochus et membre du Bureau de la Commission Chimie et Société.

- (1) Retrouvez l'intégralité de ces chroniques sur le blog *Parlez-vous chimie ?* : www.parlezvouschimie.org
- (2) Comme lorsque dans une chronique précédente, nous admettions qu'il était possible, si on le souhaitait et bien que nous ne partageons pas ce point de vue, de séparer par la pensée la science de ses applications.
- (3) Courrier du 18/01/09, retranscrit dans le *SCF Info en ligne* du 1^{er} février 2009.
- (4) Voir par exemple notre chronique « Tout » est chimique ?, *L'Act. Chim.*, 2008, 320-321, p. 5.
- (5) La chimie responsabilisée..., *L'Act. Chim.*, 2009, 333, p. 3.
- (6) À titre programmatique, suggérons même que s'y ajoutent les acteurs sociaux et les règles éthiques.

Polémiques

Carbone, vous avez dit carbone ?

Je ne sais pas si la taxe carbone décidée en septembre modifiera en profondeur le comportement de nos concitoyens, mais elle a déjà fait couler des tonnes d'encre et de salive cet été. Elle a évidemment relancé le débat entre les « climatécologues » et les « climatosceptiques » à propos des gaz à effet de serre. Même chez les Français convaincus du réchauffement climatique, conscients des limites des ressources fossiles et partisans des économies d'énergie, une nouvelle « taxe » n'est jamais bienvenue et suscite des questions sur son impact réel. En tant que chimistes et scientifiques, nous aimons nous baser sur des faits, en l'occurrence : quid des émissions de CO₂ ?

Les dernières données du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2007) et de l'Organisation météorologique mondiale (OMM, 2008) montrent une augmentation importante des teneurs en CO₂ et autres gaz à effet de serre depuis ce que l'on appelle le début de l'ère industrielle (*tableau I*), avec une mention particulière pour les chlorofluorocarbures CFC (11 et 12) qui amorcent une réelle diminution depuis 2000 (suite au protocole de Montréal en 1987).

Pour les émissions brutes mondiales annuelles, en équivalent CO₂, il faut se rappeler que le méthane a un forçage radiatif 25 à 26 fois plus fort que le

CO₂, et de même le N₂O 310 fois plus fort (*tableau II*).

À ces émissions, il faut ajouter les émissions diffuses, soit naturelles, soit indirectement anthropologiques. On oublie par exemple notre propre respiration à raison de 6 à 10 L/min à 3,5 % qui expire de 0,7 à 1 kg de CO₂ par jour, soit 2 à 2,4 Gt par an pour six milliards d'êtres humains. Par ailleurs, des chercheurs australiens et canadiens ont estimé les émissions des bovins – qui libèrent du méthane par fermentation entérique* et déjections – de l'ordre de 384 Mt. Plus curieux, les termites, usines à transformer le bois et grands « péteurs » devant l'éternel, participent aussi à ces émissions (*tableau III*).

Le total est alors proche de 65 Gt équivalent CO₂ dont la combustion des ressources fossiles représente moins de la moitié (ce qui fait dire à certains scientifiques que le phénomène climatique est principalement naturel, voire cosmologique et hors contrôle humain). L'équilibre précaire est assuré par les puits de carbone – les plantes par photosynthèse et les océans par dissolution –, avec cependant deux remarques :

- L'augmentation de la population (9 milliards en 2050) nécessitera de nouvelles terres agricoles, de meilleurs rendements, diminuera les espaces forestiers et forcera les émissions.

- Le processus d'absorption du CO₂ dans les océans de l'ordre de 10 à 11 Gt bien que très complexe – photosynthèse des plantes de surface,

plancton, agitation des eaux, précipitation des carbonates... – dépend cruellement de la température et du pH. La solubilité de CO₂ dans l'eau varie de 0,07 g/L par degré entre 10 et 20°. D'un point de vue thermodynamique simpliste, une élévation de température de 0,1° sur les 1,4 Md de km³ d'océans peut entraîner une variation énorme de CO₂ : 9 590 Gt, soit 150 fois les émissions annuelles !

La France ne représente que 1,7 % des émissions anthropogéniques mondiales et de l'ordre de 1 % des émissions globales. Notre répartition par activités est un peu singulière par rapport à celles des États-Unis, de la Chine ou de l'Allemagne, l'essentiel de l'électricité étant d'origine nucléaire et donc sans émission de CO₂ (*tableau IV*).

Dans la forêt d'avis et d'anathèmes que l'on a entendus cet été à propos de la taxe carbone, on a « oublié » quelques constatations :

- L'industrie ne représente en France que 20 %, largement dépassée par le transport routier et le chauffage et l'éclairage du résidentiel et tertiaire ; l'agriculture n'est pas loin non plus avec les ¾ des émissions industrielles.

- Contrairement aux autres domaines, l'industrie n'a pas attendu 2009 pour évoluer. Depuis 2002 en France, de nombreuses industries se sont regroupées dans l'Association des Entreprises pour la Réduction des

Gaz	% atmosphère actuel	% atmosphère en 1800	Δ+ en %	Δ/an moyen (années 2000)
CO ₂	384 ppm	280 ppm	140 %	+ 2 ppm
CH ₄	1 790 ppb	700 ppb	250 %	+ 3 ppb
N ₂ O	321 ppb	270 ppb	120 %	+ 0,8 ppb
CFC + HCFC	400-500 ppt	/	/	- 1 ppt

Tableau I - Évolution des teneurs en CO₂ et autres gaz à effet de serre depuis 1800.

Effets de Serre (AERES – tiens, ça me rappelle quelque chose...). Pour sa part, l'industrie chimique a réduit ses émissions de 45 % en quinze ans.

- De plus depuis 2005 en Europe, il existe un système européen d'allocation de quota (« Emission Trading Scheme », ETS) avec des registres nationaux qui encadre les permis d'émissions, donne aux entreprises les possibilités d'échanges de quota et des pénalités en cas de dépassement avec des objectifs de réduction supplémentaire de 20 % d'ici 2020. On notera que la valeur d'échange des quota en septembre était de 16 € la tonne de CO₂ (tiens, ça me rappelle aussi quelque chose...).

- Pour des raisons économiques évidentes, la « Contribution Climat Énergie » devrait être généralisée et pas restreinte à la France. Il importerait aussi qu'une étude d'impact intégrant la problématique fiscale, environnementale et industrielle soit menée.

Une taxe carbone qui ne serait cantonnée qu'au secteur industriel serait un vrai non sens, car les autres secteurs – transport, résidentiel, agriculture – qui concernent de plus près l'individu représentent trois fois plus d'émissions. On gommerait aussi l'aspect psychologique de sensibilisation de tous les particuliers aux économies d'énergie qui peut changer nos comportements. Il est vrai que son niveau actuel, bien faible, risque de paraître insignifiant en regard d'une prochaine hausse du baril de pétrole, avec le même sort qu'a subi la taxe écologique en Allemagne de 2006 à 2008.

Si vous êtes un « écocitoyen », et si vous parlez le « politiquement correct », je vous engage à calculer votre vraie contribution réelle au « Climat Énergie ». Par exemple : 15 000 km/an en automobile moyenne (8 L/100 km), soit 2,73 t CO₂ ; le chauffage au fuel, 2 000 L/an, soit 5,2 t CO₂ ; mais aussi l'alimentation avec 20 kg de bœuf et 10 kg de poulet par an, soit 200 kg CO₂ (l'agriculture et l'élevage sont aussi des sources fortes)... Ne parlons pas des

lychees de la Réunion, des haricots verts du Kenya et des échalotes de Nouvelle-Zélande qui feraient monter la note ! Enfin, je vous souhaite de bien respirer chaque jour, soit 400 kg/an CO₂. Tout cela nous amène donc à un total d'environ 140 € (au prix de 16 €/t), que je vous engage à verser directement au « planétethon » que l'on nous organisera certainement bientôt...

Jean-Claude Bernier,
le 14 septembre 2009

*du méthane est produit quand les sucres sont dégradés dans le tractus digestif de l'animal.

Émissions en CO ₂ et équivalents CO ₂ par an	
Combustibles fossiles	29 Gt
Déforestation	8 Gt
Méthane	8,4 Gt
N ₂ O	3,7 Gt
Halocarbures	0,5 Gt

Tableau II.

Émissions diffuses (en équivalent CO ₂)	
Respiration humaine	2-2,4 Gt
Bovins	9 Gt
Termites	4 Gt
Volcans et fermentations	5 à 10 Gt

Tableau III.

Domaine d'activité en France	% du CO ₂ émis
Transports routiers	26
Résidentiel, tertiaire	24
Industrie manufacturière	20
Agriculture	14
Transformation énergie	13
Autres	3

Tableau IV.



Jean-Claude Bernier est vice-président de la SCF.

Your chemical needs are our focus

Benefit from our longstanding experience in:

- > Lead Compound Development
- > Derivate Synthesis
- > Building Blocks
- > Process Optimization
- > Drug Intermediates
- > Exclusivity under NDA/CDA
- > Reference Compounds

TAROS
Chemicals

Taros Chemicals GmbH & Co KG
Emil-Figge-Str. 76a
44227 Dortmund
phone: +49(0)231 974 27211
fax: +49(0)231 974 27219
www.taros.de · info@taros.de

CONTRACT RESEARCH & CUSTOM SYNTHESIS