

# Chimie verte

## La technoscience au pied de l'arc-en-ciel

*Adrien Normand*

Pour citer ce texte : Normand, Adrien, « Chimie verte. La technoscience au pied de l'arc-en-ciel », *Vocabulaire critique & spéculatif des transitions* [en ligne], 15/11/2021, disponible sur : <https://vocalairedestransitions.fr/article-18>, CC-BY-NC-ND.

Chimie verte, durable, écoresponsable, écologique, écoresponsable... la chimie verte et ses avatars interrogent. Quelle est la fonction de ces oxymores dans les discours scientifique, politique et économique ? Peut-on réellement prétendre concilier chimie et environnement ? Après l'empoisonnement des allumettiers et de leurs enfants au phosphore blanc, les gaz de combat de la Grande Guerre, la pollution des milieux et des corps au DDT et au chlordécone, le trou dans la couche d'ozone causé par les chlorofluorocarbones, la catastrophe de Bhopal (Jarrige et Le Roux, 2018) ? Justement, cette énumération très partielle fournit un début de réponse. L'industrie chimique, et plus largement la communauté des chimistes, ne pouvait rester passive face aux critiques du mouvement environnementaliste, et à la pression réglementaire qui en découla, à partir des années 1960 (Amato, 2013 ; Bensaude-Vincent, 2013). Pour autant, on aurait tort de réduire la chimie verte à un cas particulièrement cynique de *greenwashing* à grande échelle, ou à une révolution vertueuse opérée par l'industrie chimique. Si les discours des chimistes eux-mêmes sur la chimie verte en général sont d'un intérêt limité tant ils relèvent essentiellement de cette seconde explication, les sciences sociales ont produit un corpus restreint de travaux pertinents sur le sujet, qui permettent d'en appréhender les enjeux <sup>1</sup>.

**LIR3S**

UMR 7366 CNRS-uBFC

Faculté de Sciences Humaines

4 bd Gabriel - BP 17270 F - 21072 DIJON CEDEX

Tél. : 33 (0)3 80 39 53 52 – mail : [lir3s@u-bourgogne.fr](mailto:lir3s@u-bourgogne.fr)

1. Cette contribution est donc aussi une tentative de restitution de ces travaux par un chimiste, avec tous les risques de contresens, d'omissions et d'interprétations erronées inhérents à ce type d'entreprise.

## Contre-feux industriels

Au mitan des années 1980, l'industrie chimique mondiale est en crise. L'explosion de l'usine Union Carbide de Bhopal en décembre 1984 a exposé un demi-million de personnes aux effets de l'isocyanate de méthyle, un gaz extrêmement toxique (Amato, 1993). En mai 1985, une équipe de scientifiques britanniques révèle la présence d'un important déficit saisonnier d'ozone (le désormais fameux « trou ») dans la stratosphère au-dessus de l'Antarctique (Farman, 1985). Ces pollutions fortement médiatisées font irruption dans le débat public après une séquence de controverses particulièrement virulentes autour des nuisances de la chimie. Depuis la publication en 1962 de l'ouvrage de Rachel Carson, *Silent Spring* (Carson 2009), dénonçant les ravages écologiques causés par l'utilisation du DDT comme insecticide, la chimie est de nouveau associée à la mort (Bensaude-Vincent, 2013). Si le slogan de DuPont « *Better things for better living... through chemistry* »<sup>2</sup> a pu brièvement conjurer le spectre d'une chimie meurtrière après les horreurs de la Première Guerre mondiale, l'étude de Carson arme la critique environnementaliste par la mise en évidence du potentiel mortifère de substances pourtant présentées comme un progrès pour l'humanité. L'industrie chimique réagit vigoureusement à ces attaques, y compris par des campagnes de diffamation contre Carson, présentée comme une « femme hystérique » (Bensaude-Vincent, 2014). La stratégie de communication des industriels repose alors essentiellement sur la mise en avant des effets bénéfiques, réels ou supposés, des substances qu'ils produisent : ainsi le DDT est présenté comme un composé permettant d'éradiquer le paludisme et le typhus

2. Ce slogan datant des années 1930 est remarquable par sa faculté à plier en sept mots la pensée à l'œuvre dans le projet technoscientifique de la chimie : en effet, la chimie est avant tout pensée comme une science destinée à produire des biens matériels et du confort pour le plus grand nombre. En outre, il est significatif que « *through chemistry* » ait été enlevée au début des années 1980. On peut y voir le symptôme d'une visibilité accrue des pollutions d'origine chimique, mais également de l'*invisibilisation des substances* pour les consommateurs occidentaux – elle-même conséquence de la division du travail et de la délocalisation des sites de production et de traitement des déchets dans les pays du Sud.

(Anonyme, 2012). Cependant cette posture défensive ne permet pas de dessiner une sortie de crise, car elle revient à admettre que les attaques contre la chimie sont (au moins) partiellement fondées. C'est à la faveur d'un compromis inédit – entre les grands groupes industriels de la chimie, le monde académique et les administrations des puissances industrielles occidentales – que la chimie verte va alors progressivement s'imposer comme récit pacificateur, et réduire l'intensité des controverses<sup>3</sup>.



Figure 1 : Source, revue *Survivre et Vivre*, 1971, n° 10 p. 26, disponible sur <https://science-societe.fr/survivre/> (reproduit dans : Pessis, 2014)

## De la régulation à la collaboration

La chimie verte prend son essor dans les années 1990 aux États-Unis, où l'Agence de protection de l'environnement (EPA) a été créée en 1970. Cette dernière joue un triple rôle : celui d'une agence de financement de la recherche en chimie verte ; d'une instance de légitimation et de réhabilitation des industriels dont l'image a été écornée par le mouvement environnementaliste (par la distribution de prix, les « Green Chemistry Challenge Awards »,

3. Récit qui relève à la fois du mythe et de l'épopée, comme le relève la philosophe Bernadette Bensaude-Vincent (Bensaude-Vincent, 2013, 2014).

censés récompenser les innovations les plus vertueuses) ; et d'employeur des principaux *VRP de la chimie verte*, à commencer par le plus connu d'entre eux : Paul Anastas (Linthorst, 2010).

Plus largement, c'est la réglementation fédérale qui crée les conditions d'émergence de la chimie verte. Le « Toxic Substances Control Act » (TSCA) est d'abord promulgué en 1976. Aujourd'hui reconnu comme un échec, en raison notamment des moyens insuffisants attribués à l'EPA pour établir la toxicité des substances commercialisées (Wilson, 2009), ce texte ouvre la voie au « Pollution Prevention Act » (PPA) de 1990 (Linthorst, 2010). L'originalité du PPA est d'introduire une logique de prévention des pollutions par la recherche de substances moins nocives et de procédés moins polluants – jusqu'alors, la réglementation visait à administrer les pollutions après le fait accompli. Mais sa faiblesse principale réside dans son caractère quasi-invocatoire : en abandonnant toute ambition régulatrice au profit d'une vague incitation à innover, le Congrès américain condamne l'EPA à l'impuissance face aux intérêts économiques <sup>4</sup>. De plus le progrès technique, tout inéluctable qu'il soit, ne se décrète pas par voie législative. C'est donc aux industriels qu'il incombe de développer une chimie moins polluante... à leur rythme, sous perfusion de fonds publics et avec l'assurance que l'administration les traitera avec bienveillance en cas d'échec à tenir leurs promesses <sup>5</sup>. Sous l'impulsion de l'EPA, la chimie verte va donc se développer, comme concept et comme pratique, à l'interface du monde académique et de l'industrie <sup>6</sup>.

---

4. L'invocation de la science et de l'innovation a une fonction pacificatrice, comme s'il s'agissait de mettre à distance les controverses des années 1960-1970. Comme le remarque Laura Maxim, « l'appel à la science, dont l'industrie a la maîtrise, permet d'évoquer les problèmes environnementaux sous un angle positif, comme des défis à relever pour l'innovation technique » (Maxim, 2015). Bernadette Bensaude-Vincent souligne pour sa part que « la fonction du qualificatif « vert » est d'éviter l'affrontement brutal des valeurs » (Bensaude-Vincent, 2013).

5. Au niveau international, le protocole de Montréal, adopté en 1987, impose une approche beaucoup plus radicale d'interdiction des CFC responsables du « trou » de la couche d'ozone. Cependant, les industriels disposaient déjà de produits de substitution (Bensaude-Vincent, 2013), ce qui est loin d'être toujours le cas.

6. La National Science Foundation (NSF) joue également un rôle important avec le programme « Environmentally Benign Chemical Synthesis and Processing » qui

## Douze principes pragmatiques

Après quelques années de tâtonnements durant lesquelles le terme de chimie verte est utilisé en l'absence d'une définition précise, Paul Anastas (EPA) et John Warner (Polaroid / University of Massachusetts) énoncent les douze principes de la chimie verte en 1998 (Linthorst, 2010) <sup>7</sup>. Parfois présentés comme un changement de paradigme, ces principes (Encadré 1) relèvent plus d'un code de bonne conduite ou d'éthique (Bensaude-Vincent, 2013 ; Maxim, 2017). On peut en résumer la philosophie générale comme suit :

1. Prévention des pollutions et des accidents ;
2. Économie de matière et d'énergie ;
3. Circularité des ressources (d'où l'accent mis sur la chimie issue de la biomasse) ;
4. Innocuité des substances produites (y compris les intermédiaires réactionnels).

Rien de renversant donc, rien de très nouveau non plus. Le deuxième point notamment relève de la chimie et de la thermodynamique les plus élémentaires, et il est étonnant qu'il soit nécessaire de le rappeler à la fin du XX<sup>e</sup> siècle. Surtout, les douze principes sont énoncés de façon très pragmatique, c'est-à-dire à la condition : « lorsque c'est possible ». L'ambition de la chimie verte est donc très modeste, mais comme le souligne un chimiste américain (Maxim, 2017) :

Il n'y a pas de normes [sur] ce qui est vert. Lorsque vous proposez quelque chose de mieux, c'est toujours vert. Si vous modifiez à nouveau le flux d'eau dans un certain processus et que vous économisez, disons 10 000 tonnes d'eau, sur une année, alors vous avez fait du bon travail. <sup>8</sup>

En d'autres termes : l'industrie chimique part de tellement

---

préfigure des initiatives similaires prises en France à partir de la fin des années 2000 (Schulz, 2017).

7. Le fait que ces acteurs centraux gravitent entre administration, industrie et monde académique est révélateur de la nature « interfaciale » de la chimie verte.
8. Traduit par Jean-Louis Tornatore.

loin que l'amélioration des procédés a forcément un impact positif sur l'environnement. La question centrale reste tout de même de savoir si ce type de progrès « incrémental » répond un tant soit peu aux enjeux environnementaux...<sup>9</sup>

### Encadré 1 : les douze principes de la chimie verte<sup>10</sup>

1. Prévention : il vaut mieux produire moins de déchets qu'investir dans l'assainissement ou leur élimination.
2. L'économie d'atomes : les synthèses doivent être conçues dans le but de maximiser l'incorporation des matériaux utilisés au cours du procédé dans le produit final.
3. Lorsque c'est possible, les méthodes de synthèse doivent être conçues pour utiliser et créer des substances faiblement ou non toxiques pour les humains et sans conséquence sur l'environnement.
4. Les produits chimiques doivent être conçus de manière à remplir leur fonction désirée tout en minimisant leur toxicité.
5. Autant que possible, il faut rendre l'utilisation de substances auxiliaires (solvants, agents de séparation, etc.) inutile et, lorsqu'on en utilise, que ce soient des substances inoffensives.
6. Les besoins énergétiques des procédés chimiques doivent être reconnus pour leurs impacts sur l'économie et l'environnement, et doivent être minimisés. Si possible, les réactions de synthèse doivent être conduites dans les conditions de température et de pression ambiantes.
7. Lorsque c'est technologiquement ou économiquement praticable, les matières premières utilisées doivent être renouvelables plutôt que non renouvelables.

9. De plus ce raisonnement ne prend pas en compte l'effet rebond inévitable suite à toute amélioration technique.

10. Anastas et Warner, 1998 ; traduit par Nieddu, Vivien *et al.*, 2014.

8. Lorsque c'est possible, toute déviation inutile du schéma de synthèse (utilisation d'agents bloquants, protection/déprotection, modification temporaire du procédé physique/chimique) doit être réduite ou éliminée parce que chaque étape requiert des agents additionnels et peut générer des déchets. 9. Les réactifs catalytiques (aussi sélectifs que possible) sont plus efficaces que les réactifs stœchiométriques.

10. Les produits chimiques doivent être conçus de façon à pouvoir se dissocier en produits de dégradation non nocifs à la fin de leur durée d'utilisation, cela dans le but d'éviter leur persistance dans l'environnement.

11. Des méthodologies analytiques doivent être élaborées afin de permettre une surveillance et un contrôle en temps réel et en cours de production avant qu'il y ait apparition de substances dangereuses.

12. Les substances et la forme des substances utilisées dans un procédé chimique devraient être choisies de façon à minimiser les risques d'accident chimique, incluant les rejets, les explosions et les incendies.

### L'interdisciplinarité comme promesse

Les douze principes d'Anastas et Warner introduisent néanmoins une réelle nouveauté, à travers l'injonction implicite à l'interdisciplinarité qu'ils comportent. En effet, l'accent mis sur la prévention implique que les chimistes travaillent de concert, voire en symbiose avec les ingénieurs chimistes, les toxicologues et les écotoxicologues<sup>11</sup>. Traditionnellement, l'industrie chimique

11. Le génie chimique est une branche de l'ingénierie qui vise à étudier et contrôler les phénomènes physico-chimiques dans les installations industrielles mettant en œuvre des réactions chimiques. La distinction chimie/génie chimique ne traduit pas tant une (discutable) division fondamentale/appliquée qu'une orientation différente des savoirs : les chimistes s'intéressent avant tout à la composition des substances chimiques et des milieux réactionnels, alors que les ingénieurs chimistes se focalisent sur les paramètres thermodynamiques (température, pression) des réactions chimiques et sur les installations elles-mêmes. La distinction toxicologie/écotoxicologie repose quant à elle sur des échelles d'observation de tailles différentes : l'écotoxicologie s'intéresse aux effets toxiques des polluants sur les écosystèmes, alors que la toxicologie étudie

développe des substances possédant des propriétés pour un usage déterminé : par exemple le deca-BDE (un mélange de dérivés aromatiques bromés) est utilisé comme retardateur de flamme en raison de ses propriétés ignifugeantes. Dans la chaîne de production qui mène de l'observation des propriétés d'une substance à sa commercialisation, la chimie est donc toujours en amont du génie chimique, de la toxicologie et de l'écotoxicologie ; la chimie verte se propose de renverser cette logique en intégrant toutes les disciplines dès la recherche de nouvelles molécules (Maxim, 2017)<sup>12</sup>. Dans cette perspective, un retardateur de flamme « vert » serait une substance non toxique (de même que ses produits de combustion), synthétisée à partir de matières premières renouvelables par des procédés possédant un excellent bilan de matière et d'énergie, et ne générant pas de sous-produits toxiques. Surtout, les propriétés toxicologiques d'une telle substance devraient être anticipées dès la phase de recherche et développement, afin de ne pas avoir à subir une éventuelle procédure d'autorisation exceptionnelle<sup>13</sup>.

En réalité, l'analyse du discours des chimistes sur leurs propres pratiques révèle que l'intégration de la toxicologie est

---

ces effets sur les individus, voire les cellules.

12. Il est intéressant de noter que les premiers avocats de la chimie verte à l'EPA (Roger Garrett et Steven DeVito) ont proposé une intégration de la toxicologie selon des modalités très différentes de celles finalement retenues. Leur proposition, inspirée de la chimie médicinale, consiste à concevoir des molécules dont les métabolites ne sont pas toxiques. Aujourd'hui, cette hypothèse a été abandonnée au profit d'une conception nettement plus pragmatique, proposée par Anastas et Warner, selon laquelle la toxicologie se borne à servir d'aide à la décision pour l'autorisation ou l'interdiction des substances (Woodhouse et Breyman, 2005). Le fait que cette conception ait rencontré les faveurs des chimistes n'est sans doute pas étrangère à leur méconnaissance des enjeux scientifiques de la toxicologie (Maxim, 2017).
13. Aux États-Unis (TSCA, Toxic Substances Control Act) et en Europe (REACH, Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of CHemicals), les industriels sont tenus de fournir certaines données concernant les dangers et la toxicité des substances qu'ils produisent. En théorie donc, la commercialisation de substances problématiques du point de vue de leur toxicité est soumise à des restrictions. Mais d'une part une autorisation peut être donnée s'il n'existe pas de produits de substitution (cf. les cas du chlordécone et des néo-nicotinoïdes), d'autre part les données fournies sont souvent lacunaires (à cause notamment du secret industriel) (Wilson, 2009).

l'équivalent épistémologique du pied de l'arc-en-ciel : quelque chose que l'on voit de loin et dont on espère beaucoup, mais qui demeure insaisissable. Cette « promesse éthique » à l'origine de la chimie verte reste à ce jour largement non tenue. En effet, à l'immense complexité des questions scientifiques et techniques à traiter s'ajoute un contexte académique défavorable : les chimistes sont peu ou mal formés en toxicologie, et le choix de l'interdisciplinarité peut se révéler coûteux en termes d'avancement de carrière (Maxim, 2017).

Dès lors que l'horizon d'une chimie atoxique est sans cesse repoussé, que reste-t-il des promesses initiales de la chimie verte ? Des procédés en constante amélioration – dont les bénéfices environnementaux restent fragiles en raison de l'effet rebond – et l'émergence d'un nouvel objet : la bioraffinerie.

### **Tout changer pour que rien ne change : la bioraffinerie**

Les grands intermédiaires de la chimie organique sont quasiment tous dérivés du pétrole<sup>14</sup>. Bien que la circularité des ressources soit un enjeu important pour tous les éléments de la classification, l'épuisement des ressources fossiles en carbone et le changement climatique (causé notamment par les émissions en dioxyde de carbone et en méthane) constituent des incitations particulièrement fortes à « fermer » le cycle du carbone dans le cas de la chimie organique. Cet objectif peut être théoriquement réalisé à travers l'utilisation des plantes comme source de carbone<sup>15</sup>. C'est ainsi que les chimistes organiciens interprètent le septième principe de la chimie verte (voir Encadré 1).

- 
14. La chimie organique est à la fois la sous-discipline qui s'intéresse aux molécules à squelette carboné, et un secteur de production industrielle (essentiellement basé sur l'exploitation du pétrole).
  15. En réalité les plantes ne sont pas simplement des usines à réduire le dioxyde de carbone. Elles intègrent d'autres éléments, notamment l'azote, le phosphore, le potassium et bien sûr l'oxygène et l'hydrogène. Notons en passant que les usages « chimiques » de la biomasse végétale (notamment dans le domaine des matériaux) sont bien antérieurs au développement de la chimie verte. La réactivation récente de cette thématique doit aussi beaucoup aux excédents alimentaires enregistrés par les grandes nations agricoles à partir du milieu des années 1980 (Nieddu, Garnier et Bliard, 2014).

La « bioraffinerie » est donc l'objet technique qui permet de transformer la biomasse végétale en molécules organiques tout en générant du profit. Mais, comme le soulignent Martino Nieddu et Franck-Dominique Vivien, la bioraffinerie est également un « concept organisateur » : en effet, elle existe avant tout dans les discours des décideurs politiques et des (agro)industriels. Elle définit un horizon qui va se matérialiser progressivement, à travers la construction d'unités pilotes, puis de démonstration. C'est donc un objet intermédiaire de la transition, un « objet transitionnel » (Nieddu et Vivien, 2015b) <sup>16</sup>.

Les différentes trajectoires technologiques – toujours en construction et en compétition les unes avec les autres – qui partent de la raffinerie de pétrole à la bioraffinerie peuvent être analysées en termes de « patrimoines productifs collectifs » (Nieddu, Garnier et Vivien, 2014) <sup>17</sup>. Il a été montré que quatre voies de traitement de la biomasse, basées sur autant de patrimoines productifs collectifs, étaient en compétition. Ces quatre voies se distinguent les unes des autres par leur manière d'aborder la complexité des macromolécules constituant la biomasse.

Ainsi, les deux premières (PP1 et PP2) adoptent la philosophie du « craquage », c'est-à-dire la réduction radicale de la complexité végétale afin d'obtenir des molécules à chaîne carbonée relativement courte (PP1 par voie thermique, PP2 par voie biotechnologique). Par contraste, les deux autres voies (PP3 et PP4) s'efforcent de préserver un certain degré de complexité, soit par l'extraction de molécules d'intérêt, soit par déconstruction de la biomasse en grands composants (PP4) (Nieddu, Garnier et Vivien, 2014).

Ces quatre voies sont défendues par des acteurs porteurs « d'héritages productifs et de connaissances » – pour reprendre l'expression de Martino Nieddu et Franck-Dominique Vivien – distincts : très schématiquement, PP1 perpétue l'héritage de la raffinerie de pétrole ; PP2 celui de la brasserie et de la distillerie ;

16. Double sens involontaire ? calembour assumé ?, l'intention derrière ce détournement sémantique demeure mystérieuse.

17. Par « patrimoine productif collectif », il faut entendre l'ensemble des ressources matérielles et immatérielles, reconnues et « préservées de la concurrence et du calcul économique », et néanmoins nécessaires à l'activité économique des acteurs qui les mobilisent (Nieddu, Garnier et Bliard, 2014).

PP3 celui de la sucrerie ou de la savonnerie ; PP4 celui de l'usine à papier <sup>18</sup>.



**Figure 2 :** Vue de nuit de la raffinerie de pétrole Eni de Venise (Italie), récemment convertie en bioraffinerie Source : <https://www.flickr.com/photos/enidigital/36922353304/in/photostream/>, CC BY-NC 2.0

En réalité, ces quatre voies ne sont pas nécessairement concurrentes : elles peuvent être envisagées de façon complémentaire afin de générer des profits supplémentaires. Mais les deux premières sont souvent mises en avant par les exercices de prospectives menés par le gouvernement américain et l'Union européenne, car elles pourraient permettre la production de « molécules plateformes » sur de gros tonnages <sup>19</sup>. Si la trajectoire technologique associée à PP1 vise avant tout à préserver le modèle de la grande raffinerie portuaire (voire de maintenir les installations existantes), les trois autres s'appuient quant à elles sur les savoir-faire et les circuits d'approvisionnement de

18. D'où la présence d'industriels issus de la pétrochimie, de l'agro-industrie et de la papeterie dans les projets (voire les comités de sélection) estampillés « chimie durable » par l'Agence nationale de la recherche (ANR).

19. Les molécules plateforme (par exemple le glycérol et l'acide succinique) sont les équivalents « bioraffinés » des grands intermédiaires de la pétrochimie (Werpy et Petersen, 2004).

l'agro-industrie. L'enjeu central de la bioraffinerie – et peut-être celui de la chimie verte dans son ensemble – n'est donc pas tant celui de la transition d'un modèle à un autre, que celui de la reconfiguration des « héritages productifs et de connaissances » (Nieddu et Vivien, 2014).

### Un mouvement scientifique ?

La chimie verte n'a rien d'un changement de paradigme. D'une part, un certain nombre de ses thématiques phares, telle la catalyse (voir Encadré 2) ou les solvants dits « non usuels », existaient déjà bien avant la formulation des douze principes (Maxim, 2018). D'autre part, l'intégration de la toxicologie reste à ce jour une promesse non tenue (Maxim, 2017). À l'instar de la bioraffinerie, la chimie verte ne révolutionne pas tant les savoirs qu'elle ne les reconfigure dans un contexte socio-politique changeant. Dès lors, comment qualifier ce « travail institutionnel » (Nieddu et Vivien, 2014) effectué par les gouvernements, le milieu académique et les industriels ? Envisager la chimie verte uniquement comme un « buzzword » (Bensaude-Vincent, 2013) ou une « innovation sémantique » (Nieddu et Vivien, 2015b) reste insatisfaisant – une unité de production, une usine, ne relèvent pas de la sémantique. Y voir un « mouvement social » (Woodhouse et Breyman, 2009) semble carrément fantaisiste, dans la mesure où les chimistes ne cherchent pas à construire un mouvement de masse.



**Figure 3 :** Haut : vue aérienne de la raffinerie de Hemmingstedt (Allemagne), en activité depuis 1956. Source : Walter Rademacher / Wikipedia, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aerial\\_photograph\\_400D\\_2012\\_05\\_05\\_8327\\_DxO.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aerial_photograph_400D_2012_05_05_8327_DxO.jpg), CC BY-SA 3.0



**Figure 4 :** Vue aérienne de la sucrerie de Newark-On-Trent (Angleterre), en activité depuis 1921. Source : [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:-Sugar\\_Beet\\_Factory\\_England.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:-Sugar_Beet_Factory_England.jpg), CC BY 2.0

## Encadré 2 : la catalyse, la chimie verte et les prix Nobel

Le prix Nobel de chimie 2021 a été attribué à Benjamin List et David MacMillan pour le développement de l'organocatalyse asymétrique<sup>20</sup>. Présentées de manière très optimiste par *le Monde* comme « ouvrant une des voies de la chimie verte »<sup>21</sup>, ces découvertes s'inscrivent en réalité dans un domaine de recherche déjà bien établi – la catalyse – qui totalise à ce jour huit prix Nobel (le premier remontant à Wilhelm Ostwald, en 1909). Le principe de la catalyse consiste à accélérer une réaction chimique par un additif destiné à abaisser la barrière énergétique à franchir sur le chemin réactionnel menant des réactifs aux produits. Parfois (comme dans le cas de l'organocatalyse asymétrique), cette accélération peut s'accompagner d'une sélectivité accrue pour l'un des produits de la réaction, ce qui a pour avantage indéniable de réduire la quantité d'énergie nécessaire à la séparation des produits non désirés, ainsi que les déchets. Fort logiquement, la catalyse est donc l'un des piliers de la chimie verte. On notera cependant qu'un catalyseur est lui-même une substance chimique dont la production consomme de l'énergie et produit des déchets, parfois toxiques. Par ailleurs la catalyse peut servir à produire... des substances polluantes, comme le chlordécone (Epstein, 1978).

Une proposition intéressante, formulée par Laura Maxim, est celle d'un « mouvement scientifique et intellectuel » (MIS)<sup>22</sup>. La question est vaste, et nécessiterait un dialogue approfondi avec la sociologie des sciences afin d'être traitée convenablement. Cependant, plusieurs observations nous incitent à une certaine

20. <https://www.nobelprize.org/prizes/lists/all-nobel-prizes-in-chemistry/>.

21. David Larousserie, « Nobel : des catalyseurs de la chimie récompensés », *Le Monde*, 06/10/2022, disponible sur [https://www.lemonde.fr/sciences/article/2021/10/06/nobel-des-catalyseurs-de-la-chimie-recompenses\\_6097387\\_1650684.html](https://www.lemonde.fr/sciences/article/2021/10/06/nobel-des-catalyseurs-de-la-chimie-recompenses_6097387_1650684.html).

22. En effet, un MIS est défini comme des « efforts collectifs afin de mener des programmes de recherche ou des projets de pensée en faisant face à la résistance d'autres membres d'une communauté scientifique et intellectuelle » (Maxim, 2018, traduit par Adrien Normand).

prudence vis-à-vis de cette hypothèse : citons par exemple l'absence de contestation forte des douze principes par les chimistes<sup>23</sup>, ou encore la position peu élevée (voire illégitime) d'Anastas et consorts dans la hiérarchie académique au moment où s'élabore le projet de la chimie verte. Il n'en demeure pas moins qu'en trois décennies d'existence, ce dernier a enrôlé un certain nombre de chimistes et mobilisé des énergies considérables, ce qui évoque effectivement un MIS.

## Moraliser le capitalisme, pressurer les écosystèmes

Au fond, l'horizon de la chimie verte est une forme de moralisation du capitalisme industriel. Face à l'impossibilité de nier les ravages environnementaux causés par le pillage des ressources naturelles, l'utilisation massive de substances toxiques afin de maximiser les profits, le changement climatique... les gouvernements, les industriels et les chercheurs éprouvent l'obligation de réagir, mais sans remettre en cause le capitalisme ni la société de consommation. Le caractère incitatif des douze principes n'est d'ailleurs pas sans rappeler les vaines injonctions à l'autolimitation des salaires des dirigeants des entreprises cotées en bourse.

La capitulation du législateur devant le foisonnement de substances toxiques produites par les industriels conduit donc à l'utopie autorégulatrice d'une chimie respectueuse de l'environnement. Or, cette utopie est incapable de résoudre la contradiction essentielle entre la croissance des biens et des services d'une part, et la finitude des ressources d'autre part (Georgescu-Roegen, 2006). La chimie verte ne fait aucune référence à cette finitude, ne fixe aucune limite à la production industrielle : au contraire, elle a clairement pour projet de contribuer à la croissance économique et d'intensifier l'exploitation des ressources naturelles, avec comme conséquence déjà visible une intensification insoutenable de la pression sur les écosystèmes (Nieddu et Vivien, 2015a).

23. Cela ne signifie pas que les chimistes n'opposent aucune résistance à la chimie verte, qu'ils n'en critiquent pas les fondements épistémologiques ou la légitimité académique. L'usage même de l'adjectif « verte » a fait débat, notamment en Europe en raison de la présence de partis politiques importants comme les Verts (en France) ou die Grünen (en Allemagne) (Woodhouse et Breyman, 2005).

Comme toutes les déclinaisons de l'idéologie du progrès, elle ignore superbement ses propres contradictions, notamment l'effet rebond. Au final, elle participe de la même course à l'abîme que les autres figures de la transition officielle<sup>24</sup>.

---

24. Adrien Normand est chimiste, chargé de recherche CNRS à l'Institut de chimie moléculaire de l'université de Bourgogne. Ses recherches portent sur les propriétés des complexes de métaux de transition, particulièrement le titane, et la chimie du phosphore. Il a été chargé de mission des programmes « chimie durable » de l'ANR entre 2010 et 2012. Site : <http://www.icmub.com/fr/membres/normand-adrien.html>

## Bibliographie

- Amato Ivan, « The Slow Birth of Green Chemistry: Government funding, public concern, and tantalizing research problems may finally coax mainstream chemists into lending their skills to environmental protection », *Science*, 1993, vol. 259, n° 5101, p. 1538-1541.
- Anastas Paul. T. et Warner John Charles, *Green Chemistry, Theory and Practice*, Oxford, Oxford University Press, 1998.
- Anonyme, « Produit du jour : DDT », *L'Actualité Chimique*, 2012, disponible sur <https://new.societechimiquedefrance.fr/produits/ddt/>.
- Bensaude-Vincent Bernadette, « Chimie verte », *Alliage*, 2013, n° 72, disponible sur <http://revel.unice.fr/alliage/index.html?id=4159>.
- Bensaude-Vincent Bernadette, « The Politics of Buzzwords at the Interface of Technoscience, Market and Society: The Case of “Public Engagement in Science” », *Public Understanding of Science*, 2014, vol. 23, n° 3, p. 238-253.
- Carson Rachel, *Printemps silencieux*, Marseille, Éditions Wildproject, 2009.
- Epstein Samuel S., « Kepone-Hazard evaluation », *Science of the Total Environment*, 1978, vol. 9, n° 1, p. 1-62.
- Farman Joseph C., Gardiner Brian G. et Shanklin Jon D., « Large Losses of Total Ozone in Antarctica Reveal Seasonal Clox/Nox Interaction », *Nature*, 1985, vol. 315, n° 6016, p. 207-210.
- Georgescu-Roegen Nicolas, *La Décroissance. Entropie – Écologie – Économie*, Paris, Sang de la Terre, 2006.
- Jarrige François et Le Roux Thomas, *La Contamination du monde. Une histoire des pollutions à l'âge industriel*, Paris, Seuil, 2017.
- Linthorst Johan A., « An Overview: Origins and Development of Green Chemistry », *Foundations of Chemistry*, 2010, vol. 12, n° 1, p. 55-68.
- Maxim Laura, « Chemists' Responsibility for the Health Impacts of Chemicals: Green Chemistry and Its Relation to Toxicology », *HYLE International Journal for Philosophy of Chemistry*, 2017, vol. 23, n° 1, p. 61-80.
- Maxim Laura, « More Than a Scientific Movement: Socio-Political Influences on Green Chemistry Research in the United States and France » *Science & Technology Studies*, 2018, vol. 31, n° 3, p. 24-46.

- Nieddu Martino, Garnier Estelle et Bliard Christophe, « Patrimoines productifs collectifs versus exploration/exploitation », *Revue Économique*, 2014, vol. 65, n° 6, p. 957-987.
- Nieddu Martino, Vivien Franck-Dominique, Garnier Estelle et Bliard Christophe, « Existe-t-il réellement un nouveau paradigme de la chimie verte ? », *Natures Sciences Sociétés*, 2014, vol. 22, n° 2, p. 103-13.
- Nieddu Martino et Vivien Franck-Dominique, « La chimie verte, une fausse rupture ? Les trajectoires de la transition écologique », *Revue française de socio-économie*, 2015, hors-série, n° 2, p. 139-153.
- Nieddu Martino et Vivien Franck-Dominique, « La bioraffinerie comme objet transitionnel de la bioéconomie », *Économie rurale*, 2015, vol. 5-6, n°s 349-350, p. 7-15.
- Pessis Céline, *Survivre et Vivre. Critique de la science, naissance de l'écologie*, Montreuil, Éditions L'Echappée, 2014.
- Schulz Émilien, « Le projet comme catalyseur ? Modéliser la réaction entre l'ANR et la chimie durable en France (2007-2012) », dans *Le gouvernement des disciplines académiques*, Benninghoff Martin, Crespy Cécile et Leresche Jean-Philippe (dir.), Paris, Éditions Archives Contemporaines, 2015.
- Werpy Todd A. et Petersen Gene, « Top Value Added Chemicals from Biomass Volume I - Results of Screening for Potential Candidates from Sugars and Synthesis Gas », rapport du Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) et du National Energy Renewable Laboratory (NERL), 2004.
- Wilson Michael P. et Schwarzman Megan R, « Toward a New U. S. Chemicals Policy: Rebuilding the Foundation to Advance New Science, Green Chemistry, and Environmental Health », *Environmental Health Perspectives*, 2009, vol. 117, n° 8, p. 1202-1209.
- Woodhouse Edward J. et Breyman Steve, « Green Chemistry as Social Movement? », *Science, Technology, & Human Values*, 2005, vol. 30, n° 2, p. 199-222.