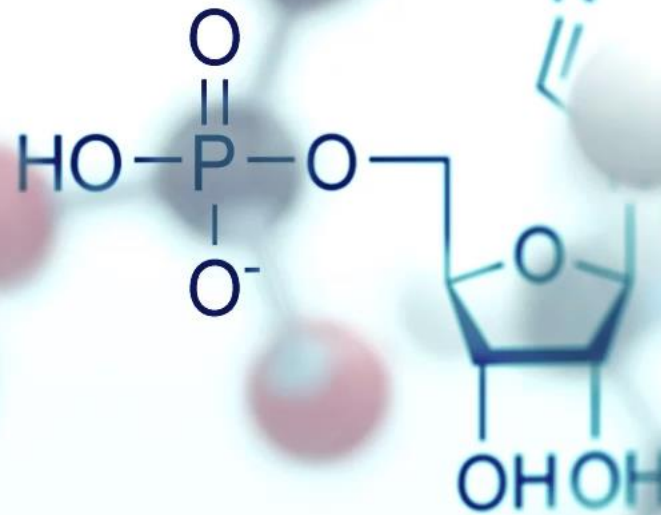


LA CHIMIE VERTE



1. POURQUOI LA CHIMIE VERTE ?

1.1 UNE PRISE DE CONSCIENCE

La chimie, indispensable au développement de nos sociétés, s'est également révélée source de graves dangers.

Les catastrophes, aux retombées humaines et écologiques importantes, nous ont fait prendre conscience qu'il fallait s'emparer de ce problème.

Quelques exemples :

- La thalidomide (médicament aux conséquences désastreuses sur l'embryon).
- Le DDT (insecticide surpuissant, ayant permis la lutte contre le paludisme mais polluant organique persistant).
- Les catastrophes industrielles de SEVESO (Italie, 1976), BHOPAL (Inde, 1984) et de TOULOUSE (France, 2001).

1.2 LA NAISSANCE DE LA CHIMIE VERTE

Le concept de « chimie verte » (« green chemistry ») a été développé aux États-Unis au début des années 1990 dans le but d'offrir un cadre à la prévention de la pollution liée aux activités chimiques.

Définition : La chimie verte a pour but de concevoir et de développer des produits et des procédés chimiques permettant de réduire ou d'éliminer l'utilisation et la synthèse de substances dangereuses.

La chimie verte s'appuie sur douze principes.

2. LES 12 PRINCIPES DE LA CHIMIE VERTE

Numéro	Principe	Explication
1	Prévention	Prévenir la pollution à la source, c'est imaginer un procédé chimique qui évite la production de futurs résidus qui deviendront des déchets.
2	Économie d'atomes (voir partie 3)	L'économie d'atomes, c'est être capable, au sein d'une même matière première, de récupérer toutes les molécules utilisables pour diverses applications dans l'énergie, la cosmétique, l'agro-alimentaire. Il faut pour cela des outils de séparation très puissants.
3	Conception de méthodes de synthèses moins dangereuses	Travailler dans des conditions plus sûres, c'est envisageable grâce à l'utilisation de conditions opératoires douces (température ambiante, faible pression...) et l'utilisation préférentielle de produits peu ou pas toxiques pour l'homme et l'environnement.
4	Conception de produits chimiques plus surs	Il faut mettre au point de nouvelles molécules à la fois plus efficaces et non toxiques. L'innocuité est évaluée par des études toxicologiques à l'échelle cellulaire et au niveau de l'organisme.

Numéro	Principe	Explication
5	Solvants et auxiliaires moins polluants	Utiliser des solvants non toxiques, c'est rechercher des alternatives aux solvants organiques toxiques et polluants, tels que le benzène, le chloroforme, le trichloréthylène, produits chimiques de sinistre réputation.
6	Recherche du rendement énergétique	Economiser de l'énergie, c'est limiter les dépenses énergétiques et mettre au point de nouveaux matériaux efficaces pour le stockage de l'énergie. C'est aussi rechercher de nouvelles sources d'énergie à faible teneur en carbone pour générer de faibles émissions de gaz à effet de serre.
7	Utilisation de ressources renouvelables	C'est préférable à l'utilisation de ressources fossiles. La biomasse, qui représente l'ensemble de la matière organique qui compose les plantes, les arbres, les déchets animaux, agricoles ou urbains, peut judicieusement servir de matière première renouvelable. Dans le même esprit, ce concept peut être étendu à l'utilisation d'énergies renouvelables.
8	Réduction du nombre de dérivés	Mieux vaut (lorsque c'est possible) mettre en œuvre des réactions directes. En effet, les étapes intermédiaires consomment des produits chimiques qui vont, fatalement devenir des déchets.

Numéro	Principe	Explication
9	Catalyse	Un catalyseur est une substance rajoutée à une solution chimique et qui rend possible une réaction chimique. Il accélère la vitesse de réaction en abaissant l'énergie nécessaire à apporter pour que deux molécules réagissent entre elles. Le catalyseur sort inchangé du processus chimique, il est donc recyclable.
10	Conception de produits en vue de leur dégradation	Un produit chimique finira irrémédiablement par devenir un déchet. Lorsque cela est possible, il vaut mieux le concevoir avec l'idée que tout ou partie du déchet qu'il va devenir peut être recyclé. Il doit de plus être conçu de manière à ce que sa dégradation future, naturelle ou accélérée, ne conduise pas à la création de sous-produits dangereux.
11	Observation en temps réel en vue de prévenir la pollution	C'est prévenir la pollution, en contrôlant le suivi direct des réactions chimiques. Il faut être capable de détecter et de quantifier la présence d'agents chimiques et biologiques réputés toxiques, même à l'état de traces.
12	Une chimie fondamentalement plus fiable	C'est choisir judicieusement les matières premières chimiques pour prévenir les accidents, explosions, incendies et les émissions de composés dangereux. La forme du produit chimique est en outre importante : une molécule gazeuse diffuse plus dans l'environnement que la même molécule sous forme solide...

3. ÉCONOMIE D'ATOMES ET FACTEUR ÉNERGÉTIQUE

3.1 ÉCONOMIE D'ATOMES

L'indicateur de l'efficacité d'un procédé peut être défini par son utilisation atomique (UA) ou économie d'atomes (EA).

Soit une réaction représentée par : $a A + b B \rightarrow p P + q Q$

A et B sont les réactifs, P est le produit principal et Q est le sous produit; a, b, c, d sont les coefficients stœchiométriques. $M(A)$, $M(B)$ et $M(P)$ représentent les masses molaires de A, B et P.

L'économie d'atomes est définie comme le rapport de la masse de produit (P) sur la somme des masses des réactifs engagés dans la réaction :

$$EA = \frac{p \cdot M(P)}{a \cdot M(A) + b \cdot M(B)} \times 100$$

Plus l'économie d'atomes EA est élevée, meilleure est la réaction de synthèse pour l'environnement.

3.2 FACTEUR ENVIRONNEMENTAL

Le facteur environnemental molaire (EM) est une autre façon de chiffrer l'efficacité environnementale d'une réaction en s'intéressant aux déchets produits.

En utilisant les mêmes notations que pour l'économie d'atomes on a :

Le facteur environnemental est le rapport théorique de la masse des "déchets" sur la masse du produit désiré, engagés dans la réaction :

$$EM = \frac{a \cdot M(A) + b \cdot M(B) - p \cdot M(P)}{p M(P)} \times 100$$

Plus le facteur environnemental est faible, meilleure est la réaction de synthèse pour l'environnement.

4. UNE RÉPONSE AUX ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ET ÉCONOMIQUES.

4.1 L'ASPECT ÉCONOMIQUE

Le procédé vert n'est pas seulement un procédé moins polluant, il permet également au fabricant de réduire ses dépenses grâce à :

- la diminution de la quantité de déchets (donc des frais de retraitement).
- la diminution du nombre d'étapes qui entraîne d'une part une réduction des coûts de séparation et de purification, et d'autre part une augmentation de la capacité de production puisque la synthèse prend désormais moins de temps.

Les procédés verts sont donc conçus pour être à la fois respectueux de l'environnement et économiquement viables. En effet, la rentabilité du procédé est un prérequis indispensable dans le monde industriel.

4.2 LA RÈGLE DES 4 R

Afin de répondre aux enjeux environnementaux et économiques, la chimie verte s'oppose à l'ancien modèle de production (extraire → produire → utiliser → jeter), elle suit la règle des 4 R que l'on peut résumer par le diagramme suivant :

