

## LA CHIMIE EST-ELLE UNE DES CLEFS DE L'AGRICULTURE DURABLE ?

Éric Bausson

En sélectionnant les espèces animales et végétales, l'Homme inventa l'agriculture pour se nourrir. Depuis, des progrès considérables ont été réalisés dans la compréhension du fonctionnement de la faune et de la flore.

D'après un rapport récent publié par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (F.A.O.), basée à Rome (Italie), il faudrait, pour nourrir une population mondiale estimée à 9,7 milliards d'êtres humains en 2050, produire entre 40 et 54 % de plus de nourriture, d'aliments pour animaux et de matières premières de biocarburants qu'en 2012.

Pour y parvenir, l'Homme peut-il se passer de la chimie ?



Organisation des Nations Unies  
pour l'alimentation  
et l'agriculture



Cerisiers traités avec de la bouillie bordelaise © nehru.

### PLAN ET RESSOURCES POUR TRAITER CETTE QUESTION DU GRAND ORAL

En suivant le questionnaire ci-après et en vous appuyant sur les ressources proposées (voir page 6 du dossier) parmi toutes celles de Médiachimie, la médiathèque de la Fondation de la Maison de la Chimie, de l'Académie de l'Agriculture et de la F.A.O., il est possible de répondre à cette problématique.

- Comment la chimie a révolutionné l'agriculture ?
- Quels sont les objectifs de l'agriculture durable ?
- Quels sont les défis de la chimie pour l'agriculture ?

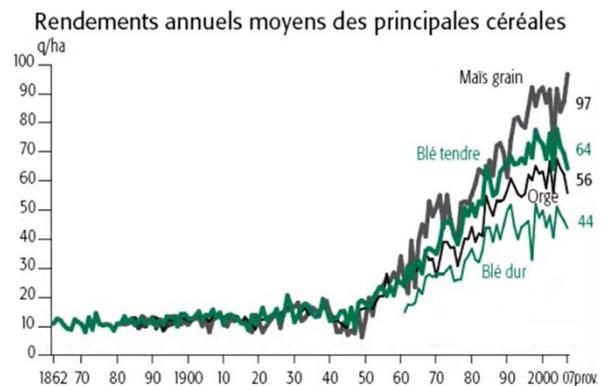
## ● Comment la chimie a révolutionné l'agriculture ?

La première révolution agricole eut lieu en Italie au XVI<sup>e</sup> siècle et se prolongea jusqu'au XVIII<sup>e</sup> en Angleterre. Elle consistait à faire une rotation des cultures sur quatre ans (trèfle, céréale(s) d'hiver comme l'orge, le navet fourrager et la céréale de printemps). Cela permit une meilleure fixation de l'azote dans le sol, augmentant la productivité et le cheptel.

Au XIX<sup>e</sup> siècle, les pères de la chimie agricole moderne (Justus von Liebig, Jean-Baptiste Boussingault, John Bennet Lawes, etc.) ont développé des travaux en adoptant la méthode d'Antoine Laurent de Lavoisier, père fondateur de la chimie moderne (loi de la conservation de la matière), pour comprendre le rôle des nutriments, du sol, de la lumière et de l'eau dans la croissance des plantes. Ils ont ainsi pu travailler sur la fertilité des sols avec, entre autres, les substances minérales (phosphates, nitrates, etc.) présentes dans les engrais et indispensables à la croissance des plantes. Cela permit l'augmentation des rendements.

En 1903, une nouvelle discipline fut créée, celle de la biochimie, dédiée à la chimie des êtres vivants.

La seconde révolution agricole eut lieu juste après la Seconde Guerre mondiale, suite à de grandes innovations agronomiques qui concernaient les semences hybrides, les pesticides organiques de synthèse (par exemple le dichloro-diphényle-trichloro-éthane, D.D.T., synthétisé en 1874 par M. Zeidler, dont les propriétés insecticides ont été découvertes en 1939 par M. Müller), les engrais et fertilisants chimiques et enfin la mécanisation et la motorisation. Les produits phytopharmaceutiques ont permis d'augmenter considérablement les rendements des cultures comme le montre les données ci-dessus. Mais cela eut des conséquences imprévues comme celle sur la reproduction des oiseaux piscivores.



En 1970, l'écologie chimique fit ses premiers pas, comme par exemple l'utilisation de médiateurs chimiques dans la communication entre organismes vivants. Au niveau de certaines cultures, la diffusion de phéromones sature l'atmosphère, rendant moins probable la rencontre entre mâles et femelles et diminuant ainsi la présence d'insectes ravageurs, comme ci-contre dans les vignes.

Plus récemment, des innovations majeures liées aux biotechnologies et à l'agriculture connectée ont vu le jour.

L'agriculture et la chimie sont donc partenaires car la chimie permet :

- d'améliorer les rendements ;
- de mieux comprendre les mécanismes de fonctionnement des organismes vivants (métabolisme cellulaire) ;
- d'améliorer le fonctionnement des agrosystèmes (médiateurs chimiques, nutriments) ;
- de protéger les cultures contre les bioagresseurs (insectes, etc.).



Phéromones placées dans les vignes  
© Agrilisa.

## • Quels sont les objectifs de l'agriculture durable ?

Après la Seconde Guerre mondiale, le modèle productif et trop intensif de l'agriculture a eu de graves conséquences sur l'environnement (pollutions, etc.). L'agriculture a donc commencé sa transformation pour devenir plus durable.

Voici les **objectifs de l'agriculture durable** tels que définis par la F.A.O. :

- Les systèmes de production et les politiques et institutions qui appuient la sécurité alimentaire sont de moins en moins suffisants.
- L'agriculture durable doit favoriser des écosystèmes sains et une gestion durable de la terre, de l'eau et des ressources naturelles, tout en garantissant une sécurité alimentaire mondiale.
- Pour être durable, l'agriculture doit répondre aux besoins des générations présentes et futures quant aux produits et aux services, tout en garantissant une rentabilité, une santé environnementale, et une équité sociale et économique.
- La transition globale vers une alimentation et une agriculture durable requiert d'importantes améliorations en ce qui concerne l'efficacité de l'usage des ressources, la protection de l'environnement et la résilience des systèmes.

Une agriculture durable requiert un système de gouvernance globale dont les politiques et régimes commerciaux promeuvent la sécurité alimentaire, et dont les politiques agricoles soient revues en vue de renforcer les marchés agricoles locaux et régionaux.



## • Quels sont les défis de la chimie pour l'agriculture ?

Ils sont nombreux! En voici quelques-uns pour mettre en œuvre des moyens pour limiter les pollutions ou empêcher l'apparition, l'aggravation et l'extension des maladies :

- utiliser et développer les analyses physico-chimiques des sols (mesure du pH de l'eau boueuse, dosages des ions présents, etc.) permettent aussi de diminuer les risques de pollution en épandant juste la quantité nécessaire des engrais.
- détecter le plus vite possible les agents pathogènes en utilisant des capteurs capables de piéger des spores de champignon ou de détecter des molécules émanant de plantes attaquées par un agent pathogène. L'utilisation d'internet peut permettre, à l'aide de vidéos ou de photos, de reconnaître l'agent pathogène.
- lorsqu'une maladie est présente, il faut la traiter en veillant à n'utiliser que la quantité nécessaire de produits phytosanitaires de synthèse, qui doivent être le plus sélectif possible.



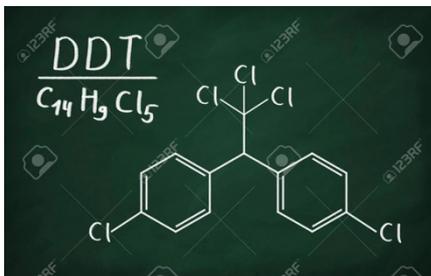
Mesures physico-chimiques des sols.  
© CIRAD.

Focalisons-nous sur ces derniers...

Les pesticides sont utilisés pour la prévention, le contrôle ou l'élimination d'organismes indésirables : plantes (herbicides), insectes ravageurs (insecticides), champignons ou bactéries (fongicides).

Les herbicides détruisent les végétaux, totalement ou de façon sélective.

Dès le XIX<sup>e</sup> siècle, à partir d'observations judicieuses, comme celle aboutissant au traitement du mildiou sur les feuilles de vigne et le raisin avec la bouillie bordelaise (pesticide d'origine minérale obtenu en mélangeant de l'eau, de la chaux et du sulfate de cuivre), de nombreux produits chimiques ont été utilisés.

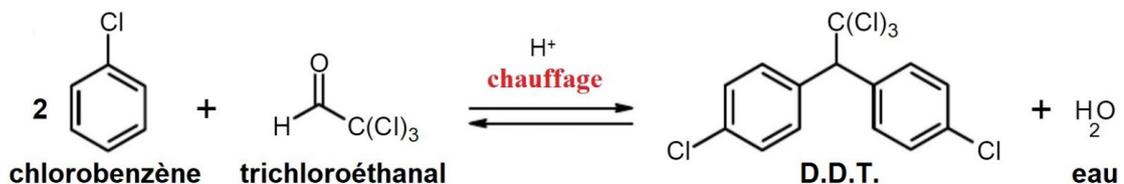


Au cours de la Seconde Guerre mondiale, le D.D.T. a permis de juguler des maladies (typhus et malaria) en luttant contre des insectes, vecteurs de celles-ci et a également servi d'insecticide agricole. Mais quelques années plus tard, son utilisation a été fortement réduite en raison de la baisse de la biodiversité agricole.



### Synthèse du D.D.T.

Voici l'équation chimique de la synthèse du D.D.T. à partir du chlorobenzène et du trichloroéthanal, membre de la famille des aldéhydes :



Deux facteurs cinétiques sont utilisés avec l'ajout d'un catalyseur (acide sulfurique) et le chauffage à reflux du milieu réactionnel.

Pour améliorer le rendement de cette synthèse, il est possible d'éliminer l'eau du milieu réactionnel au fur et à mesure car la solubilité du D.D.T. dans l'eau est très faible.

Depuis le D.D.T., d'autres pesticides organiques de synthèse ont été découverts dans le but d'améliorer les rendements. Mais en s'appuyant sur les connaissances acquises grâce à l'essor de la chimie, de la biologie, de la médecine et de la physique, entre 1992 et 2008, sur les 900 présents sur le marché, seuls 300 restèrent homologués.

Depuis quelques années, le glyphosate, puissant herbicide, défraie la chronique, mais au plus tard le 15/12/2022, la Commission européenne et les vingt-sept États membres devraient trancher sur son renouvellement d'autorisation ou non à partir de toutes les données scientifiques disponibles.

Au lieu d'utiliser de produits phytosanitaires de synthèse, certains laboratoires de recherche et de développement tentent d'appliquer les principes d'une **chimie écologique**, dénommée « chimie douce », inspirée des processus naturels et capable de générer de **nouvelles molécules**, copies conformes de celles présentes dans la nature ou légèrement modifiées, permettant de créer par exemple de nouveaux insecticides.

À ces nombreux défis, s'ajoute celui de l'obtention de nouvelles sources de matières premières grâce entre autres à la chimie du végétal. En effet, au-delà de l'aspect alimentaire, certains produits de l'agriculture et de la sylviculture donnent accès à des molécules servant de matières premières réutilisables dans de nombreux secteurs d'activités tels que la pharmacie, l'agroalimentaire, l'énergie, les matériaux... C'est le domaine de la chimie verte et de la chimie du végétal.

### Pour aller plus loin

- **La chimie du végétal**

La ressource « Chimie du végétal, fer de lance de la chimie durable » d'après la conférence de Christophe Rupp-Dahlem, colloque chimie et nature. La chimie française bénéficie de ce mouvement « chimie du végétal » et crée une industrie proposant de nouveaux métiers (bioraffineurs, chimistes biosourcés, biotechnologues).

De nombreux exemples de productions y sont entre autres décrits.

[www.mediachimie.org/ressource/chimie-du-vegetal-fer-de-lance-de-la-chimie-durable](http://www.mediachimie.org/ressource/chimie-du-vegetal-fer-de-lance-de-la-chimie-durable)

- **Nature et chimie**

La conférence et l'article associé « Nature et chimie : des alliées pour accéder à de nouveaux médicaments » de Janine Cossy, colloque Chimie et nouvelles thérapies. La Nature renferme une source étonnante de produits naturels possédant des propriétés biologiques diverses et intéressantes d'un point de vue thérapeutique.

Des exemples sont proposés pour mimer la Nature et accéder à de nouveaux antitumoraux, ainsi que la mise au point de méthodes pour diriger des anticancéreux vers les tumeurs afin d'en diminuer les effets secondaires.

[www.mediachimie.org/ressource/nature-et-chimie-des-alliees-pour-acceder-a-de-nouveaux-medicaments](http://www.mediachimie.org/ressource/nature-et-chimie-des-alliees-pour-acceder-a-de-nouveaux-medicaments)

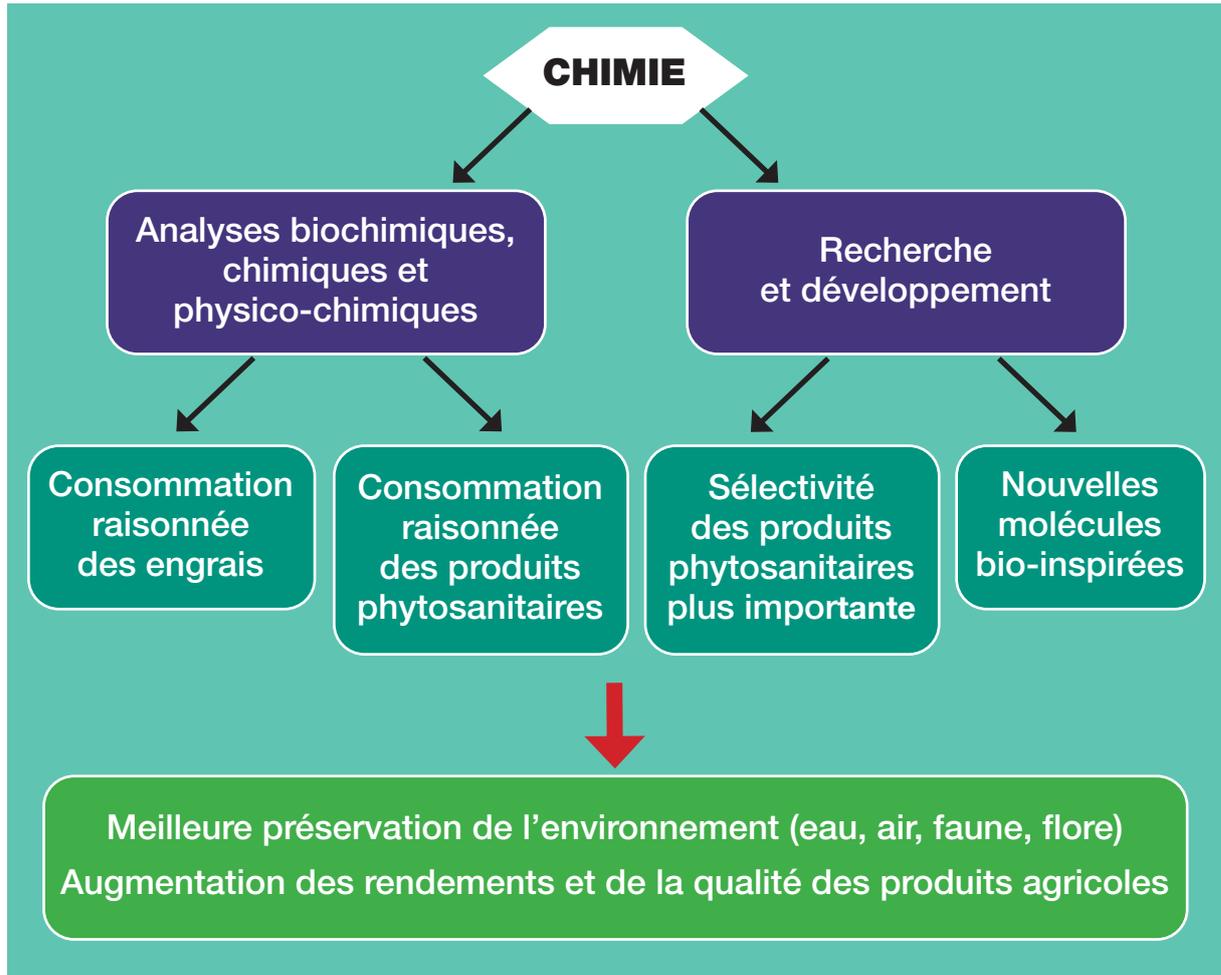
## Conclusion

L'association des mots « chimie » et « agriculture » est souvent source d'interrogations, voire d'inquiétudes, pour les citoyens. Pourtant les scientifiques (chimistes, biologistes, médecins, etc.) apportent des informations précises sur la recherche de l'équilibre entre les risques et les bienfaits apportés par la chimie, sur la notion de qualité et de sécurité alimentaire et sur les moyens de préservation d'une alimentation abondante et saine. Le changement de cap de l'agriculture vers une agriculture durable ne peut se faire sans la chimie car elle apporte des réponses raisonnables grâce par exemple aux analyses biochimiques et physico-chimiques effectuées et permet de créer des molécules bio-inspirées plus respectueuses de l'environnement. Mais, il faut demeurer vigilants pour ne pas reproduire certaines erreurs du passé.



Chimie et agriculture © Adobe Stock/ Fotolia.

## En résumé

**Ressources :**

- [Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture \(F.A.O.\)](#)
- « [Chimie et Agriculture durable](#) » - Un cycle de vidéos pour les lycéens et citoyens – Mediachimie
- Colloque « [Chimie et Agriculture durable](#) » – Maison de la Chimie (10/11/2020)

**Pour aller plus loin :**

- [Quid du glyphosate ?](#) – Mediachimie
- [Fiche sur le D.D.T.](#) – Société chimique de France
- [La nature au labo : La phytochimie](#) – Mediachimie
- [Chimie du végétal, fer de lance de la chimie durable](#) – Mediachimie
- [La nature pour inspirer le chimiste : substances naturelles, phytochimie et chimie médicinale](#) – Mediachimie
- [La chimie en agriculture : les tensions et les défis pour l'agronomie](#) – Mediachimie

## LE PROJET PROFESSIONNEL

### Des secteurs professionnels et industriels d'intérêt

Toutes les entreprises en lien avec l'agriculture ont une conscience aiguë des enjeux d'une agriculture durable combinant l'accès en quantité suffisante à des aliments de qualité tout en répondant à des exigences légitimes en termes de santé humaine et de respect de l'environnement dans un contexte démographique croissant et une évolution climatique incertaine.

Pour toutes ces raisons, l'agriculture n'a pas d'autre choix que de se réinventer. La chimie est une des clefs dans l'accompagnement de cette révolution.

Les entreprises agrochimiques participent à la protection des plantes et fabriquent des produits phytosanitaires soumis à une réglementation en matière d'usage aussi drastique que dans le cas des produits pharmaceutiques. Ces entreprises font partie du secteur économique de la chimie.

Les végétaux étant aussi sources de matières premières, les chimistes contribuent également à leur mise en valeur par l'extraction, la séparation, la purification, la transformation et l'analyse de molécules d'intérêt qu'ils contiennent.

Pour les produits issus du végétal, les secteurs économiques concernés sont aussi bien celui des industries chimiques que ceux des médicaments, de l'agro-alimentaire, de l'énergie...

Au sein de ces différentes entreprises, le travail d'équipe est la règle ; peuvent être impliqués des agronomes, des biologistes, des chimistes, des biochimistes des bio technologues, des toxicologues, des analystes, des spécialités des brevets... ainsi que des spécialistes de l'eau, des sols et de l'air, pour mieux valoriser les agro-ressources, protéger les cultures tout en respectant l'environnement.



Observation des végétaux © Adobe stock/Fotolia.

### Métiers et voies de formation

Des fiches métiers et les voies de formation qui y mènent sont présentées dans [l'espace métiers du site mediachimie](#).

De niveau BAC à BAC + 8, les chimistes interviennent tout au long de la chaîne qui va de la Recherche à la Production.

Dans le domaine de la recherche, les chimistes sont des acteurs pour la découverte de nouvelles molécules plus sélectives, moins toxiques et à l'impact environnemental minimal ou pour synthétiser des molécules bio-inspirées ou d'autres artificielles. En formulation, ils interviennent pour aboutir à la forme finale administrable par l'agriculteur dans les meilleures conditions d'efficacité et de sécurité.

En procédés, ils travaillent pour passer de l'échelle du laboratoire à l'échelle industrielle. Et enfin en production.

Tout au long de ces étapes, les chimistes en analyses physico-chimiques sont indispensables pour contrôler le bon déroulement des opérations, ils ont également un rôle prépondérant dans l'analyse des résidus susceptibles d'apparaître après le traitement par le produit. Ils procèdent à ces contrôles, dans l'eau, le sol, l'air, la faune et la flore, afin de déterminer d'éventuelles toxicités.

Les chimistes dans l'industrie des phytosanitaires :

[www.mediachimie.org/ressource/les-chimistes-dans-lindustrie-des-phytosanitaires](http://www.mediachimie.org/ressource/les-chimistes-dans-lindustrie-des-phytosanitaires)

Et pour comprendre le rôle des analystes : [les chimistes dans la traque à l'infiniment petit](#)

La vidéo « Alchimie du végétal » permet de visiter une bioraffinerie où le pétrole est remplacé par le maïs, le blé, les pommes de terre ou les microalgues :

[www.mediachimie.org/ressource/alchimie-du-végétal](http://www.mediachimie.org/ressource/alchimie-du-végétal)



Les domaines d'activité au sein de ces entreprises sont plus particulièrement [La recherche et le développement](#), [l'Analyse laboratoire et contrôle qualité](#), [la Réglementation : assurance qualité et affaires réglementaires](#), les [procédés](#) et la [production](#).

Ci-dessous quelques exemples de métiers ciblés :

Dans le domaine de l'analyse : [Technicien d'analyse chimie / physico-chimie \(H/F\)](#) et [Responsable de laboratoire d'analyses / contrôle qualité \(H/F\)](#)

Dans la recherche et le développement : [Ingénieur de recherche / Chercheur \(H/F\)](#), [technicien chimiste \(H/F\)](#), [Technicien de formulation \(H/F\)](#)

Dans la réglementation et les brevets : [Spécialiste / Attaché Affaires réglementaires \(H/F\)](#), [Ingénieur brevets / Responsable brevets \(H/F\)](#)

Dans le domaine des procédés industriels : [Technicien Génie des procédés / Génie chimique \(H/F\)](#) et [Ingénieur chimiste procédés](#)

Au niveau doctorat, l'expertise dans un domaine particulier est bien entendu la règle.

Ressources proposées en collaboration avec les équipes métiers/orientation de la Maison de la Chimie : Françoise Brénon et Gérard Roussel.