

**Zeitschrift:** Horizons : le magazine suisse de la recherche scientifique  
**Band:** 23 (2011)  
**Heft:** 89

**Artikel:** Point fort chimie : la chimie est sur tous les fronts  
**Autor:** Koechlin, Simon / Hafner, Urs / Fischer, Roland  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-551363>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

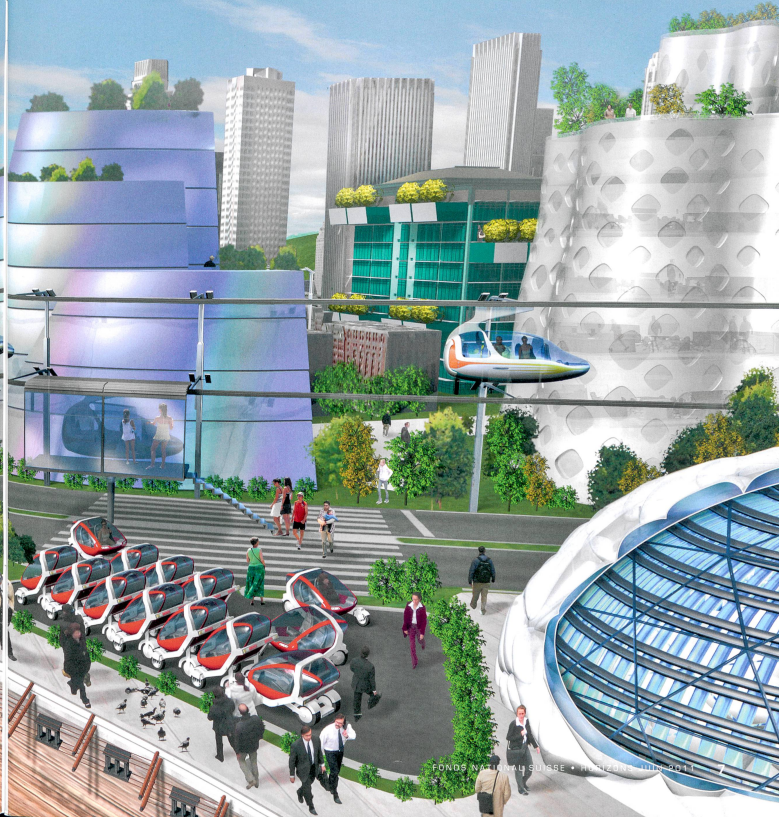
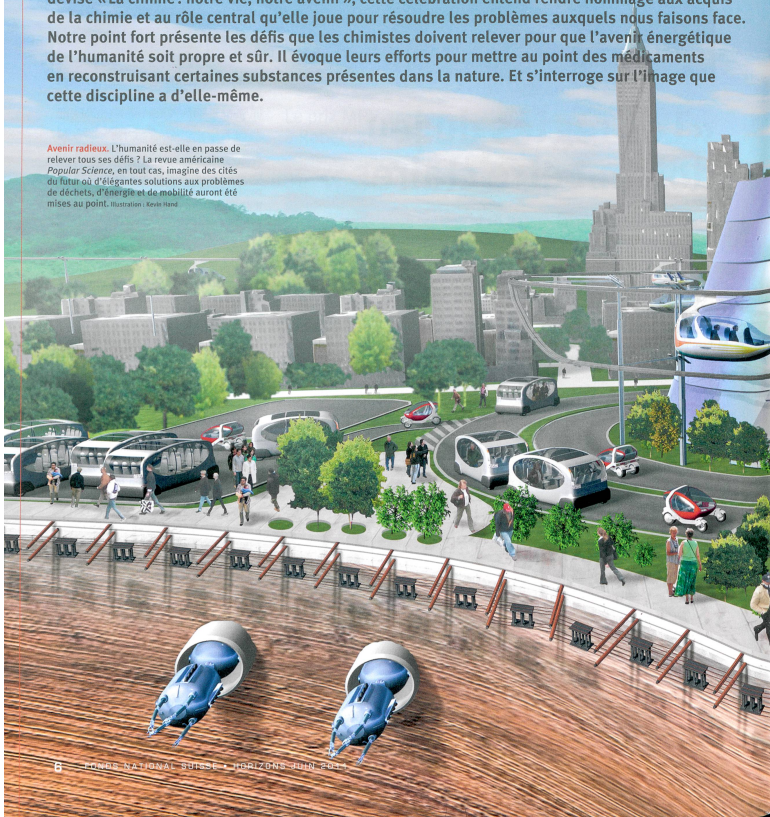
**Download PDF:** 06.10.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# La chimie est sur tous les fronts

A la demande de l’Ethiopie, l’Unesco a décrété 2011 Année internationale de la chimie. Avec sa devise « La chimie : notre vie, notre avenir », cette célébration entend rendre hommage aux acquis de la chimie et au rôle central qu’elle joue pour résoudre les problèmes auxquels nous faisons face. Notre point fort présente les défis que les chimistes doivent relever pour que l’avenir énergétique de l’humanité soit propre et sûr. Il évoque leurs efforts pour mettre au point des médicaments en reconstruisant certaines substances présentes dans la nature. Et s’interroge sur l’image que cette discipline a d’elle-même.

**Avenir radieux.** L’humanité est-elle en passe de relever tous ses défis ? La revue américaine *Popular Science*, en tout cas, imagine des cités au futur où d’élégantes solutions aux problèmes de déchets, d’énergie et de mobilité auront été mises au point. Illustration : Kevin Rand.







Les miroirs de notre avenir. Le four solaire de l'Institut Paul Scherrer (PSI) est capable de concentrer jusqu'à 5000 fois le rayonnement solaire. Cela permet de tester des réacteurs solaires à haute température. Photo: Denis L. Huet/PSI

## Du carburant à partir de lumière solaire ?

L'énergie du futur devra être propre, sûre et couvrir les besoins de milliards d'êtres humains. Ce ne sera possible que moyennant de nouveaux développements issus de la chimie.

PAR SIMON KOECHLIN

Aujourd'hui, l'approvisionnement en énergie s'apparente à un baril de poudre. Avec les centrales nucléaires, on court le risque d'irradier de vastes étendues. Et en brûlant du pétrole, on réchauffe l'atmosphère – lentement, mais sûrement, avec des conséquences

imprévisibles pour les êtres humains, les animaux et les plantes. Comment satisfaire nos besoins en énergie sans dévaster la planète ? Et quel rôle la chimie est-elle susceptible de jouer dans ce processus ?

« Un rôle important », affirme Alexander Wokaun, directeur du département de recherche énergétique à l'Institut Paul Scherrer (PSI) à Villigen (AG). Ce cher-

cheur se réfère à l'étude menée par Triologie Energie Suisse – il fait partie du cadre de ce think tank. L'enquête montre que si l'on veut assurer une bonne qualité de vie en Suisse, tout en abaissant la consommation d'énergie et les émissions de CO<sub>2</sub>, il faut découpler la croissance économique annuelle et la production d'énergie par tête. Avec un objectif : en 2050, les technologies renouvelables devraient fournir plus de la moitié de l'énergie. Si l'on veut y parvenir, poursuit Alexander Wokaun, il sera nécessaire d'améliorer l'efficacité énergétique, notamment dans le domaine des transports. Or, une telle évolution n'est possible que moyennant de nouveaux développements issus de la chimie.

D'après le chercheur, en 2050, les voitures qui circuleront sur les routes de Suisse seront propulsées par différents

types de moteurs : à explosion, hybrides, électriques ou à hydrogène (pile à combustible).

### Des oxydes conçus sur mesure

Mais nous n'en sommes pas encore là : aujourd'hui, les batteries des voitures électriques ont une densité énergétique trop faible. Des chimistes étudient donc différents systèmes capables de stocker de l'électricité, qui prennent moins de place, explique Alexander Wokaun. Avec de nouveaux matériaux pour les batteries conventionnelles au lithium : des oxydes conçus sur mesure, par exemple de la classe des pérovskites ou des spinelles, seraient susceptibles d'améliorer la performance des accumulateurs lithium-ions de l'avenir. Il existe encore d'autres concepts, certes prometteurs, mais pas encore mûrs : par exemple, la pile lithium-air, où l'oxygène

joue le rôle de réactif pour le lithium. La durée de vie des batteries fait aussi l'objet de recherches. L'accumulateur d'un véhicule doit en effet pouvoir se décharger et se recharger des milliers de fois, mais aussi être sûr et garantir notamment que le lithium, hautement réactif, ne réagira pas à l'électrolyte, à l'eau ou à l'humidité de l'air.

Les chimistes du PSI placent un grand espoir dans le développement de piles à combustible, capables de transformer l'hydrogène et l'oxygène en eau, en chaleur et en énergie électrique. Dans la pile à combustible, les deux éléments chimiques sont séparés l'un de l'autre par une membrane dense et ultrafine, qui ne doit laisser passer que les noyaux d'hydrogène, c'est-à-dire les protons. Les électrons, eux, sont obligés de circuler vers la contre-électrode, au contact de laquelle l'oxygène contenu dans l'air se sépare en deux atomes. Au niveau des matériaux intervenant dans ces processus, le potentiel d'amélioration est encore considérable, et des chimistes sont en train de le sonder.

Autre option très débattue pour l'avenir : les agrocarburants. Étant donné que certaines méthodes ont été récemment remises en question, le PSI se concentre sur la production de méthane à partir de la biomasse, par exemple pour des véhicules à gaz, explique Alexander Wokaun. Pour ce faire, des déchets végétaux, du purin ou des boues d'épuration sont soumis à une forte pression, puis leurs éléments nutritifs précipités par chauffage, afin d'être réutilisés comme engrais. La substance organique restante est alors transformée en méthane. Le catalyseur utilisé à cet effet doit rester stable, même avec des substances agressives.

L'énergie solaire représente aussi un terrain de prédilection pour les chimistes. Dans le photovoltaïque, la demande s'oriente vers des matériaux plus efficaces et des procédés de fabrication meilleur marché. Pour les cellules organiques, on cherche surtout, aujourd'hui, à trouver de nouveaux colorants susceptibles de capter la plus grande partie possible de la lumière

solaire et de transformer cette dernière en électricité par séparation des charges. Produire des cellules de plus en plus minces permettrait également de réduire le besoin en matériel et d'abaisser les coûts de production du courant.

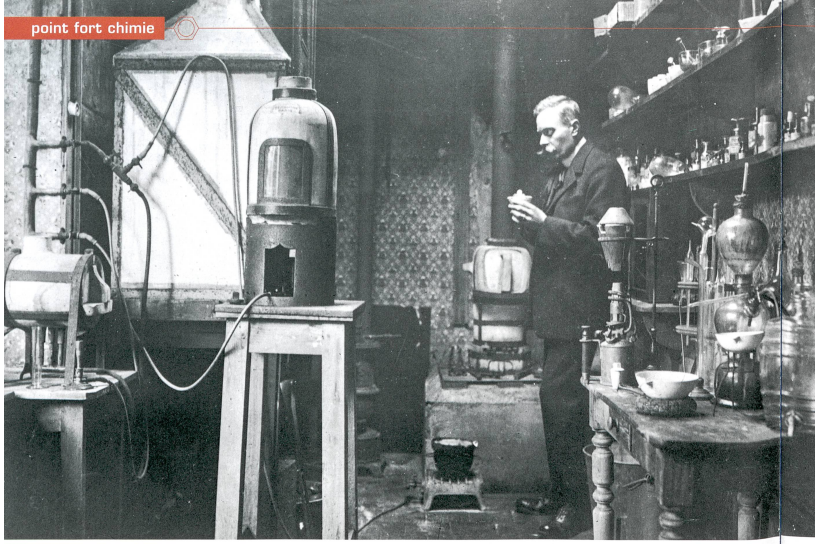
### Le soleil pour décomposer l'eau

Il sera peut-être possible un jour de fabriquer aussi un carburant à partir de la lumière du soleil. La vision qui sous-tend cette technologie en développement est la suivante : décomposer l'eau à l'aide de la lumière solaire. Pour ce faire, il faut un composé qui puisse être chauffé à environ 2000

### L'éolien a aussi besoin de la chimie.

degrés par cette lumière fortement concentrée et qui stocke cette énergie. Il se produit alors une réaction, lors de laquelle un gaz, composé d'hydrogène et de monoxyde de carbone, se constitue à partir d'eau et de dioxyde de carbone – ce gaz, dit de synthèse, peut être converti en essence, kérosène et autres carburants liquides. Différents projets sont conduits dans ce sens au PSI et à l'EPFL. Pour l'an prochain, il est prévu de démontrer la faisabilité du processus et son efficacité à grande échelle, dans une installation test, en France.

Pour toutes les autres formes d'énergie également, la chimie joue un rôle important, souligne Alexander Wokaun. Dans le cas de l'éolien, des matériaux sont à l'étude pour recouvrir les rotors afin de les protéger du gel. La géothermie a, quant à elle, besoin de fluides de forage adaptés. Et pour l'énergie nucléaire, chimistes et physiciens testent de nouveaux procédés permettant de séparer les produits de fission des noyaux lourds. Par ailleurs, certains chercheurs spécialisés développent des supermatériaux susceptibles d'être utilisés dans les réacteurs nucléaires de quatrième génération, afin d'empêcher la formation et la propagation de fissures. Pourtant, il convient de ne pas trop attendre de la science, prévient Alexander Wokaun. Les chimistes peuvent mettre à disposition des méthodes, des technologies, voire les améliorer. Mais au final, la décision revient à la société : c'est à elle de faire son choix. ■



L'avènement de la nouveauté. François Jollivet-Castelot, un alchimiste français, photographié vers 1900, alors qu'il tentait de fabriquer de l'or dans son laboratoire. En bas: le sildénafil, développé à la fin des années 1990 et plus connu sous le nom de Viagra. Photos: Roger Volz / Keystone (à gauche), Denis Li Wan Po

## Réaliser le rêve ancien de l'alchimie

Contrairement à la physique et à la biologie, la chimie est peu profilée dans l'esprit du public. Alors que c'est une discipline créative, qui réunit l'ensemble des sciences naturelles.

PAR URS HAFNER

Que fait le physicien? Il explique l'origine de l'univers. La biologiste? Elle déchiffre les éléments fondamentaux de la vie sur cette planète. L'anthropologue? Il reconstruit l'arbre généalogique de l'espèce humaine à partir de fragments d'os préhistoriques. Et le chimiste? Le profane, qui garde au mieux un souvenir diffus des molécules du cours de chimie, a du mal à le dire.

Michael Hampe, philosophe des sciences à l'EPFL, a la réponse: le chimiste montre à quel point le monde est complexe et varié. «Avec son travail, il produit le savoir fondamental nécessaire à l'ensemble des sciences naturelles», précise-t-il. La chimie est donc le lien élémentaire et essentiel qui unit la biologie et la physique. Sans elle, impossible de comprendre les phénomènes de la nature.

Pourtant, dans l'esprit du public, les représentations associées à la chimie sont

vagues et souvent négatives: pour nombre de personnes, elle évoque Bhopal, Schweizerhalle et les multinationales agro-alimentaires. Lorsque des déchets fortement toxiques sont déversés dans un fleuve, c'est une catastrophe chimique. Mais lorsqu'un avion tombe du ciel, personne ne parle d'accident physique.

Or, la chimie mérite mieux que ces simplifications. Pour Michael Hampe, la discipline est victime d'un culte de la nature d'inspiration chrétienne et de l'idéologie bio contemporaine, qui opèrent une distinction stricte entre le naturel et l'artificiel: «Un paysan qui cultive des pommes de terre ou élève des vaches, est-ce vraiment naturel?», demande le chercheur. Et fabriquer du plastique à partir de pétrole enfoui dans le sol depuis des millions d'années, est-ce artificiel à ce point?»

La distinction ne tient pas: si tout ce qui a été produit par synthèse chimique disparaissait de la surface de la Terre, il ne

resterait pas grand-chose. «Les préjugés par rapport à la chimie sont liés à l'industrie. Ils ont éclipsé ses effets positifs», explique Andreas Pfaltz, chimiste à l'Université de Bâle. Qui rappelle que nous devons aussi notre niveau de vie à la chimie, il suffit de songer aux médicaments.

### Formules et réactions abstraites

La physique peut se targuer de posséder le modèle atomique, la biologie d'avoir déchiffré le génome humain. Alors que «la chimie s'articule autour de formules et de réactions abstraites», note Andreas Pfaltz. «Elle ne dispose ni de théories spectaculaires ni d'images faciles à retenir», ajoute Michael Hampe. Contrairement à la physique qui s'enhardit dans l'espace, ou à la biologie qui explore le cerveau, la chimie ne se présente pas sous l'angle attrayant de la «science-frontière», relève encore Christian Simon, spécialiste en histoire des sciences à l'Université de Bâle.

La chimie a donc du mal à se présenter de manière profilée. C'est ce que montre, malgré lui, le site internet suisse mis en ligne cette année – 2011 a été déclarée Année de la chimie par l'ONU. Ce dernier s'efforce de présenter la discipline sous son meilleur jour, mais il décline tellement d'aspects qu'il est impossible pour le profane d'en conserver une image marquante. On ne saisit pas clairement ce qui fait le cœur de la chimie, ce qui caractérise l'habitus du chimiste.

Alors que ce cœur existe bel et bien. Comme l'explique Michael Hampe, le chimiste «crée» et réalise ainsi, grâce à la recherche moléculaire, le rêve ancien de l'alchimiste: donner corps à de nouvelles substances, à «quelque chose d'artificiel, qui déploie sa propre dynamique».

A ce jour, les chimistes ont mis au point quelque vingt millions de liaisons nouvelles, rappelle-t-il. Mais en tant que science appliquée, la chimie a été par trop délaissée par les philosophes des sciences,

qui se sont focalisés sur la physique et son «rêve de formule universelle».

L'image du chimiste créateur date du XIXe siècle, alors que l'habitus du chimiste était en train de se constituer. «En 1800, la chimie était encore une science qui étudiait la nature dans le but de la connaître», rappelle Christian Simon. Avec la montée de l'industrie des colorants, les études de chimie se sont mises à drainer les masses, car le métier promettait un bon gagne-pain: «On faisait des études de chimie pour gagner de l'argent», confirme le chercheur. C'est à cette période que le chimiste a été associé à une idée de toute-puissance, à la faculté de créer quelque chose de nouveau à partir d'une certaine connaissance des lois de la nature.

Au XXe siècle, le chimiste symbolisait l'espoir de progrès technologiques inexorables et l'amélioration des conditions de vie. Un ouvrage de vulgarisation scientifique paru en Allemagne à la fin des années 1930 porte le titre emblématique de *Chemie erobert die Welt* [la chimie à la conquête du monde]. Le chimiste y est décrit comme «le plus grand conquérant».



comme un «homme nouveau» – apparemment en référence au discours national-socialiste. Au milieu du XXe siècle, la chimie a connu un épanouissement sans précédent. Grâce à l'industrie, l'argent coulait à flots. Les chimistes étaient ceux qui synthétisent la pénicilline et d'autres substances miracle.

Dans les années 1970, avec l'ascension de la biologie moléculaire, selon laquelle la molécule est davantage qu'un composant cellulaire, la chimie s'est retrouvée en crise. «Les chimistes ne considéraient pas la biologie comme une science dure, avec des résultats reproductibles», explique Christian Simon. Ils voyaient les biologistes comme des chimistes de seconde zone. Parallèlement, l'industrie chimique rencontrait de plus en plus de difficultés.

### Ouverture vers la biologie et la physique

Andreas Pfaltz estime, lui aussi, qu'un changement s'est produit au cours de la seconde moitié du XXe siècle. «La chimie constituait une science clairement définie et délimitée. Elle s'est peut-être trop contentée d'elle-même, avance-t-il. Mais cette crise lui a permis de s'ouvrir à la biologie et à la physique». Aujourd'hui, ces trois domaines scientifiques sont toujours davantage parties prenantes d'un paysage transdisciplinaire de la recherche.

En s'ouvrant, la chimie est redevenue aussi plus attrayante aux yeux des étudiants. Juste avant les années 2000, leur nombre avait connu une baisse radicale, alors que depuis 2004, la courbe remonte. Une évolution qu'Andreas Pfaltz juge rassurante, étant donné le rôle central que la chimie sera amenée à jouer: «Les problèmes environnementaux et énergétiques pressants, comme le remplacement du pétrole et le développement de nouveaux dispositifs solaires efficaces, ne pourront être résolus qu'avec son concours», estime-t-il. Cette Année de la chimie contribuera peut-être à offrir au monde les chimistes dont il a besoin. ■





# Un remède dans une meule de foin

La nature tient à notre disposition de nombreux principes actifs potentiels. Pour les découvrir, les chimistes organiques évaluent de surprenants mécanismes d'action écologiques.

PAR ROLAND FISCHER

**C'**est un peu comme chercher une aiguille dans une meule de foin : la nature recèle des millions (des milliards ?) de substances non étudiées. Et chacune d'elles représente un principe actif potentiel. Mais comment repère-t-on les candidats intéressants quand on ne sait pas ce qu'on recherche ? « Nous nous appuyons sur un mélange de connaissances et de hasard », explique Karl Gademann, de l'Université de Bâle. Le groupe de recherche que dirige ce jeune professeur de chimie s'est spécialisé dans le repérage de molécules prometteuses parmi les micro-organismes et les végétaux ainsi que dans la reconstruction de ces substances en laboratoire. Objectif :

trouver un moyen aussi simple et élégant que possible de les synthétiser.

Au cours de sa quête de médicaments inconnus, Karl Gademann met aussi le doigt sur de surprenants modes d'action. Ce sont les « rapports écologiques » qui lui indiquent la piste. Lorsqu'un organisme lance sa machinerie de synthèse et fabrique une molécule précise, c'est pour une bonne raison, souvent liée au système écologique dans lequel il est intégré. Un chimiste organique qui étudie les algues bleues doit donc aussi garder leur biologie à l'œil.

Les défenses des algues bleues contre l'invasion d'autres algues sont susceptibles de lui donner l'idée de chercher un

## Recherche fondamentale créative.

La nostocarboline contenue dans cette éprouvette est une molécule issue d'une algue bleue. L'un de ses atouts réside dans son efficacité contre la malaria. Photo: Karl Gademann

nouveau type de principe actif contre la malaria. Les algicides découverts pourraient en effet s'avérer efficaces contre l'agent pathogène du paludisme, étant donné qu'au fil de son évolution, ce dernier a intégré certains composants des algues et présente ainsi un talon d'Achille négligé jusqu'ici.

Et lorsque ce même scientifique découvre que les algues bleues s'arment contre la voracité des insectes en provoquant chez ces derniers d'étranges modifications du comportement, une association d'idées est de nature à l'amener aux maladies dégénératives. Ainsi, l'équipe de Karl Gademann a isolé une substance qui inhibe une protéine associée à l'apparition de la maladie d'Alzheimer et en a synthétisé d'autres, produites par des champignons, qui accélèrent de manière remarquable la croissance des appendices reliant les neurones entre eux. Enfin, les chercheurs examinent, dans le cadre de nouveaux projets, les ingrédients d'anciennes plantes médicinales indiennes et chinoises qui présentent le même effet stimulateur de croissance. Autant de découvertes qui font dresser l'oreille aux spécialistes des maladies d'Alzheimer ou de Parkinson.

Même s'il n'a pas encore une longue carrière de chercheur derrière lui, Karl Gademann a déjà dégagé des hypothèses novatrices pour le traitement de certaines maladies lourdes. Mais son domaine, souligne-t-il, reste la recherche fondamentale : « Nous ne sommes pas une firme pharmaceutique, notre objectif n'est pas de développer

## De la science dans un vaste espace associatif.

des médicaments. » A ses yeux, le fait de détecter et de reconstituer de nouvelles molécules permet surtout de comprendre certains mécanismes biologiques fondamentaux. Et de faire de la science dans un vaste espace d'associations d'idées, loin du confinement des résultats commercialement exploitables. ■