



Antoine-Laurent de LAVOISIER

---

---

J'aurai été le pionnier  
de la chimie moderne.  
Qu'est-elle devenue?



Antoine-Laurent de LAVOISIER

---

# *La chimie?*

---



Diabole?



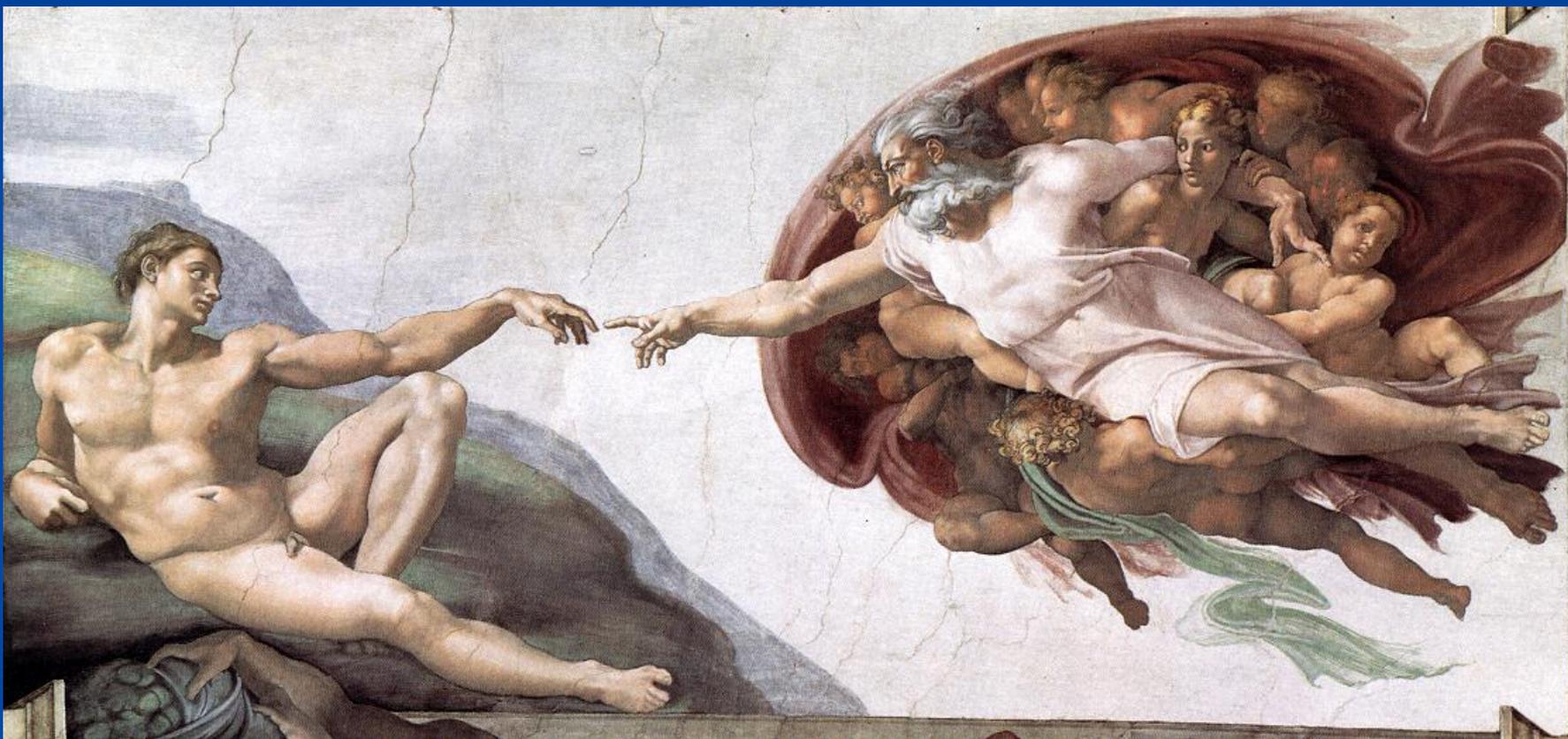
# *La chimie?*

---

*Diabole?*

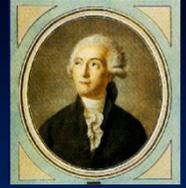
ou

Bon Dieu?



# *Pourquoi ce titre?...*

---

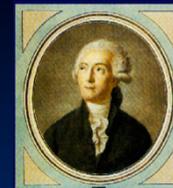


## La colère d'un scientifique et la réaction d'un citoyen

devant le **matraquage** anti-chimie et anti-science propagé par de nombreux medias (presse, télévision) à l'instigation de certains politiques, parce que cela fait vendre, en **abusant de la crédulité** des citoyens et **en cultivant des peurs** parfois immémoriales...

---

# *La peur immémoriale...*



Les Gaulois et l'orage...

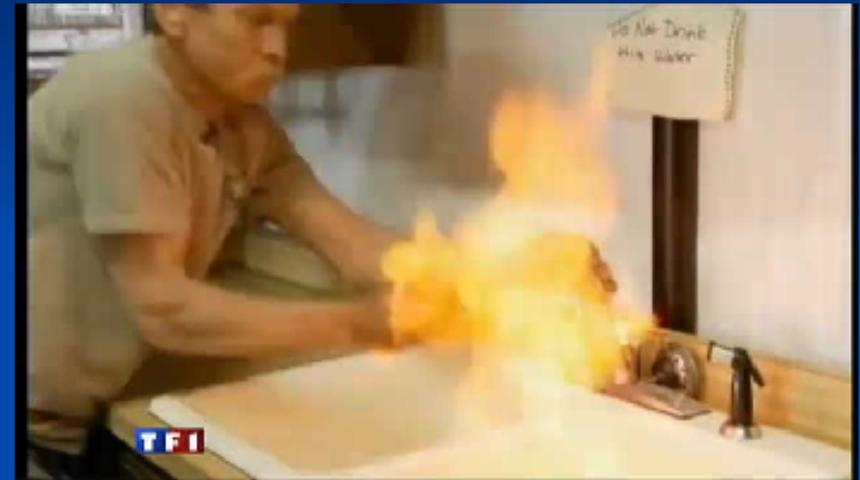
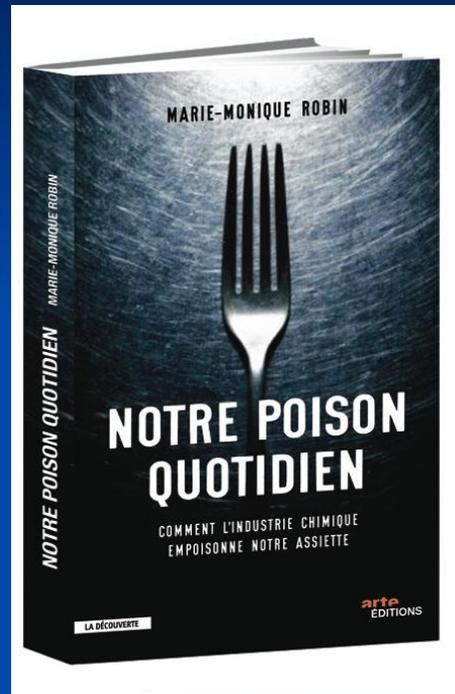
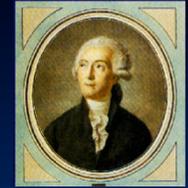


# *La diabolisation de la chimie*

---



# Quelques exemples récents...



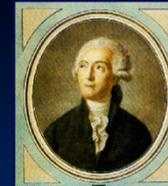
« Gaz de schiste »

Sans compter avec le malhonnête « Appel de Paris » du cancérologue Belpomme

Tous EXCLUSIVEMENT des procès à charge, remplis de contre-vérités, mais largement repris par les médias, sans aucun esprit critique... Au grand bénéfice financier de ces pamphlétaires, plus **avides de cultiver la peur** que d'informer.

# La peur...

---



On a peur de ce que l'on ne comprend pas.  
On croit n'importe quoi et... on condamne!

Trop souvent véhiculée par de pseudo-gourous  
dont l'audience disparaît heureusement avec le  
temps, mais le mal est fait.

## *Souvenez-vous:*

- Savonarole dont les prêches faillirent tuer la Renaissance...
  - Le bug de l'an 2000...
  - Maintenant le réchauffement climatique (qui devient - avec plus de raison! - changement...)
-

# *L'Appel de Paris (2004)*

---



**Constat:** le nombre de cancers augmente

**Cause:** c'est de la faute de la chimie (sans la moindre démonstration...)

**Conséquence:** attaque tous azimuths de la chimie et de son industrie.



Signé par de nombreuses personnalités (qui se sont ensuite récusées faute d'avoir été suffisamment informées!), transmis aux politiques et aux medias, ce rapport a été ensuite violemment critiqué par l'ensemble de l'Académie des Sciences pour informations soit fausses, soit tronquées, dès qu'elle en eu connaissance... Nous n'avons pas obtenu de droit de réponse dans les medias! Mais le mal était fait... La chimie le paie encore aujourd'hui.

---

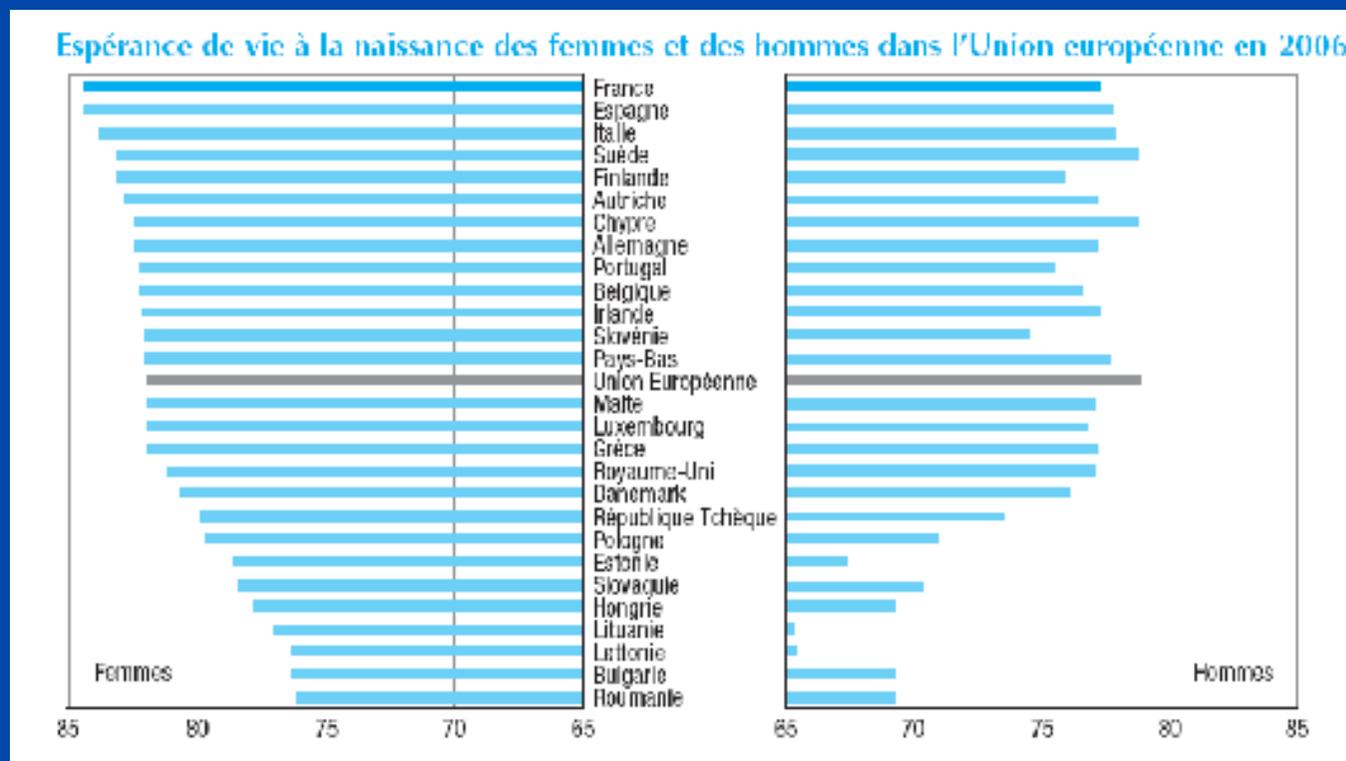
# L'Appel de Paris (2004)



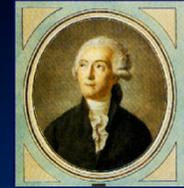
Constat: le nombre de cancers augmente: **c'est vrai, mais pourquoi?**

*Plutôt que d'accuser exclusivement la chimie, s'il avait été honnête, il aurait dû:*

1. Prendre en compte l'augmentation de la durée de vie



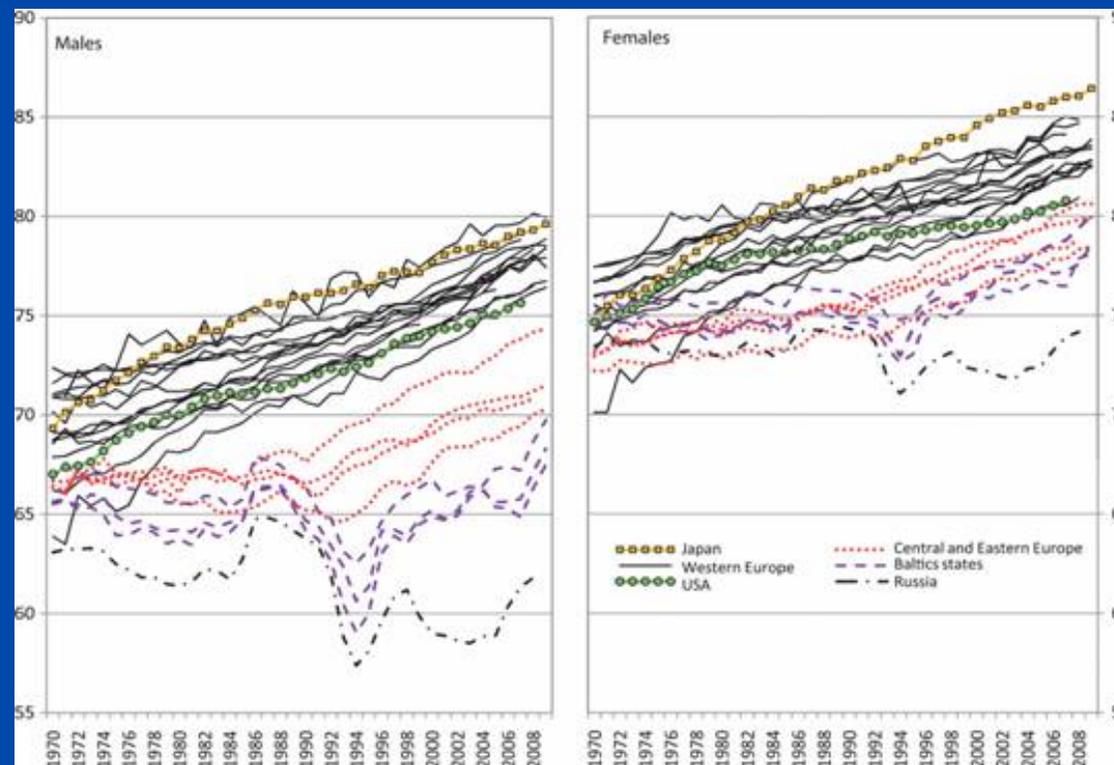
# *L'Appel de Paris (2004)*



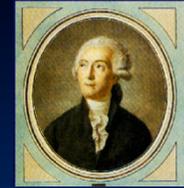
Constat: le nombre de cancers augmente: **c'est vrai, mais pourquoi?**

*Plutôt que d'accuser exclusivement la chimie, s'il avait été honnête, il aurait dû:*

1. Prendre en compte **l'augmentation de la durée de vie**



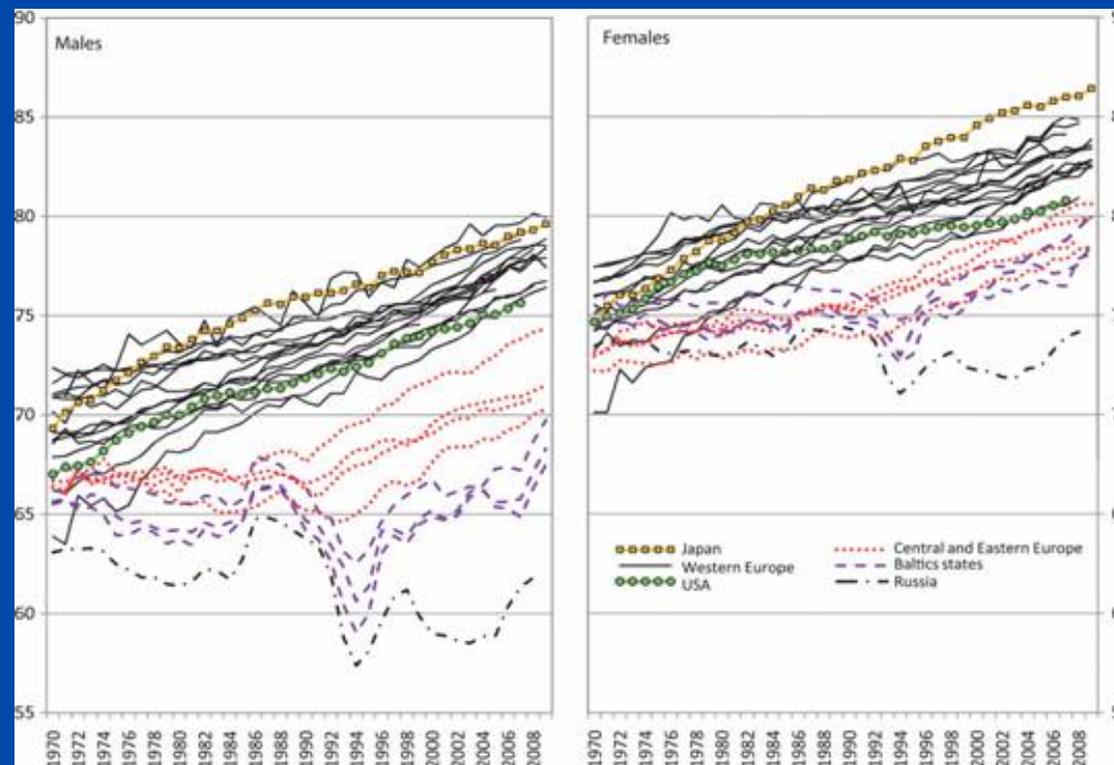
# *L'Appel de Paris (2004)*



Constat: le nombre de cancers augmente: **c'est vrai, mais pourquoi?**

*Plutôt que d'accuser exclusivement la chimie, s'il avait été honnête, il aurait dû:*

2. Prendre en compte **l'augmentation de la précocité du diagnostic**

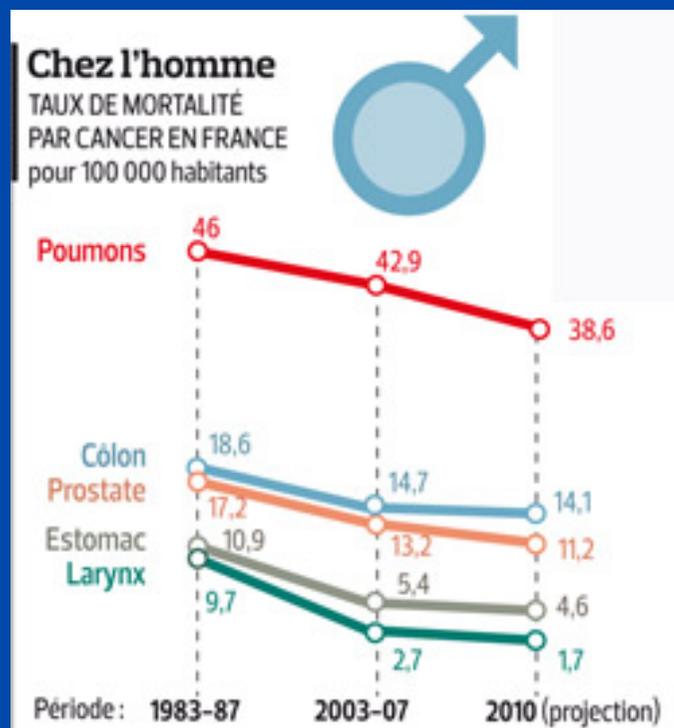


# L'Appel de Paris (2004)



*Plutôt que d'accuser exclusivement la chimie, s'il avait été honnête, il aurait dû:*

3. Prendre en compte **les progrès de la science et l'augmentation des actions d'information** et leur corollaire



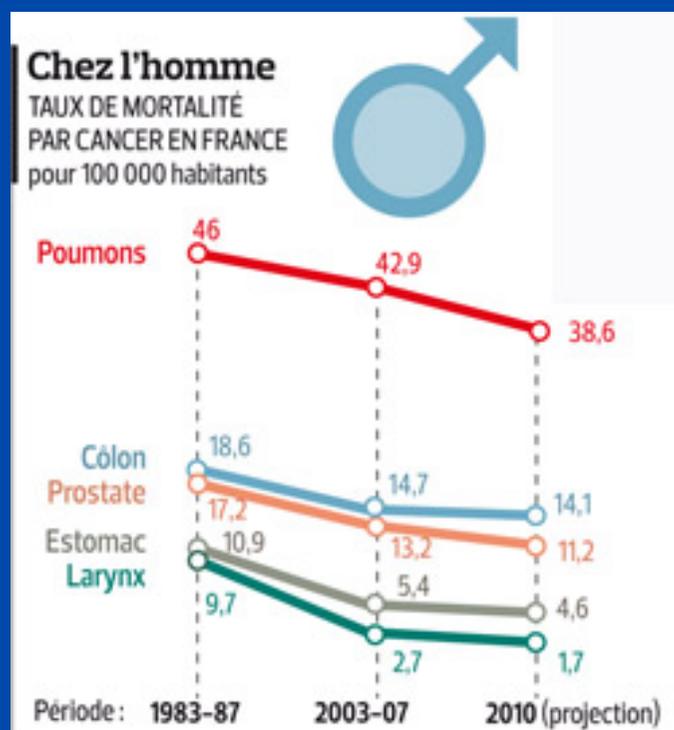
la diminution des taux de mortalité

# L'Appel de Paris (2004)



*Plutôt que d'accuser exclusivement la chimie, s'il avait été honnête, il aurait dû:*

3. Prendre en compte **les progrès de la science et l'augmentation des actions d'information** et leur corollaire



**la diminution des taux de mortalité**

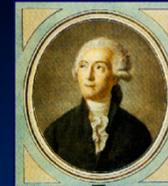
La chimie en est responsable, non? Mais cette fois à décharge... Tiens! Tiens!

**Il ne l'a pas fait! Pourquoi?**

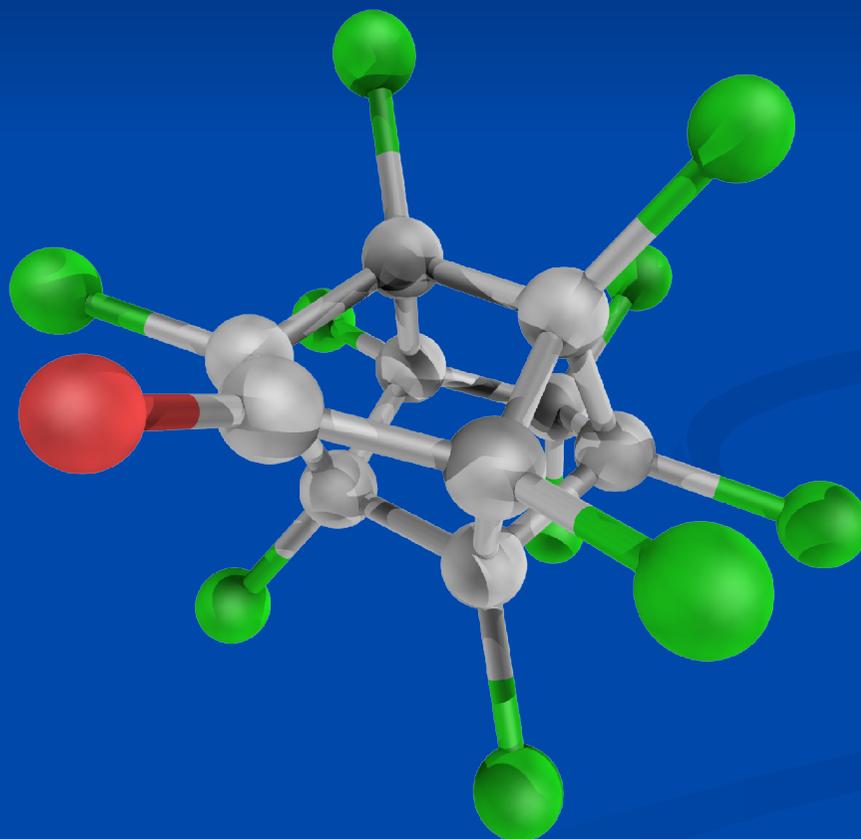
**Parce qu'il faut entretenir la peur et... se faire de la publicité dans les medias pour vendre ses livres!**

# *Bis repetita en 2007!*

---



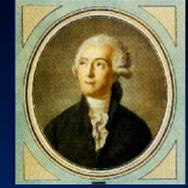
Cette fois, c'est le 'drame majeur' des pesticides  
(en particulier la chlordecone) aux Antilles



*Mais là!...*

---

# Mais là! Enfin!



## **Chlordecone: le Pr Belpomme est-il un imposteur et businessman de la peur ?**

*Publié le 07 octobre 2007 par [Menye Alain](#)*

Lu hier dans l'hebdomadaire Marianne, page 57, un petit billet dédié aux nouveaux Imposteurs et, en tête de gondole, le Pr Dominique Belpomme, celui qui révéla que le chlordecone utilisé aux Antilles est un empoisonnement plus inquiétant que le scandale du sang contaminé.

Accusé d'affabulation, il est même cité comme étant un marchand de la peur... plus exactement, de falsificateur, bénéficiant des oripeaux, de son titre et de son nom....qui inspire confiance(sic).

*... Le Pr Belpomme, cancérologue de son état, aurait demandé à l'Etat de lui accorder 200 000 euros pour réaliser une étude sur 25 sujets atteints de la prostate, 15 sujets sains et 25 nouveaux-nés. Affaire à suivre !*

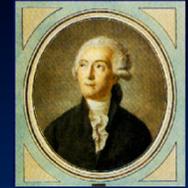
---

## **Pesticides aux Antilles: le rapport Belpomme décrédibilisé** (*Libération : 8 novembre 2007*)

Après la controverse suscitée par son rapport publié en septembre, dénonçant "un scandale sanitaire aux Antilles", le cancérologue a été auditionné mercredi par les députés.

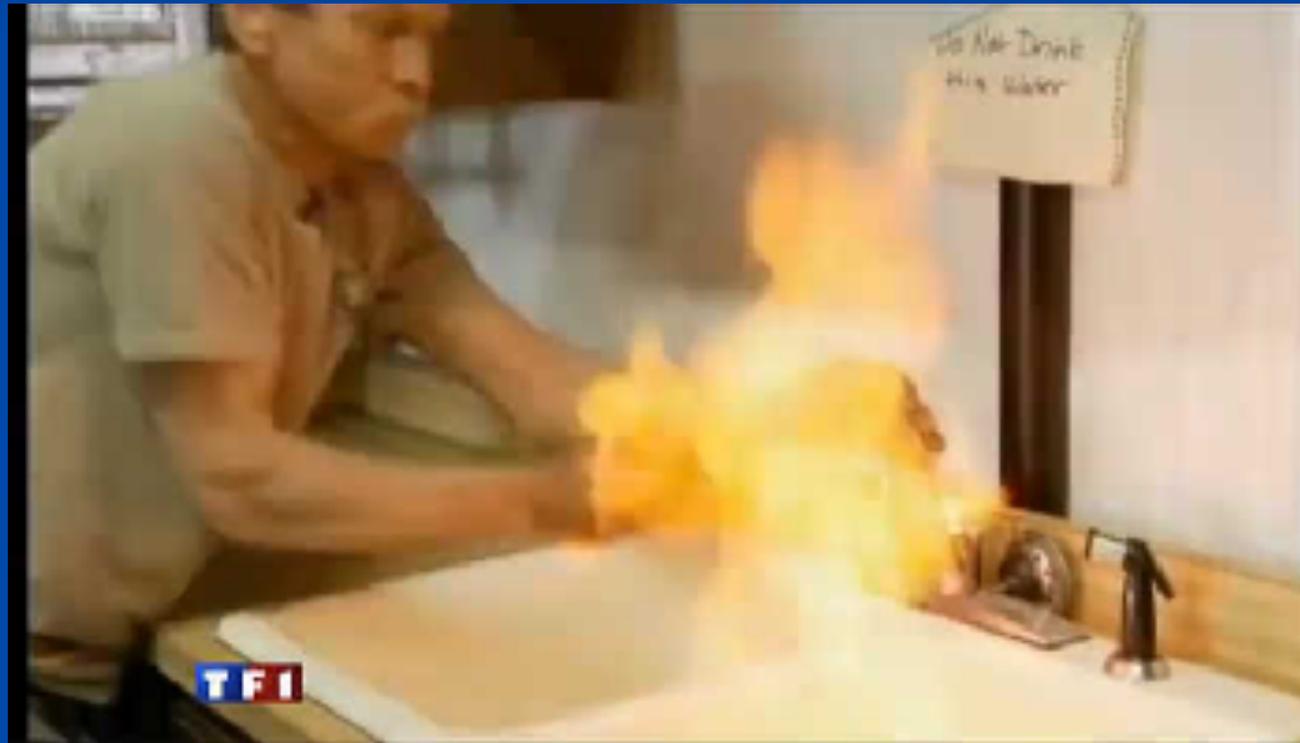
*Méfiez-vous plus de ces pseudo-gourous!...*

# *Dernier exemple en date*



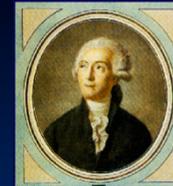
## les gaz de schiste...

le document (importé des Etats-Unis) qui a mis le feu aux poudres...



# *Dernier exemple en date*

---



Décret Borloo autorisant les pétroliers à explorer et exploiter les importants gisements français



Manifestations des associations de consommateurs  
Campagne de presse à charge

Suppression du décret dans l'urgence, et interdiction d'exploration et – *a fortiori* – d'exploitation

SANS **QU'A AUCUN MOMENT**, L'AVIS DES SCIENTIFIQUES COMPETENTS AIT ETE SOLLICITE...

---

# Il ne fallait pas franchir cette marche...



Les Echos  
10 mai 2011

## Gaz de schiste : et si on écoutait les scientifiques ?

LE POINT DE VUE D'UN COLLECTIF DE SCIENTIFIQUES

En tant que scientifiques, et plus particulièrement en tant que chimistes, le « débat » sur les gaz de schiste, comme d'autres situations similaires, nous interpelle. Peut-on d'ailleurs parler de « débat » pour ce qui est resté une polémique médiatique, sans dimension scientifique ? Sur le sujet hautement technique des réserves énergétiques, au cœur des enjeux de la planète de demain, les scientifiques n'ont pas eu leur mot à dire. Nous avons entendu les avis d'adversaires de tous bords et de toutes origines, lu une multitude d'articles plus alarmistes les uns que les autres, vu en boucle des images apocalyptiques d'eau qui brûle, assisté à un déferlement de discussions sur Internet, tout cela pour aboutir, après une décision d'interdiction, sur un « finalement, on est peut-être allé trop vite », qui commence à réagir la sphère médiatique.

Les gaz de schiste, à l'égal de beaucoup d'autres sujets, méritent une discussion éclairée, rationnelle, analysée, relativisée, sur des bases solides. Mais personne n'a laissé le temps aux scientifiques d'expliquer les phénomènes, de mesurer les risques et surtout de rechercher et de proposer les antidotes éventuels à ces risques, avant de conclure éventuellement qu'il ne fallait pas emprunter cette voie.

La démarche politique, nourrie par l'emballement médiatique, s'est emparée d'un fait à haute portée symbolique, dans le contexte de Fukushima, pour en tirer un appel à l'action immédiate, qui ne pouvait se traduire que par une interdiction, une suspension,

un moratoire. Internet, par sa puissance, son immédiateté, la capacité d'échange et de surenchère qu'il offre, a renforcé cet engrenage.

Nul ne peut ignorer cette dictature de l'urgence, cette tyrannie du court terme, les scientifiques pas plus que les hom-

propose des solutions pour réduire ces risques ou en limite l'impact lorsqu'ils se matérialisent.

C'est l'évidence que nous souhaitons aujourd'hui rappeler à tous les Français : les scientifiques devraient ou doivent avoir une valeur ajoutée dans le débat

**C'est l'évidence que nous souhaitons aujourd'hui rappeler à tous les Français : les scientifiques devraient ou doivent avoir une valeur ajoutée dans le débat public.**

mes politiques ou les citoyens engagés dans la vie de la cité. Le seul moyen de l'atténuer, c'est d'anticiper, de se saisir par avance des sujets et d'essayer d'y apporter des contributions avant qu'ils ne soient pris dans le tourbillon médiatique.

Sans remettre en cause l'avancée considérable que représente l'accès pour tous à une information abondante et instantanée, il serait bon que, avant « le temps de l'engouement médiatique », il y ait « le temps de la démarche scientifique » qui, en confrontant les hypothèses et les résultats anciens aux données nouvelles apportées par « l'événement », construise, certes plus progressivement, mais de manière ô combien plus robuste, un jugement équilibré et utile, identifie les incertitudes qui demeurent,

public. La science a des propositions de réponse à apporter et peut être source de solutions aux différents défis auxquels sont confrontées nos sociétés, comme nous le montrerons, pour la chimie, lors d'un colloque qui aura lieu le 13 mai à la Maison de la chimie. Parce que la chimie, à la fois science et industrie des transformations de la matière, est au cœur des principales questions qui se posent aux sociétés du XXI<sup>e</sup> siècle : environnement, santé, énergie.

Les professeurs Avelino Corma, Gérard Férey, Jean Fréchet, Martin Janssen, Jean-Marie Lehn, Bernard Meunier et Bernard Bigot, président de la Fondation internationale de la Maison de la chimie.

# Il ne fallait pas franchir cette marche...



Le FIGARO  
25 juillet 2011

Le Fig  
25/07-11  
Bernard Meunier

## Le danger : les bactéries ou l'eau de Javel ?

**T**ous les produits naturels sont considérés comme bons pour la santé de l'homme et par opposition tous les produits chimiques, dangereux. Difficile d'échapper à ce qui est maintenant considéré comme une évidence, plus encore en Allemagne qu'en France. Quoi de plus naturel qu'une bactérie ? Les bactéries étaient sur terre bien avant Homo sapiens. *Escherichia coli* est une bactérie banale, présente dans les intestins des mammifères, facilitant la digestion des aliments. En fait, il ne s'agit pas d'une seule bactérie, mais d'une famille de bactéries dont certaines sont hautement toxiques. C'est le cas d'*E. coli* entérohémorragique, une bactérie mutante d'*E. coli*. Les bactéries sont en effet, des organismes hautement modifiés génétiquement qui échangent facilement des gènes entre elles. *E. coli* produit des toxines dévastatrices pour l'organisme humain, les shigatoxines, capables de détruire des cellules des vaisseaux sanguins et des reins. De banales, ces bactéries deviennent des agents mortels. Près de 40 morts en Allemagne depuis la mi-mai et des milliers de malades hospitalisés. Très vite, trop vite, les concombres espagnols « biologiques » ont été désignés comme étant la source de contamination. L'agriculture biologique utilise en

imaginez une campagne d'information sur l'utilisation d'un peu d'eau de Javel dans la première eau de lavage des légumes ? Mettre à genoux les producteurs de légumes frais n'est pas un problème pour ceux qui ont décidé que l'eau de Javel est un danger majeur.

« D'antibactérien puissant, l'eau de Javel est devenue la marque du danger chimique, en oubliant que tout au long du XIX<sup>e</sup> et du XX<sup>e</sup> siècle ce désinfectant chloré a sauvé des millions de personnes d'infections bactériennes et virales »

effet des matières fécales comme engrais, comme cela s'est toujours fait. Mais nos grands parents, qui vivaient avant l'arrivée des antibiotiques, savaient bien que les bactéries fécales étaient dangereuses. Une éducation simple mais efficace leur avait transmis les règles de l'hygiène pasteurienne : lavage des mains avec une bonne dose de savon et lavage des légumes de manière abondante. Dès le moindre doute, l'habitude était de verser une petite dose d'eau de Javel dans une première eau avant le rinçage. Ceci permettait de manger des crudités du jardin sans aucun souci !

**M**ais depuis plus de vingt ans, l'eau de Javel est devenue l'archétype du produit chimique dangereux : l'Allemagne l'a fait disparaître des rayons de ses supermarchés. D'antibactérien puissant, l'eau de Javel, ou NaOCl pour un chimiste, est devenue la marque du danger chimique, en oubliant que tout au long du XIX<sup>e</sup> et du XX<sup>e</sup> siècle ce désinfectant chloré a sauvé des millions de personnes d'infections bactériennes et virales. Les sols des hôpitaux étaient propres, pas seulement brillants comme maintenant. Plus de chlore !

Avant de condamner les concombres espagnols, n'aurait-t-on pu

Non, on ce début du XXI<sup>e</sup> siècle, nous n'avons plus rien à apprendre de nos ancêtres. Il a fallu attendre plusieurs mois, en Haïti, avant d'utiliser des produits chlorés pour traiter les eaux des rivières contaminées par le déversement des tinettes de soldats de l'ONU, porteurs sains du choléra, envoyés pour aider les populations haïtiennes après le terrible tremblement de terre en janvier 2010. De nombreux « responsables » équipés de leurs bouteilles d'eau importées ont voulu éviter les dangers de l'eau de Javel aux populations haïtiennes qui n'avaient que les rivières contaminées comme source d'eau. Il a fallu plus de 5 000 morts, oui, 5 000 morts, avant que l'on traite les eaux avec des dérivés chlorés. Où est le danger ? Eeh, le choléra ou l'eau de Javel ? La faible culture scientifique de nombreux décideurs et un manque de confiance dans la science font maintenant nettement plus de morts qu'un bon vieux désinfectant. Une recommandation : gardez dans un lieu sûr une bouteille d'eau de Javel ! Venant d'un chimiste, certains vous diront que ce conseil est partial, étant juge et partie. Bref, qu'il ne faut pas tenir compte d'un tel avis. D'autres continueront à utiliser de l'eau de Javel, une bonne précaution, même par principe !

LE FIGARO.fr

## Question d'internautes

L'arrivée du Tour de France a-t-elle sa place sur les Champs-Élysées ?

FIG OUI 59%

FIG NON 41%

Résultat d'après 27 356 votants

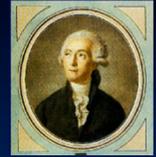
Votez sur lefigaro.fr à la question :

Faut-il craindre le terrorisme d'extrême droite ?

ou par SMS en envoyant FIGOUI ou FIGNON au 7111 (0,50 € par envoi + prix d'un SMS) ou par téléphone au 0897 61 20 07 (0,56 € par appel).

# *Trop, c'est trop!*

---

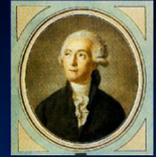


Nous sommes désormais décidés à mieux nous faire entendre, à fournir aux citoyens (*nous le sommes également!...*) une information pondérée, honnête, vérifiable pour que, cette fois en connaissance de cause, nos concitoyens puissent juger de la pertinence des problèmes évoqués, plutôt que d'être endoctrinés sans contrôle par des businessmen de la peur et du profit immédiat, qui ont oublié ce qu'est l'éthique.

---

# *Trop, c'est trop!*

---



Sachez que nous ne voulons pas être l'étranger du vieux sketch de Fernand Raynaud



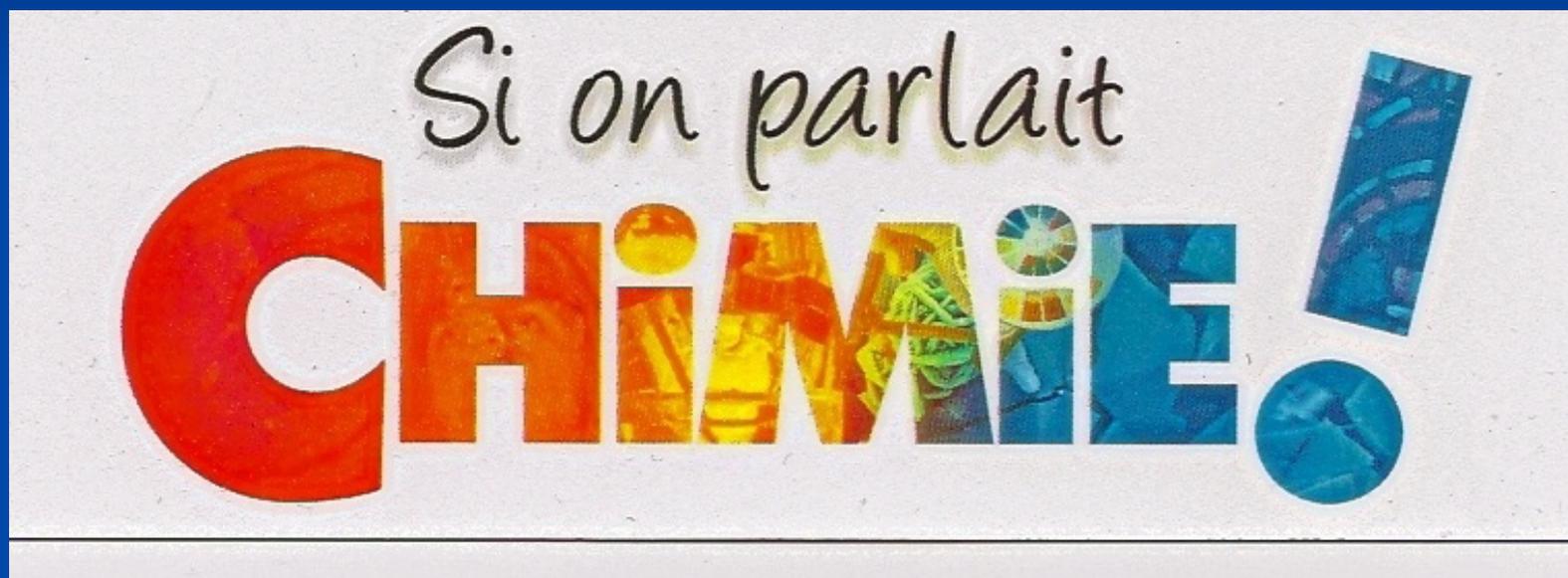
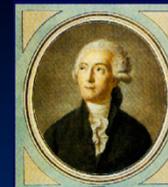
*Alors un jour , il nous a dit "J'en ai ras le bol de vous. Je m'en vais !  
"" Va-t-en ! " Alors il a pris sa femme, ses enfants, et il est monté  
sur un bateau, et il a été loin, au-delà des mers .  
Et depuis, on ne mange plus de pain... C'était le boulanger !*

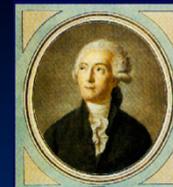
---

**A MEDITER, NON?**

*Alors...*

---





- La chimie, c'est d'abord ET une science ET une industrie
- C'est la science de la création et des transformations de la matière, de l'étude de ses propriétés et de ses applications.
- Elle est donc par essence **une QUÊTE** permanente.
- Elle ne sera JAMAIS ni une vérité révélée, ni un dogme, car elle est en constante évolution.
- Expérimentale, elle a fait des erreurs, mais trouve toujours des solutions au service de l'homme.



La chimie est très attaquée, très souvent injustement.

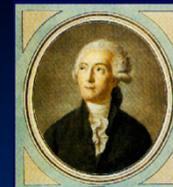
Cet exposé ne sera donc ni un discours de propagande, ni une défense de la chimie, encore moins une repentance.

Il se bornera donc à présenter honnêtement, d'une manière pondérée, qui n'occultera ni ses erreurs ni ses négligences, de façon à vous fournir une information pertinente à partir de laquelle vous pourrez vous faire une opinion objective.

Elle fait depuis si longtemps partie intégrante de notre quotidien que nous en avons oublié son importance dans la vie de tous les jours, critiquant ses défauts sans jamais louer ses apports.

# *Les catastrophes*

---

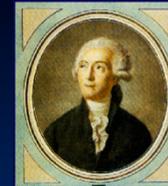


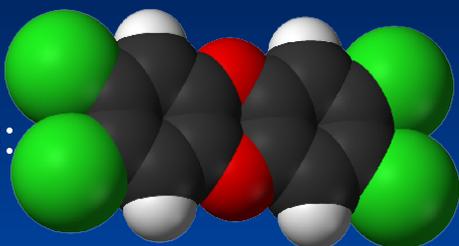
Oui, la chimie est parfois dangereuse si l'on n'en assume pas suffisamment les risques que l'on connaît depuis les études de laboratoire.

---

# Seveso (1976)

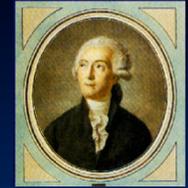
---



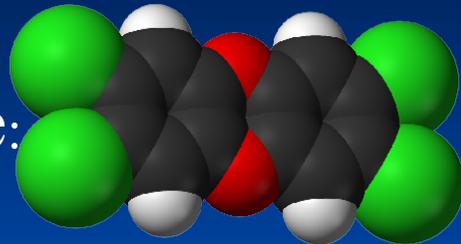
Responsable:  Dioxine de dangerosité connue



# Seveso (1976)



Responsable:



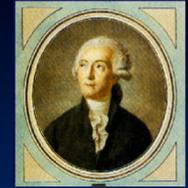
Dioxine de dangerosité connue



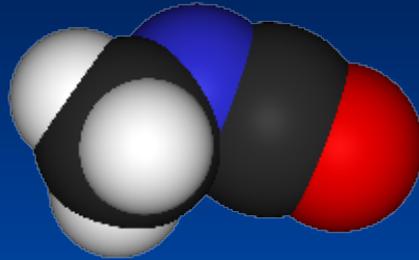
2 morts  
193 atteints  
*de chloroacné*

*Plus d'autres  
accidents depuis*

# *Catastrophe de Bohpal (1984)*



Responsable



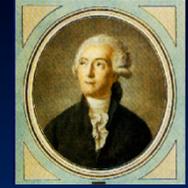
Isocyanate  
de méthyle



**12000 morts**

*Pourquoi?*

# *AZF Toulouse (2001)*



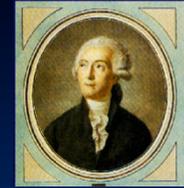
*Responsable:* la réaction du nitrate d'ammonium



**31 morts**  
**2500 blessés**

Procès en cours  
pour établir les causes  
et les responsabilités

# Chiffres énormes en valeur absolue

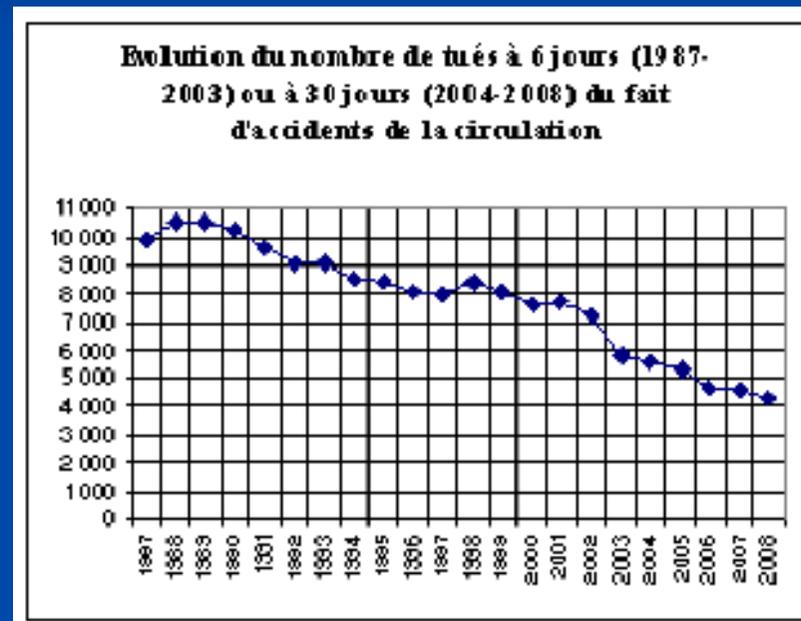


*Sans y trouver bien sûr d'excuses aux catastrophes précédentes*

A comparer malgré tout à quelques chiffres ANNUELS en France:

*Bohpal* →

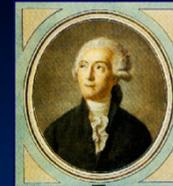
*AZF*  
*Seveso* ⇒



Abus d'alcool mortels en France: 50.000

# *Imaginons...*

---



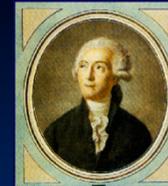
2015: Il y a encore 60 ans de réserves de pétrole

2015: Les énergies alternatives se développent

2015: Les attaques contre la chimie se font de plus en plus virulentes, allant même jusqu'à des actions commando répétées contre les sites de chimie

---

# Imaginons... (D'après Armand Lattes)



**LE PREMIER MINISTRE ESPAGNOL A PARIS**  
**Accords de lutte anti-terroriste**

0,90 E

**le Parisien**

**FUSILLADE A PARIS**



Ce qui s'est passé

**EXASPERES PAR LES ATTAQUES REPETEES**

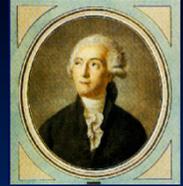
## Tous les chimistes cessent leur activité

**RESOLUTION GRAVE:** Rassemblés à Kyoto pour un colloque extraordinaire, les chimistes du monde entier ont décidé après de longs débats de cesser toute activité professionnelle, qu'elle soit académique ou industrielle compte tenu des actions virulentes et parfois violentes dont les laboratoires et les sites industriels sont actuels.

Conscients des conséquences lourdes de leur décision sur l'économie et l'emploi de par le monde, ils ne peuvent malgré tout plus accepter d'être empêchés d'exercer leur métier par des actions commando, des attaques réitérées dans la presse et l'opinion, alors qu'ils ont conscience d'apporter beaucoup au bien-être de la société, en termes

# *Conséquences à court terme...*

---



Rien qu'en France, apparition de 700.000 demandeurs d'emploi supplémentaires (200.000 emplois directs, 500.000 indirects) car la chimie est le second bassin d'emploi en France...)

Malgré cela, cris de victoire de certains écologistes

Récupérations politiques de tous bords au nom de la protection de l'environnement

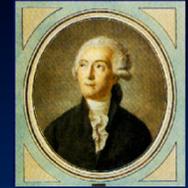
Aucun effet sur l'environnement à cause des réserves des raffineries qui fournissent de l'essence. Ce sont donc les transports les responsables de la dégradation de l'air.

Par prudence, les particuliers remplissent leurs cuves de fuel pour l'hiver.

Les raffineries ayant cessé toute activité, leurs stocks en essence et fuel s'épuisent vite... Et alors...

---

# *Un an après, la pénurie s'installe...*



Dans les transports:  
Rush vers les petites

*Certes, diminution  
sensible de la pollution*



Queues aux cuves d'approvisionnement

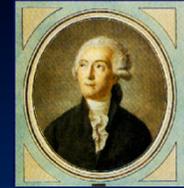


aux stations d'essence



des tankers dans les ports

# *Mais, sans chimie, la fin de la voiture*



Plus de matériaux composites

Plus de plastiques

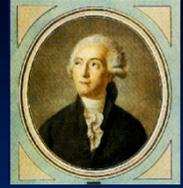


Plus de métaux

Plus de polymères

# *Y compris électrique*

---



Même si l'énergie nucléaire, pour un temps, continue de fournir abondamment de l'électricité bon marché.



Mais, sans chimistes, plus de fabrication des barres d'uranium, plus de contrôle chimique des centrales...

---

# Alors, à défaut...



*Mais...*

Les pneus, c'est  
de la chimie...

Les rayons en métal,  
c'est de la chimie...

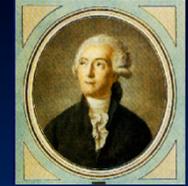


Le bitume des routes, c'est de la chimie...

*Mais il n'y a plus d'activité chimique...*

# *Pour le chauffage*

---



*Retour au charbon et au bois, mais...*



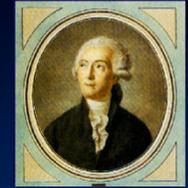
**Pour le charbon:**

En l'absence de traitement préalable dans les cokeries, production de **beaucoup de CO<sub>2</sub>**, mais aussi de **gaz soufrés**, responsables des pluies acides détruisant les forêts...

---

# *Pour le chauffage*

---

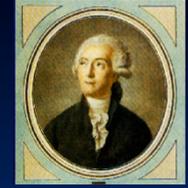


## Pour le bois:

Outre les pluies acides:

- Déforestation sauvage
  - Attaque du bois par les parasites puisque non traité...
-

# *Pour l'alimentation*



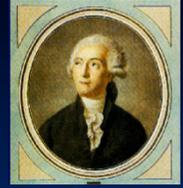
- Disparition d'aliments essentiels, comme le sucre.
- Plus d'engrais pour le blé! Baisse des rendements. Risques de famine car moins de bétail
- Attaque des légumes par les insectes



- Plus de conservation des aliments (lait, beurre, viandes...)

# *Pour la santé*

---



- Plus de fabrication de médicaments, même simples (aspirine).



- Plus d'anti-conception; rien contre le cancer et le SIDA, et autres maladies plus bénignes. Recrudescence des épidémies
  - Réduction drastique de la durée de vie
-

# *Pour la santé et les hôpitaux*

---

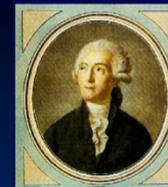


- Plus de matériel médical, plus d'anesthésiques...



# *Rassurez-vous!*

---

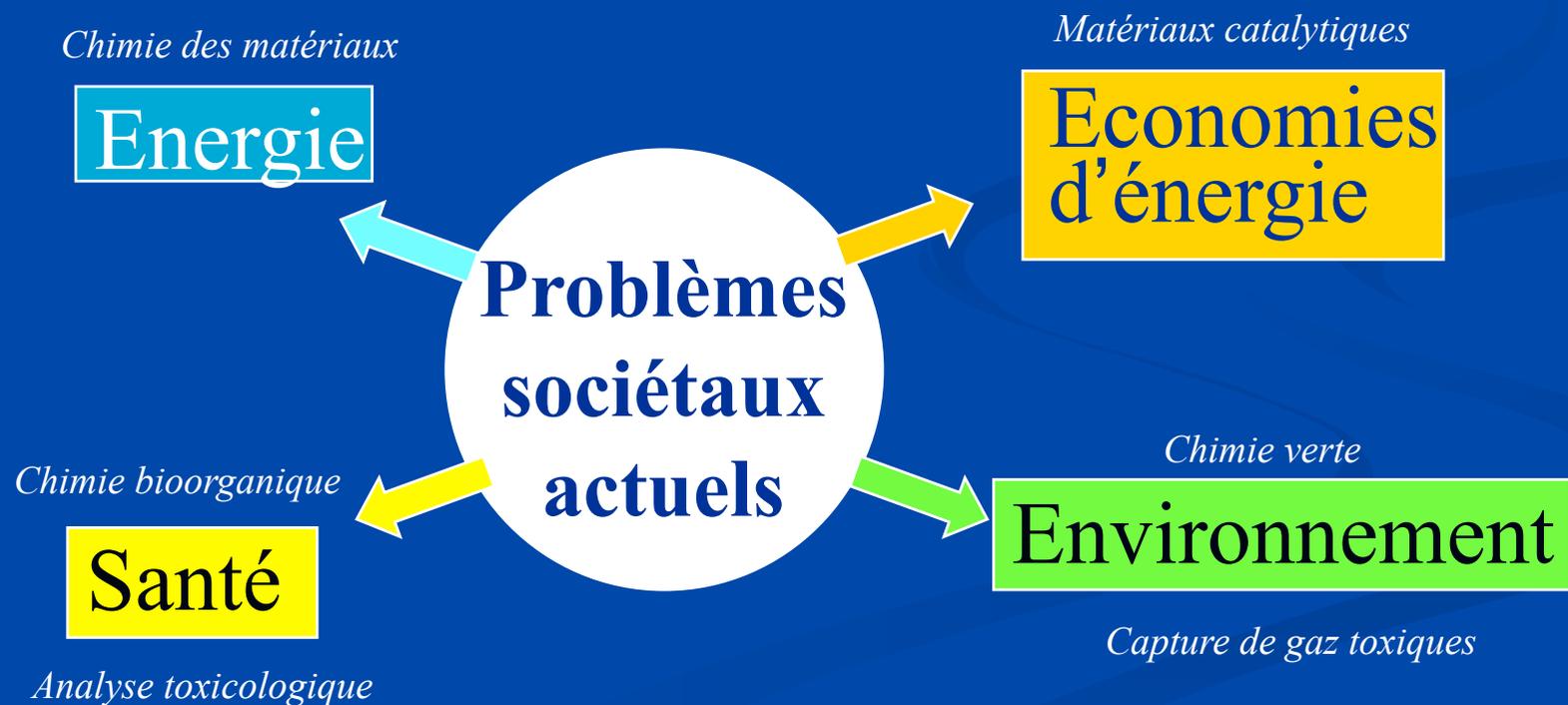


- Ce scénario catastrophe n'est pas d'actualité.
  - Il n'a qu'un but: **vous faire prendre conscience** de manière plus aiguë de **l'importance de la chimie** dans votre vie de tous les jours.
  - Est-elle aussi diabolique que d'aucuns voudraient le faire croire?
  - Si vous aviez à faire un bilan, les croiriez-vous?
-

# Une prise de conscience positive de la chimie



Ses recherches, ses remises en question, ses contrôles, ses innovations apportent des contributions majeures à la société dans les domaines qui la préoccupent. Les chimistes écoutent, car ils sont aussi des citoyens... **Et ils trouvent des solutions!**



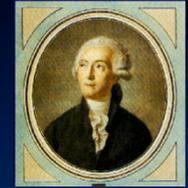
# *La révolution 'verte' des chimistes*

---



- 1 - **Prévenir**
  - 2 - **Economiser les atomes**
  - 3 - **Concevoir des synthèses chimiques moins dangereuses**
  - 4 - **Concevoir des produits chimiques plus sûrs**
  - 5 - **Réduire l'utilisation de solvants organiques et d'auxiliaires**
  - 6 - **Améliorer l'efficacité énergétique**
  - 7 - **Utiliser des matières premières renouvelables**
  - 8 - **Réduire les produits dérivés**
  - 9 - **Utiliser la catalyse**
  - 10 - **Concevoir des substances à dégradation finale dans des conditions naturelles**
  - 11 - **Mettre au point des méthodes d'analyse en temps réel**
  - 12 - **Développer une chimie toujours plus sûre**
-

# *Exemples de nouveaux matériaux*



Pour les transports

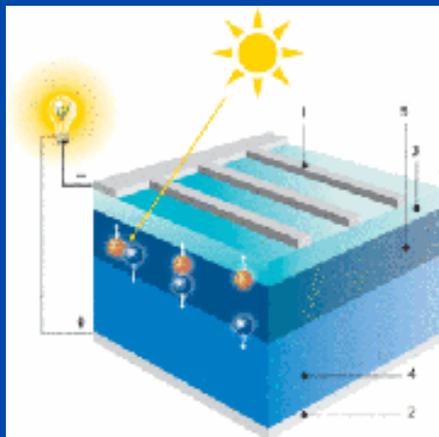
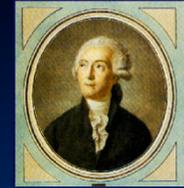
Nouveaux bétons et matériaux composites



Pour les énergies renouvelables

Nouveaux bétons et matériaux composites

# Exemples de nouveaux matériaux

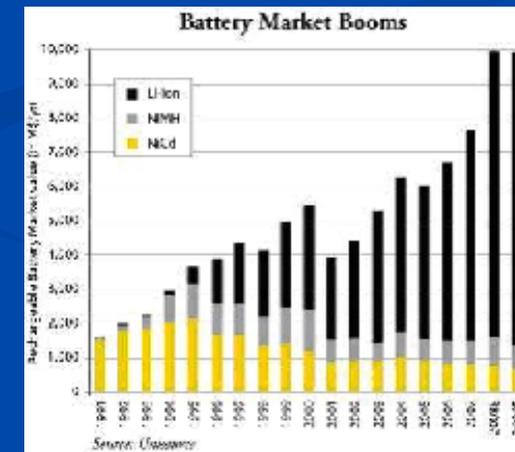
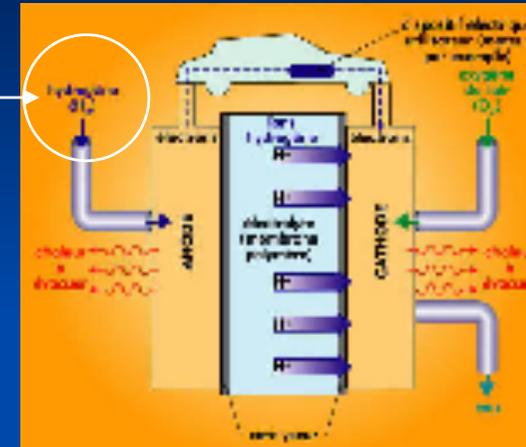


Pour le photovoltaïque

Nouveaux semiconducteurs à haut rendement

Production  
À bas coût?

Stockage? →

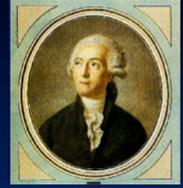


Pour l'électricité

Nouvelles batteries et piles à combustible

# *Pour les économies d'énergie*

---



- Matériaux pour l'isolation thermique
  - Matériaux catalyseurs qui permettent d'abaisser les températures de réaction et diminuer la quantité de déchets
  - Matériaux pour la séparation de gaz à 25°C évitant les distillations, très coûteuses en énergie
-

# Pour la santé (1)

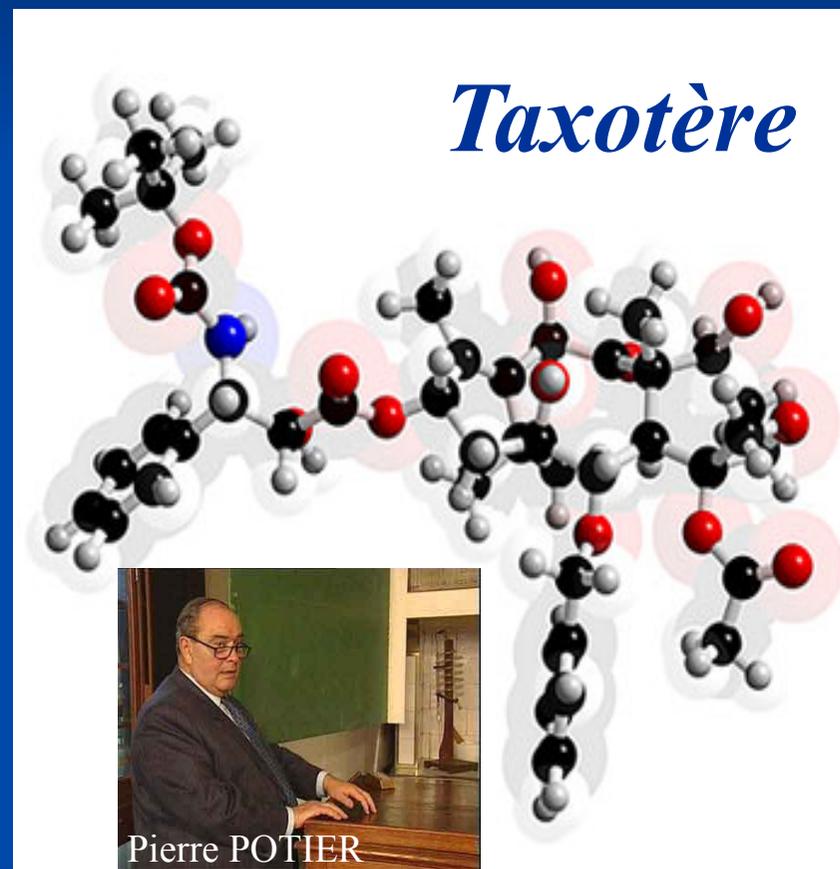


## ● Les nouveaux médicaments anti-cancer



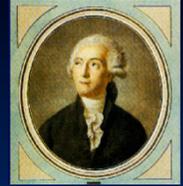
*Navelbine* (pervenche de Madagascar)

Le faux débat:  
naturel vs. chimique!



# *Bien sûr, le Médiateur... et quelques autres*

---



- Posent quelques (graves) problèmes:

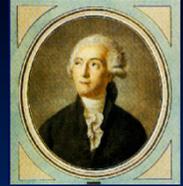
*La définition de la spécificité d'un médicament*

*L'étendue des analyses toxicologiques*

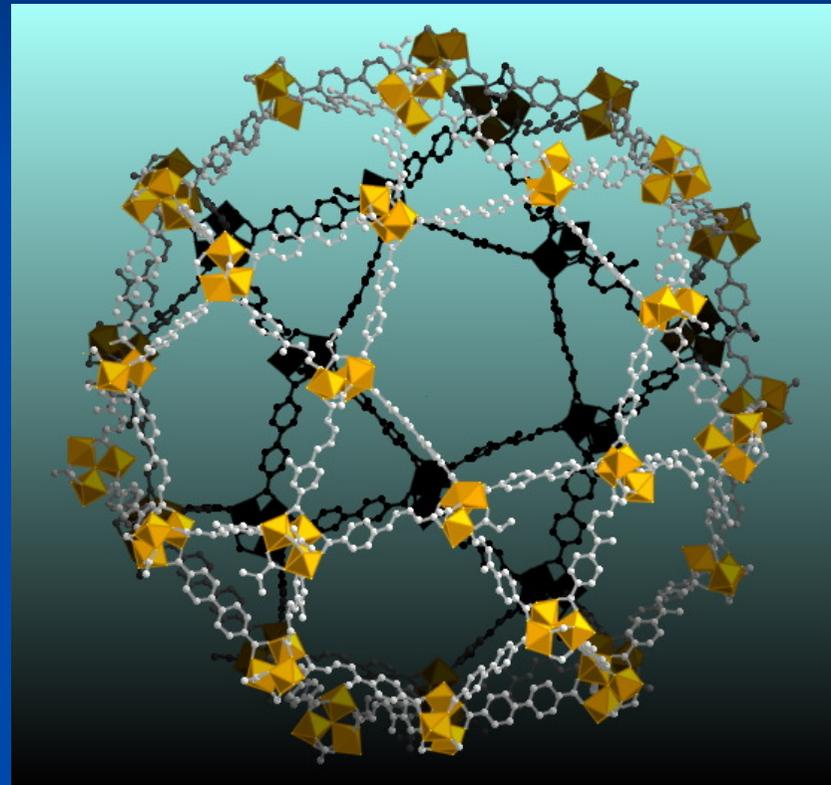
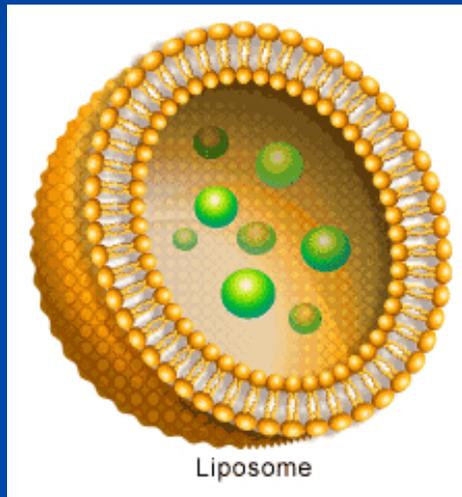
*La rigueur des organismes de contrôle*

- Interrogent sur l'évaluation du risque face au danger:
  - Mais, ces mauvais médicaments représentent quelle fraction des médicaments en circulation?
-

# *Pour la santé (2)*

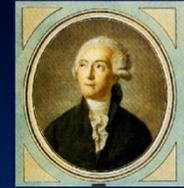


- Les nouveaux nanovecteurs pour la médecine moléculaire



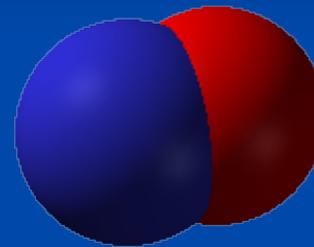
Transportent *en les protégeant* les médicaments antitumoraux et anti-rétroviraux jusqu'à l'organe malade.

# *Au-delà de la santé*

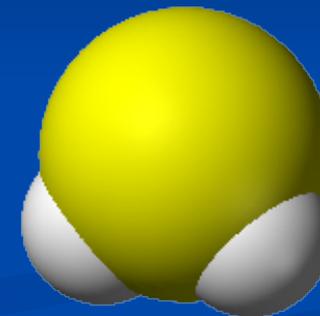


- L'attention de plus en plus exigeante portée par les chimistes aux analyses toxicologiques et aux **doses**:

Poisons à haute dose:



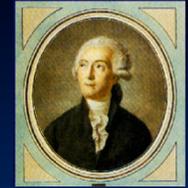
Monoxyde d'azote NO



Hydrogène sulfuré H<sub>2</sub>S

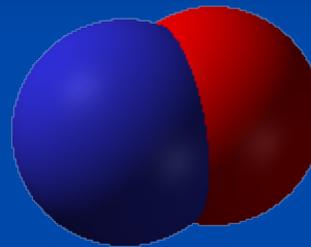
MAIS,

# Au-delà de la santé

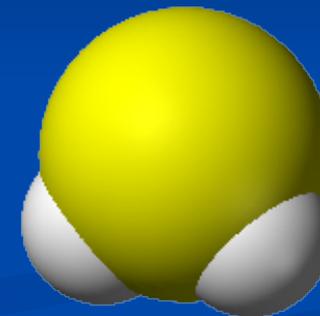


- L'attention de plus en plus exigeante portée par les chimistes aux analyses toxicologiques et aux **doses**:

Poisons à haute dose:



Monoxyde d'azote NO



Hydrogène sulfuré H<sub>2</sub>S

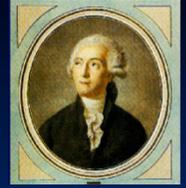
MAIS, **à faible dose**

Excellents vasodilatateurs (plaquettes), microbicides et neurotransmetteurs (mémoire)

- L'effort considérable de l'industrie chimique européenne (procédure REACH) malgré les risques économiques

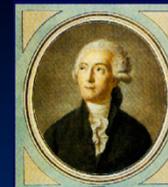
# *Alors, la chimie? Diabolique?*

---



Mais, me direz-vous, participez-vous à cette chimie positive?

---



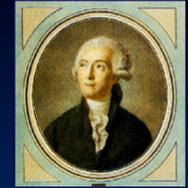
---

Mais, me direz-vous, participez-vous à cette chimie positive?

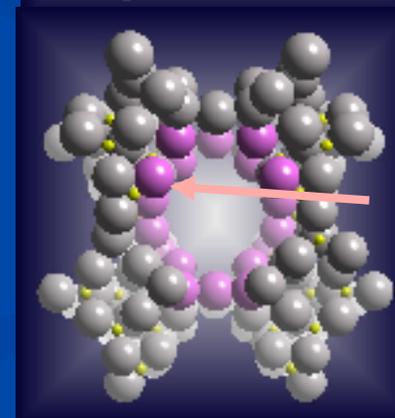
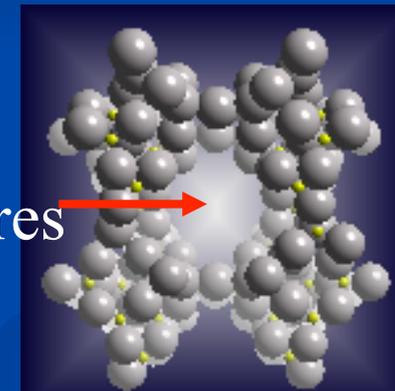
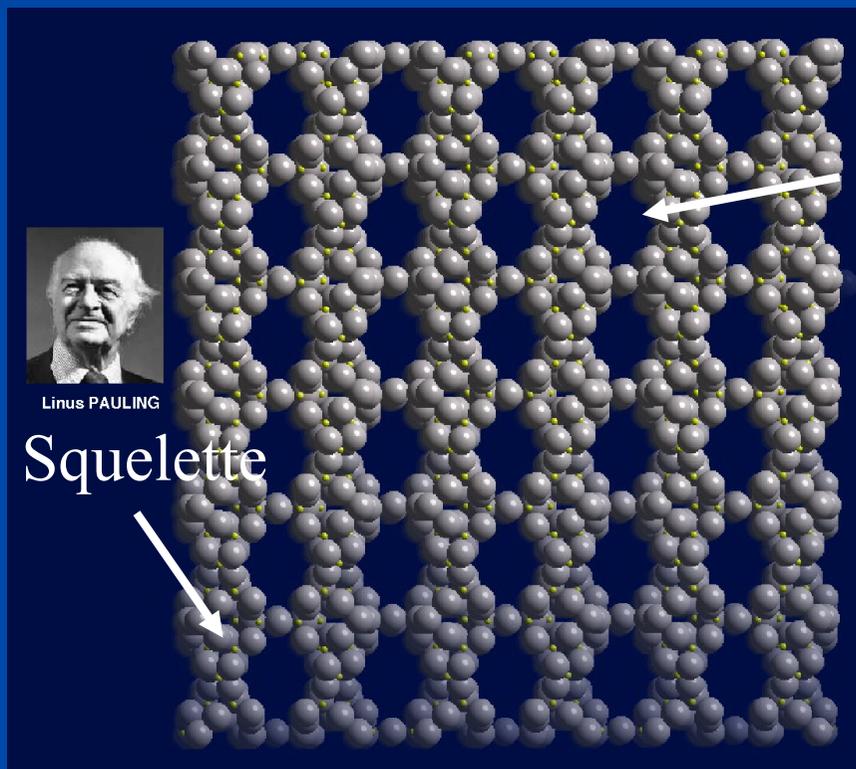
J'essaie!

---

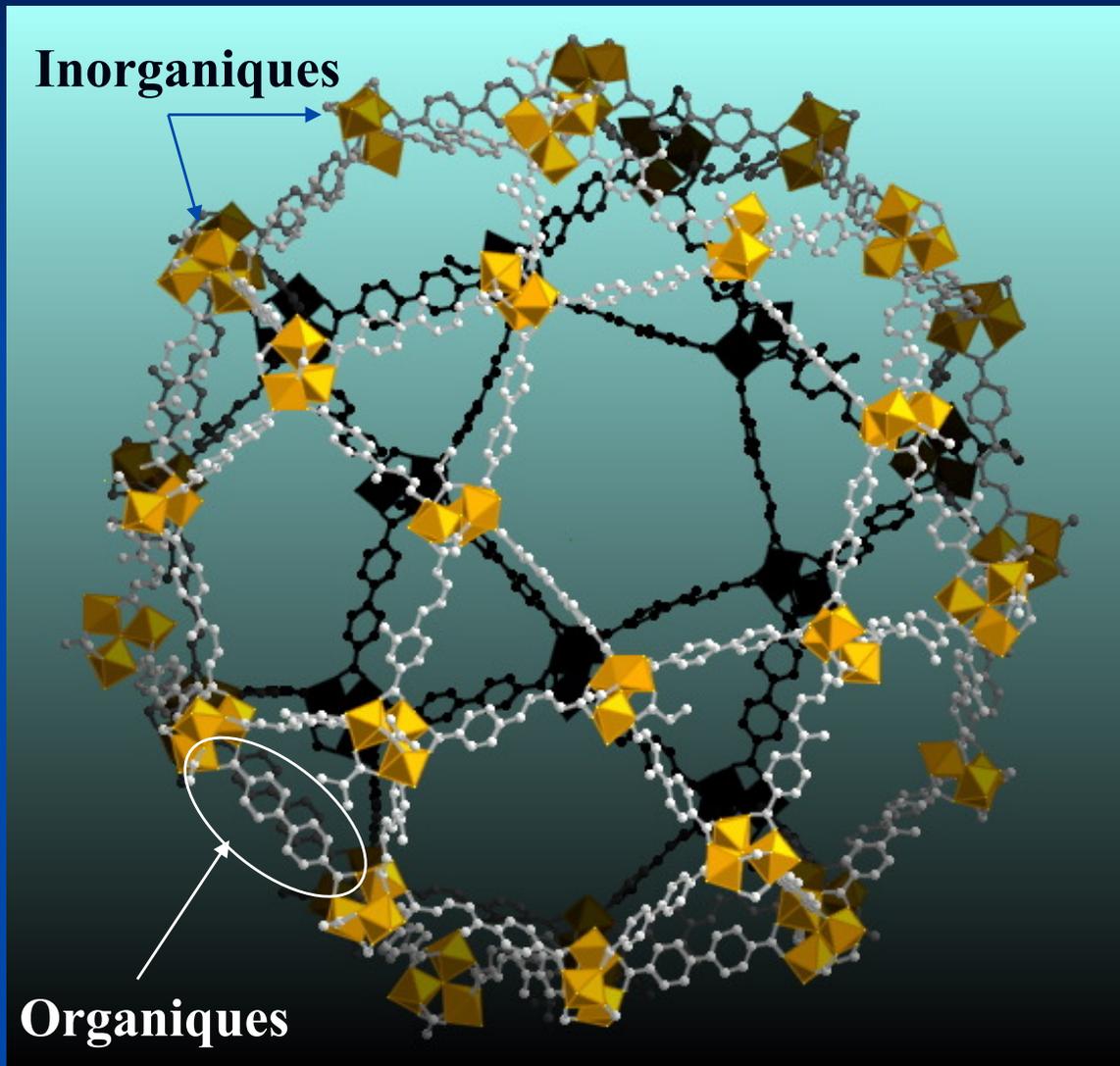
# Mon domaine?



## De la genèse aux applications sociétales **des solides poreux hybrides**



# *Les solides poreux hybrides*



**Une nouvelle classe  
de solides poreux**

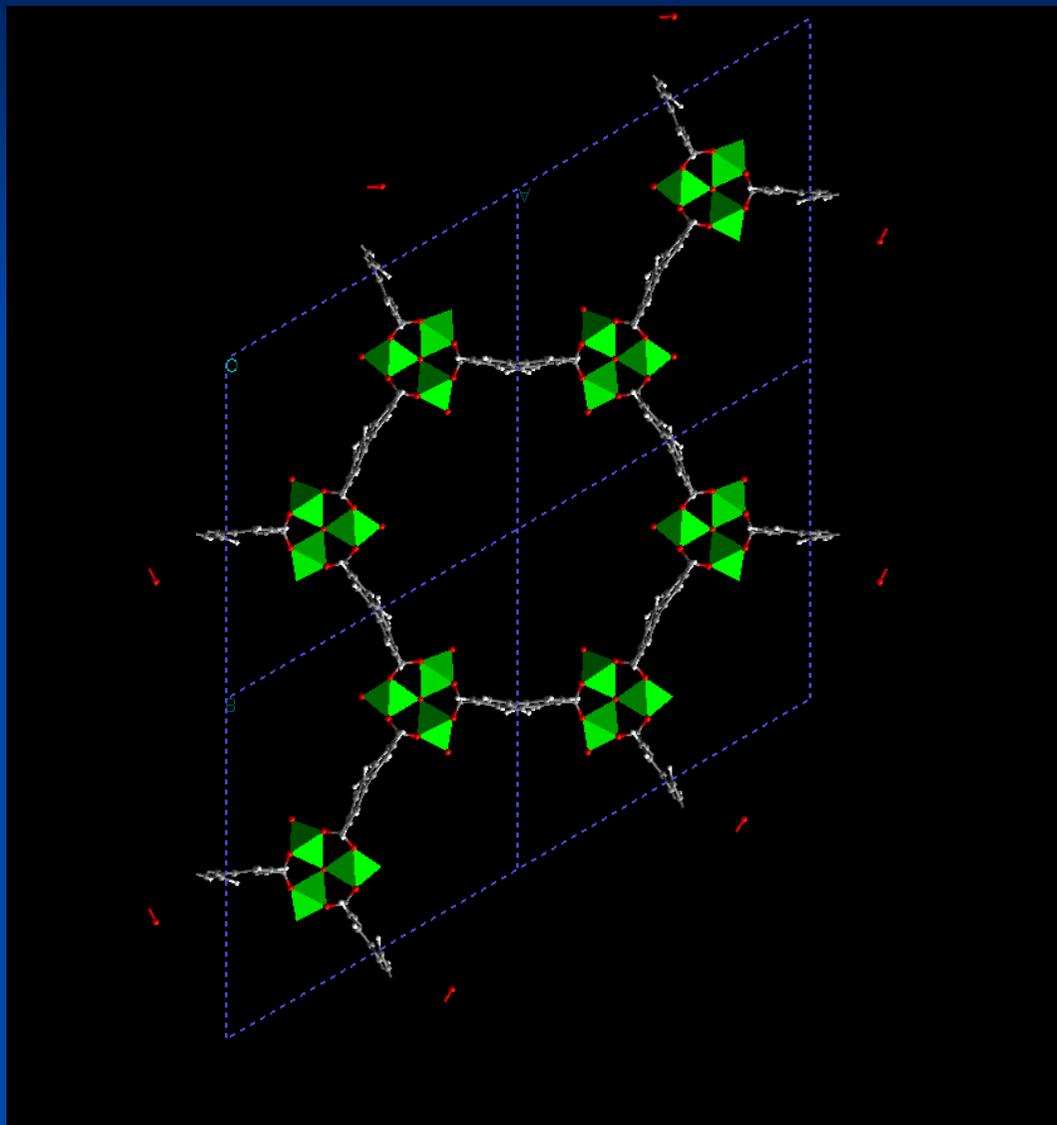
Avec mon groupe, j'en ai découvert beaucoup

*Qu'il soient rigides...*

# ***Ou flexibles!***

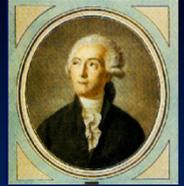
Férey et al. *Science* 2007 & *Chem. Soc. Rev.* 2009

---



# *Hybrides?*

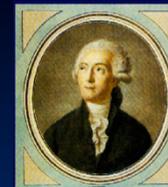
---



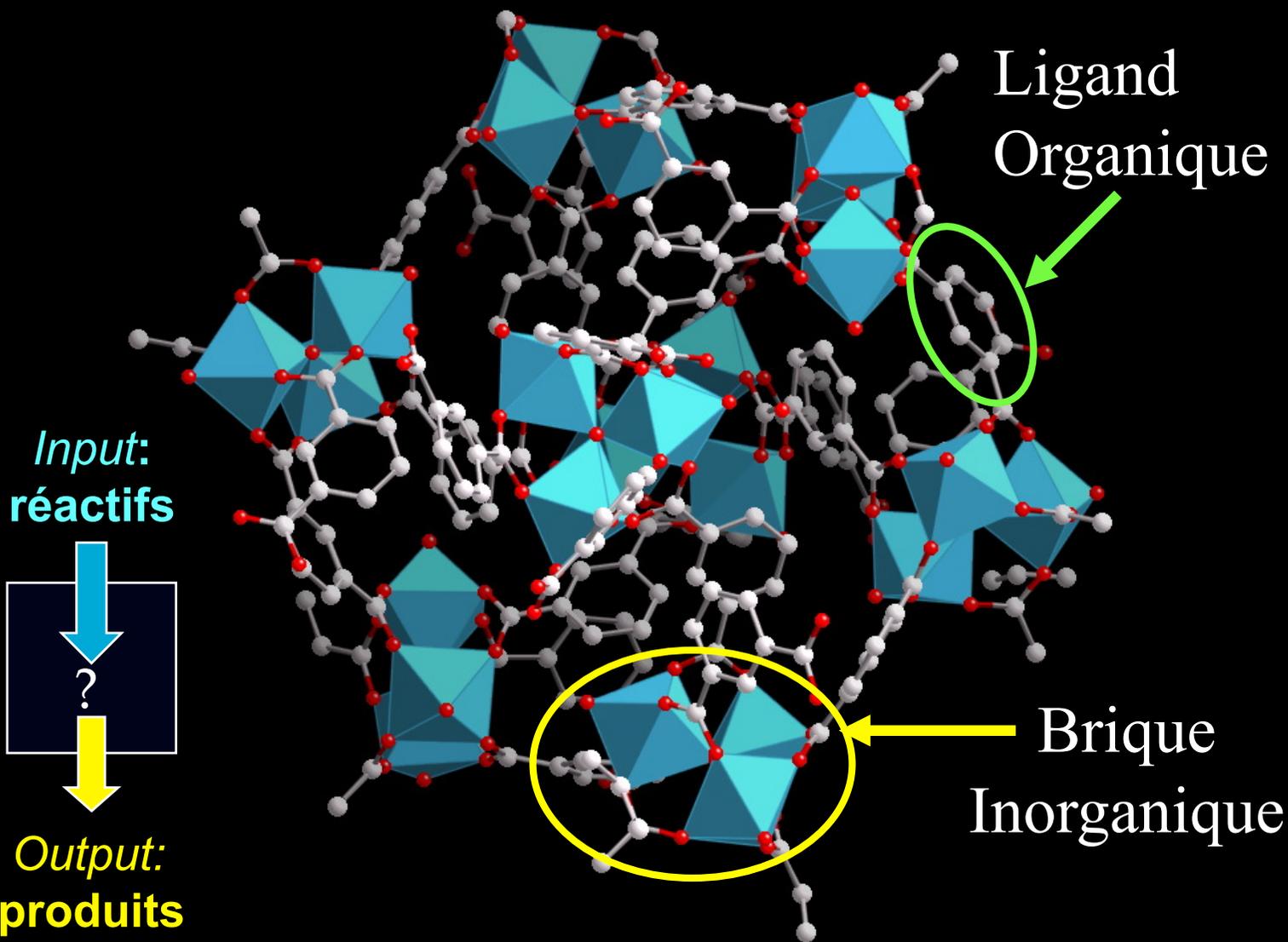
Les découvrir, c'est facile!

Encore faut-il comprendre  
comment ils se forment...

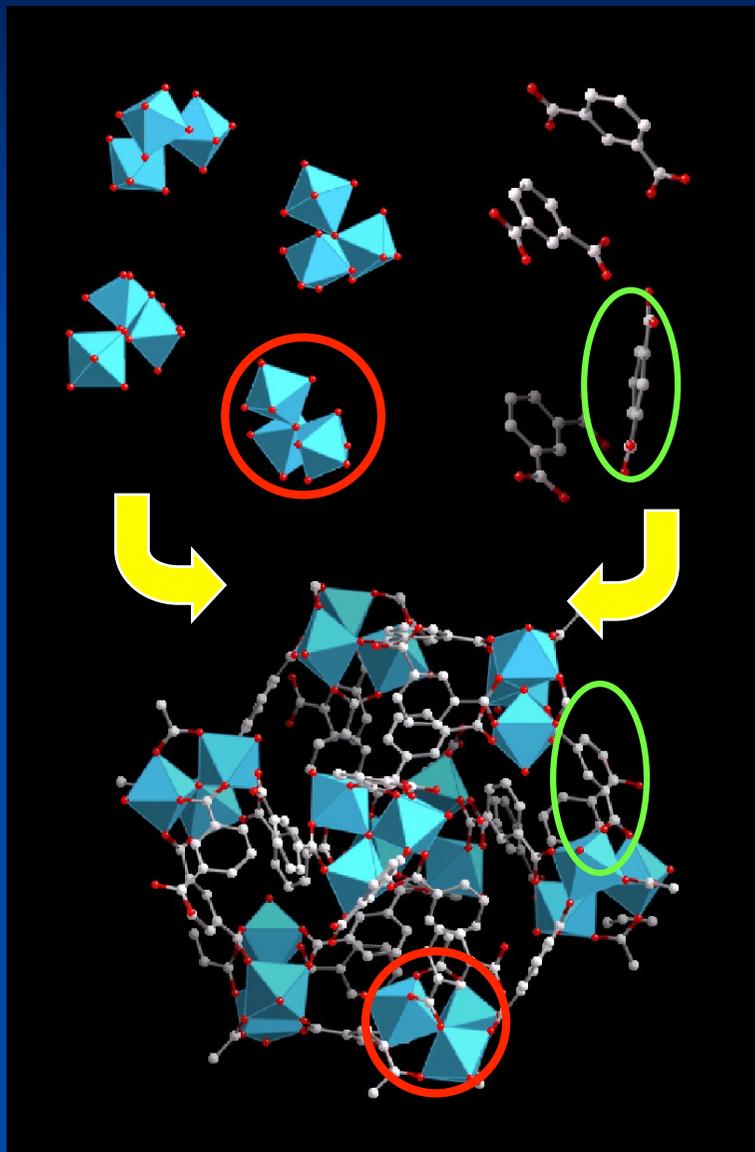
# Hybrides? Peut-on les créer sur mesure?



Avec des tailles  
modulables à l'envi  
Pour les pores?



# Lego?

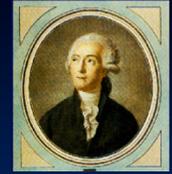


Les expériences *in situ*  
(RMN, EXAFS, IR, Diffraction)  
ont prouvé la préexistence  
de ces briques pendant la réaction

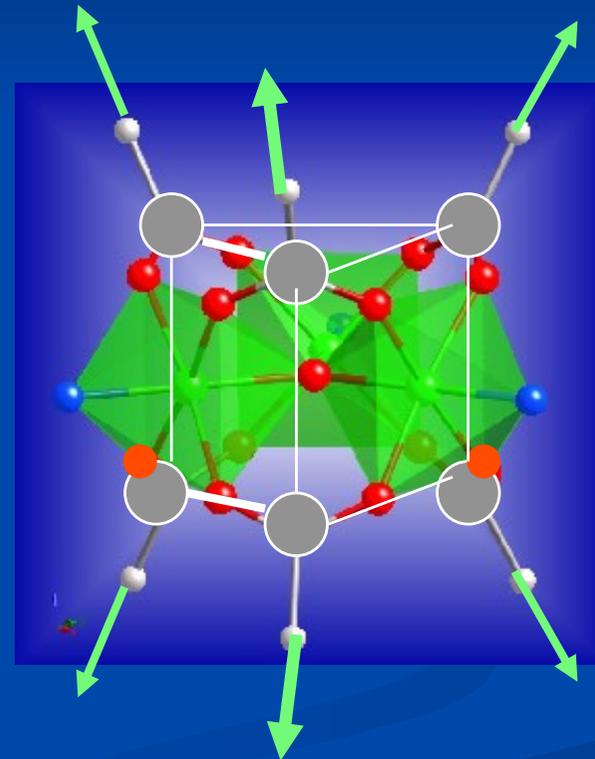
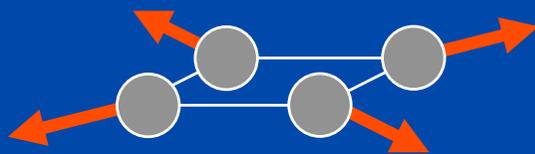
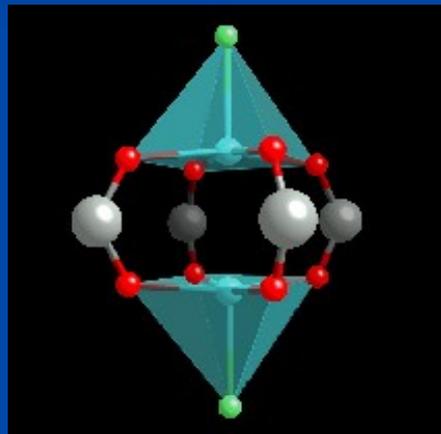
Elles procurent également  
les conditions chimiques  
réelles ( $200^{\circ}\text{C}$ ,  $30\text{ bars}$ ) associées  
à l'existence de ces briques

*La brique inorganique est le point clé  
par sa nature et sa connectivité\*\**

# *Le rôle clé de la brique inorganique*

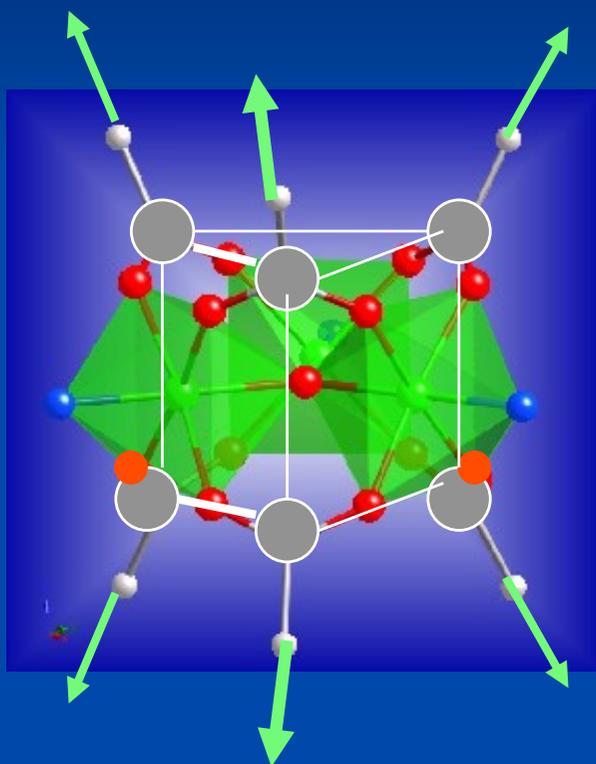


*Par sa **connectivité**, déterminée par la disposition des fonctions terminales du ligand, elle oriente la structure.*



Primitivement limitée de 3 à 6, elle peut maintenant atteindre 9 voire 12!

# *Le rôle clé de la brique inorganique*



Si on connaît sa structure  
PENDANT la réaction

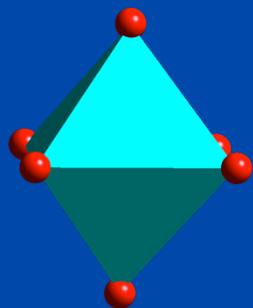
et puisque la structure du ligand  
ne subit pas de transformation  
pendant le même temps

On peut donc **IMAGINER**  
des associations possibles

# *Prédiction? La méthode AASBU*

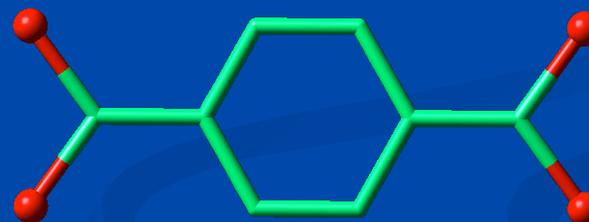


MO<sub>6</sub>

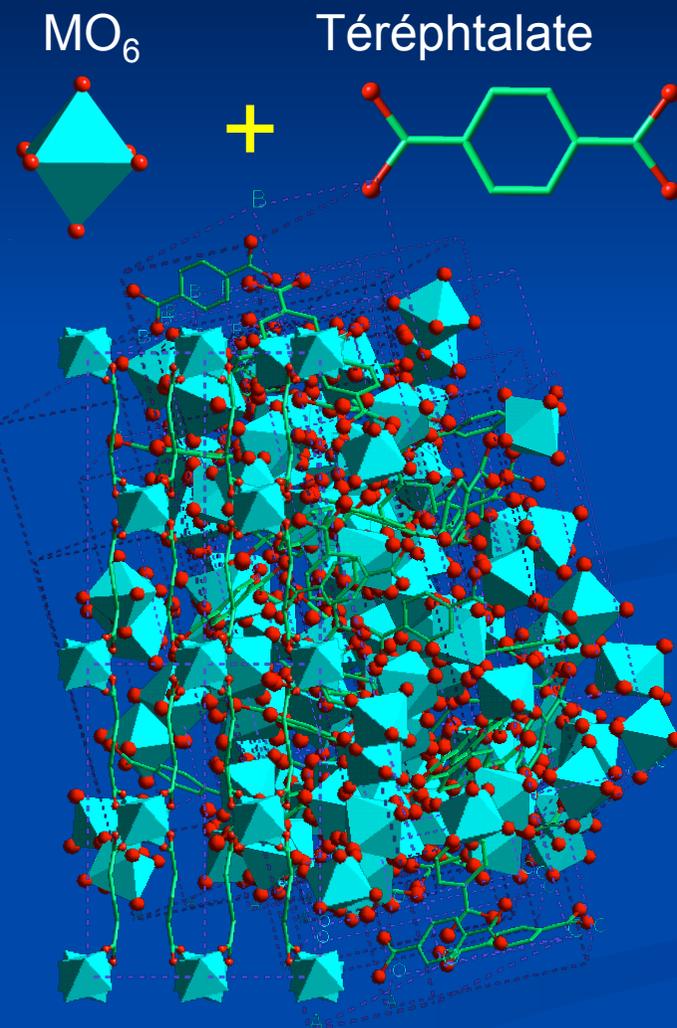
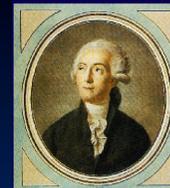


+

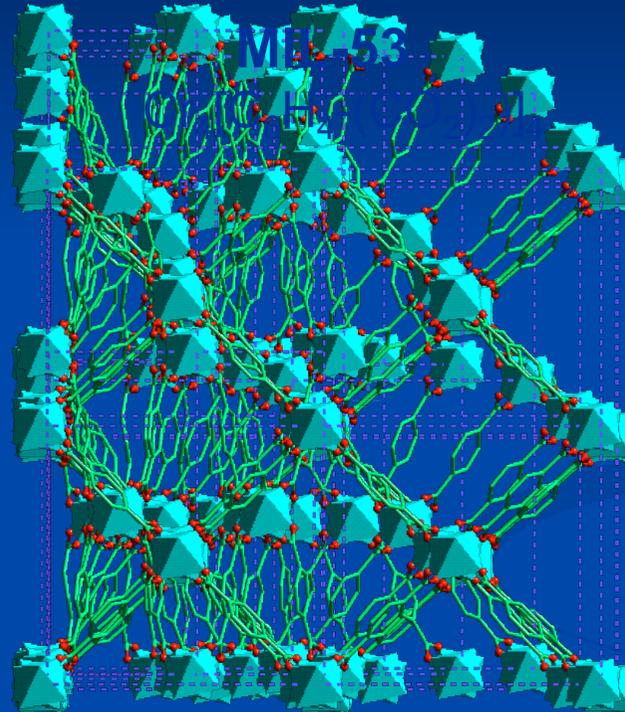
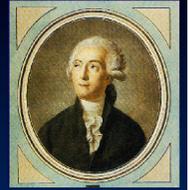
Téréphtalate



# Prédiction? La méthode AASBU

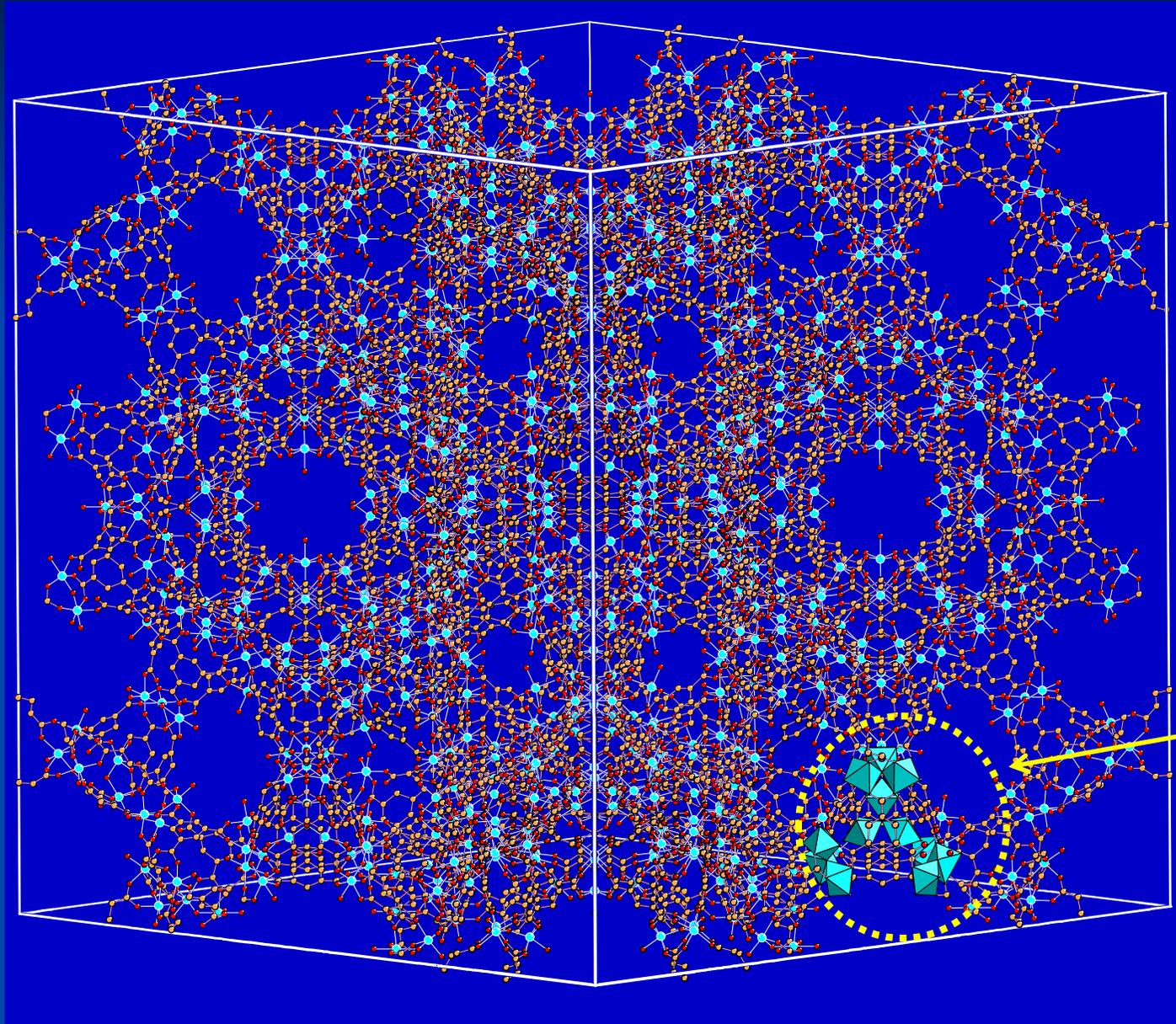
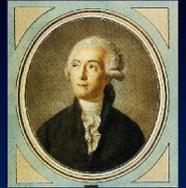


# Relaxation du modèle!



SIM.	EXP.
<i>Imma</i>	<i>Imcm</i>
$a = 15.841 \text{ \AA}$	$16.733 \text{ \AA}$
$b = 14.001 \text{ \AA}$	$13.038 \text{ \AA}$
$c = 6.577 \text{ \AA}$	$6.812 \text{ \AA}$
$V = 1459.65 \text{ \AA}^3$	$1486.14 \text{ \AA}^3$

# Carboxylates de $\text{Cr}^{\text{III}}$ à maille géante



MIL-100

$a=72.9 \text{ \AA}$

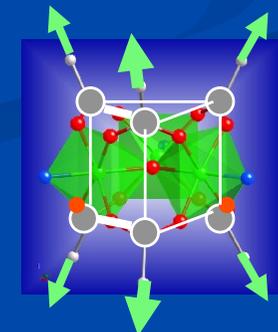
$V=380,000 \text{ \AA}^3$

MIL-101

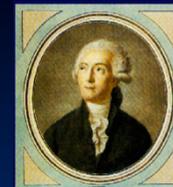
$a=88.9 \text{ \AA}$

$V=706,000 \text{ \AA}^3$

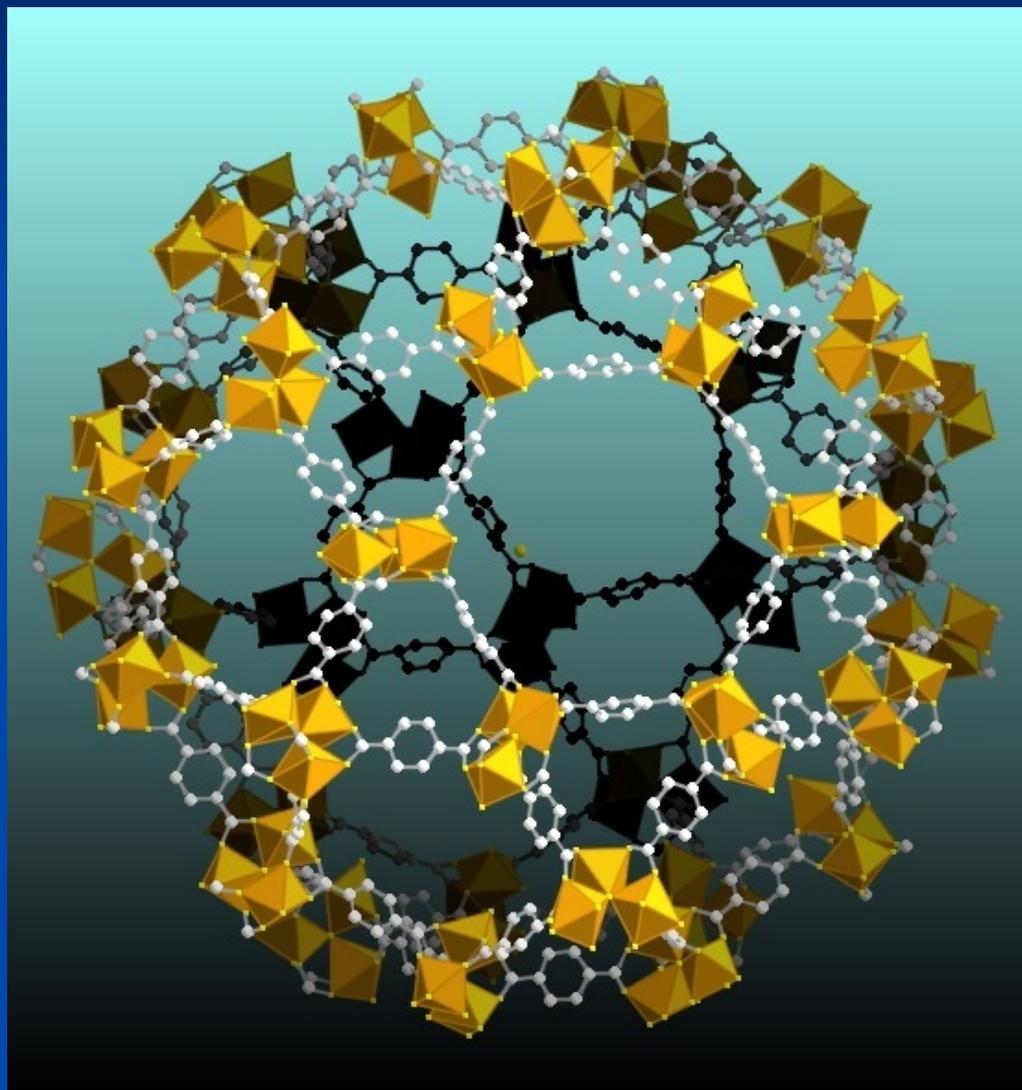
Supertétraèdre



# *Très grandes cages*



$V: 20,000 \text{Å}^3$



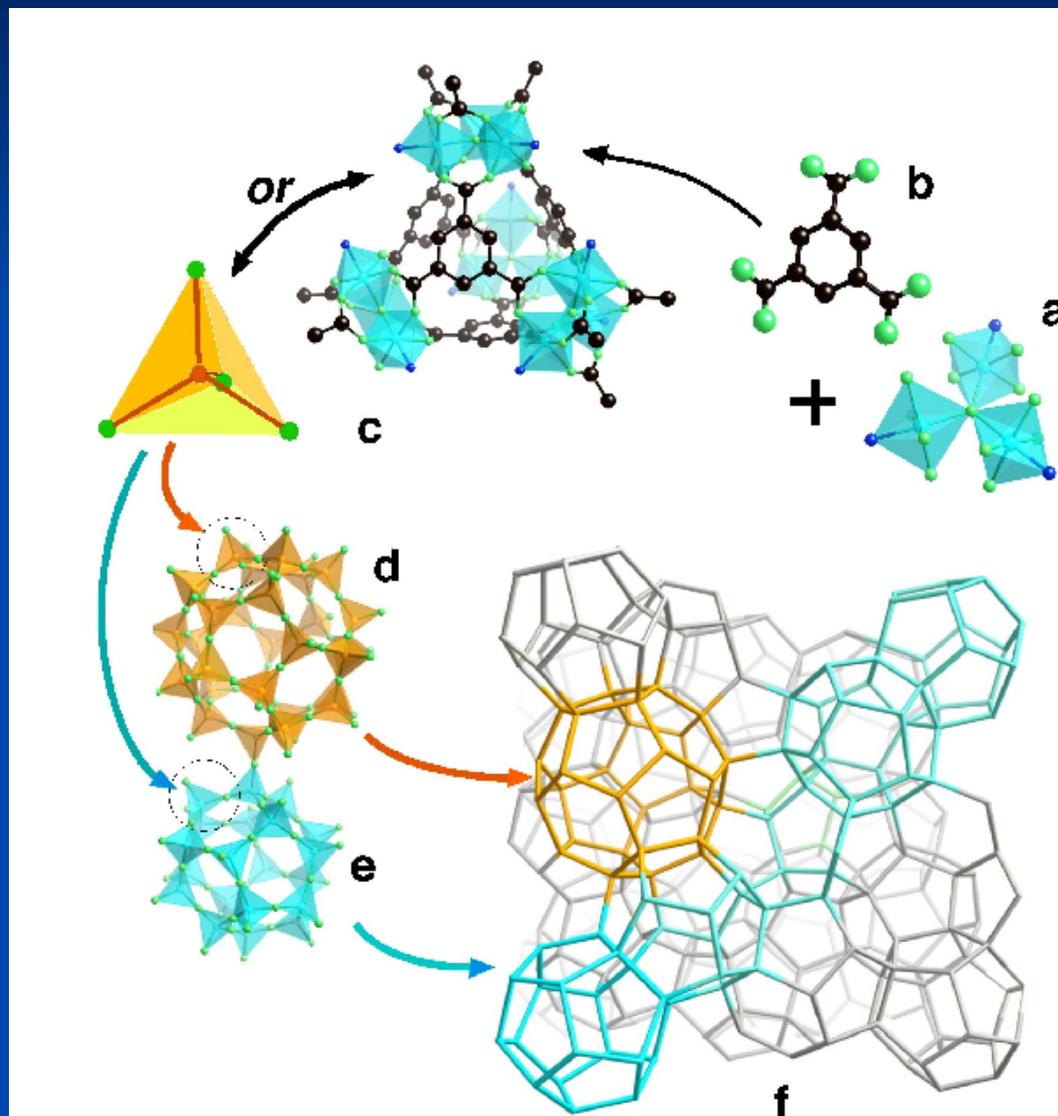
$34 \text{Å}$

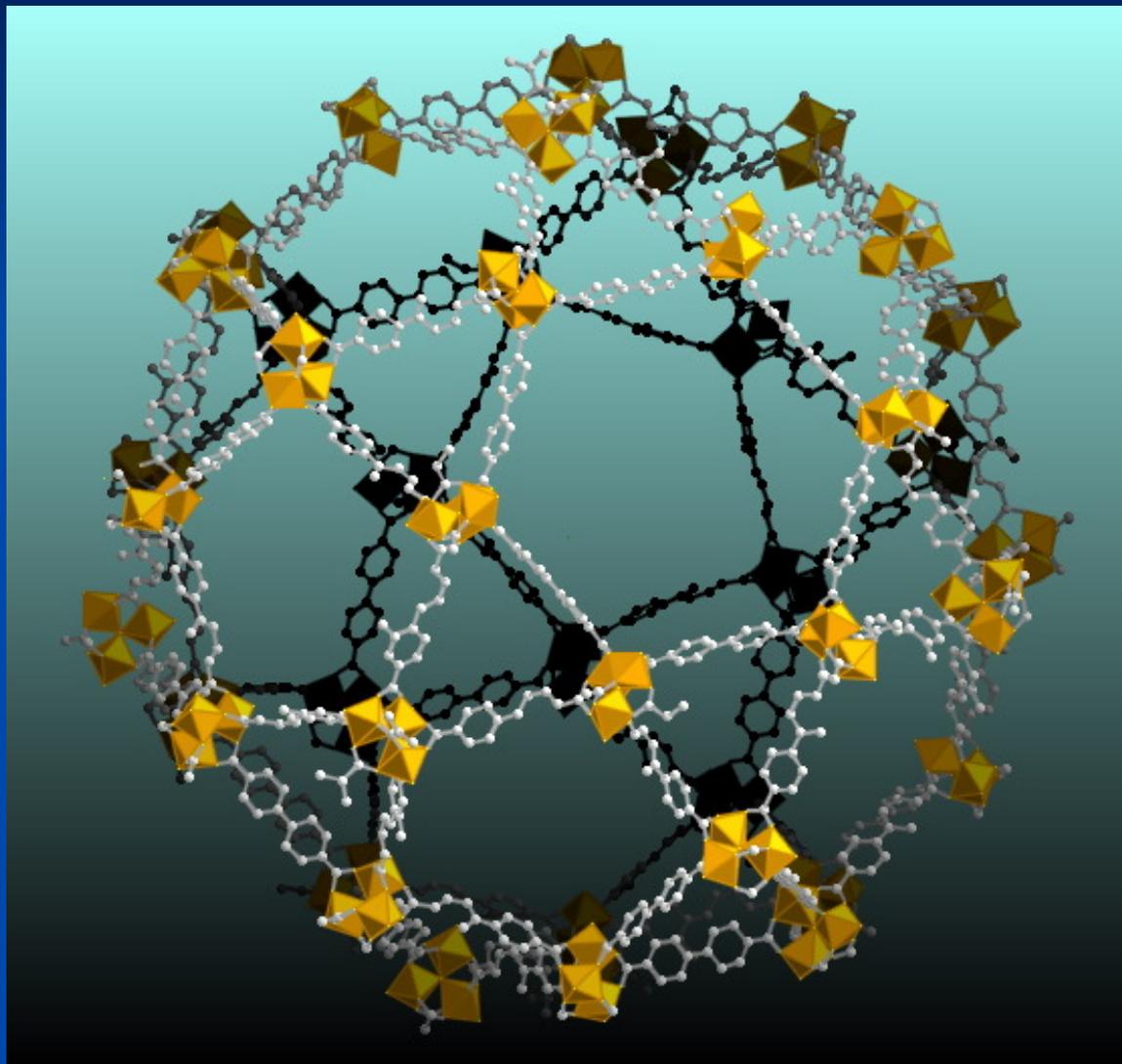
# Construction rationnelle & prédiction



## Exemple: MIL-100

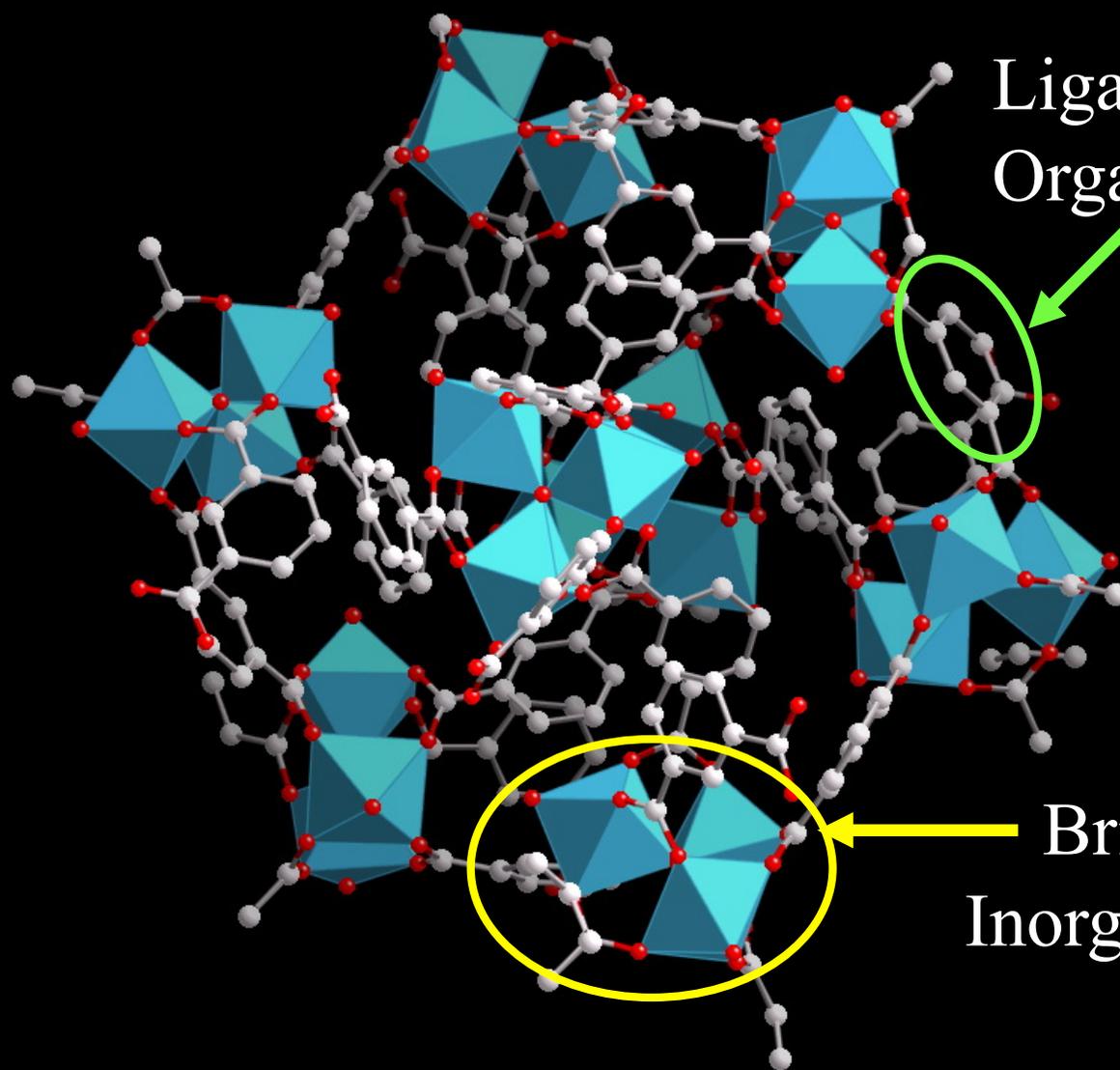
(MIL-*n* pour *M*atériaux  
De l'*I*nstitut *L*avoisier)





# Les 7 avantages des solides poreux hybrides

# *Premier avantage: la richesse de la famille*



Ligand  
Organique



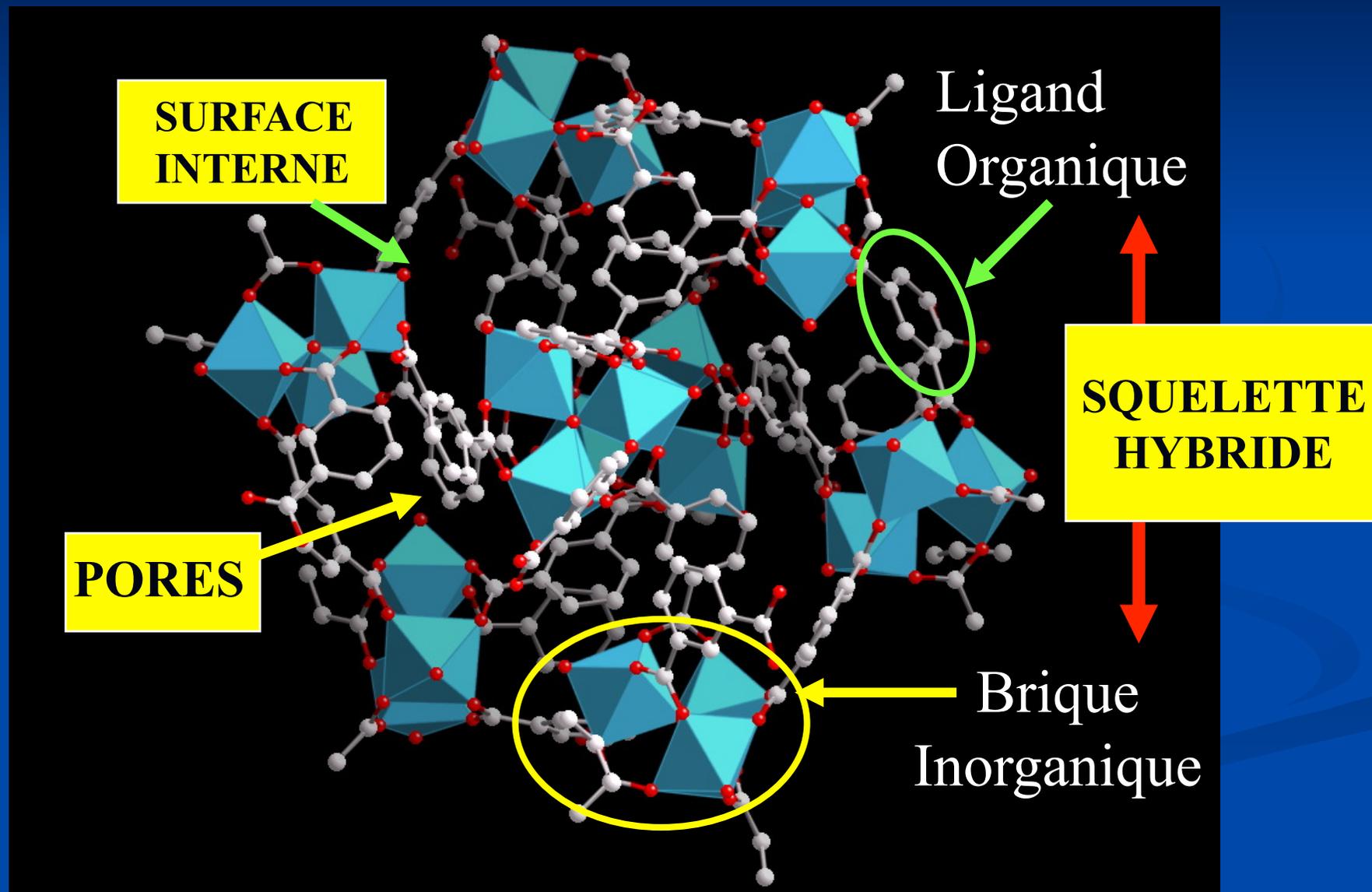
Infinité de  
possibilités

Brique  
Inorganique

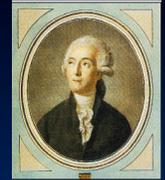


Peut contenir  
à peu près  
tous les cations

# 2<sup>ème</sup> avantage: les 3 caractéristiques des poreux

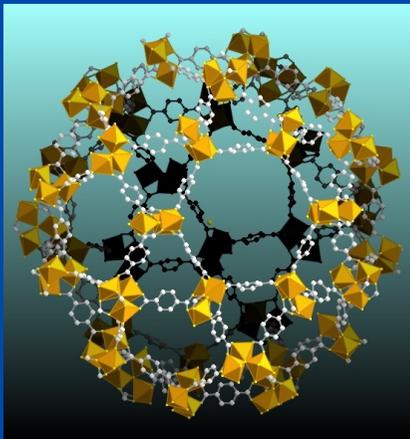


*3<sup>ème</sup> avantage: chaque brique est modulable*



Organique:

V: 20,000Å<sup>3</sup>



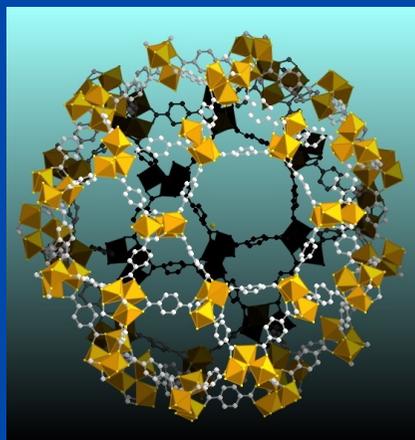
← 34Å →

# *3<sup>ème</sup> avantage: chaque brique est modulable*



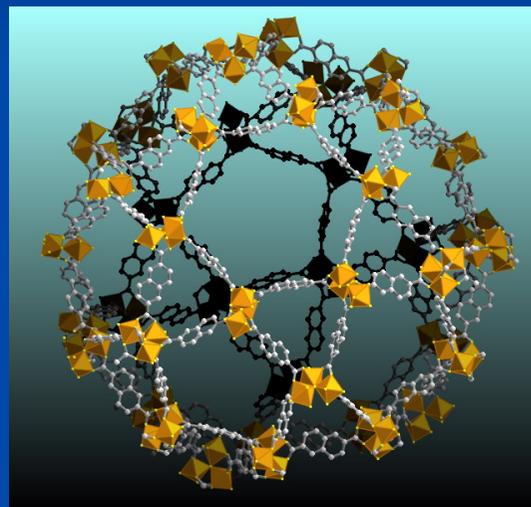
## Organique:

V: 20,000Å<sup>3</sup>



34Å

V: 37,000Å<sup>3</sup>



41Å

# 3<sup>ème</sup> avantage: chaque brique est modulable

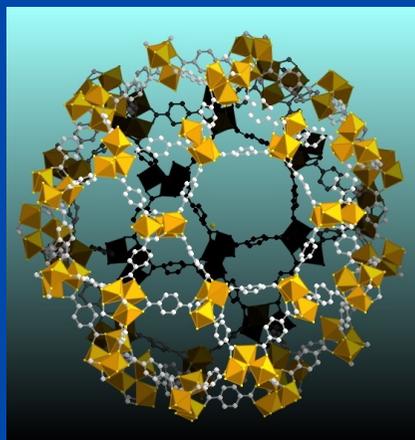


Organique:

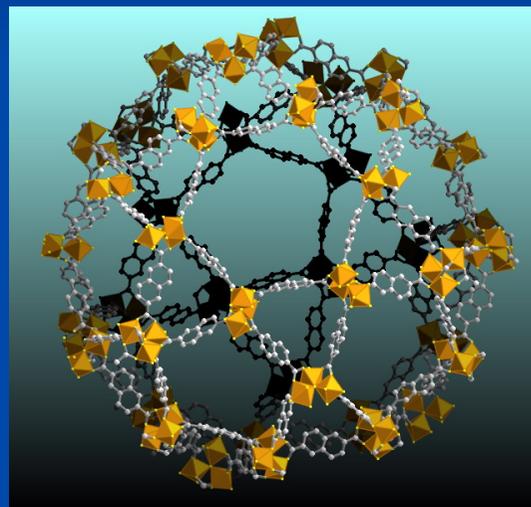
**V: 60,000Å<sup>3</sup>**

V: 20,000Å<sup>3</sup>

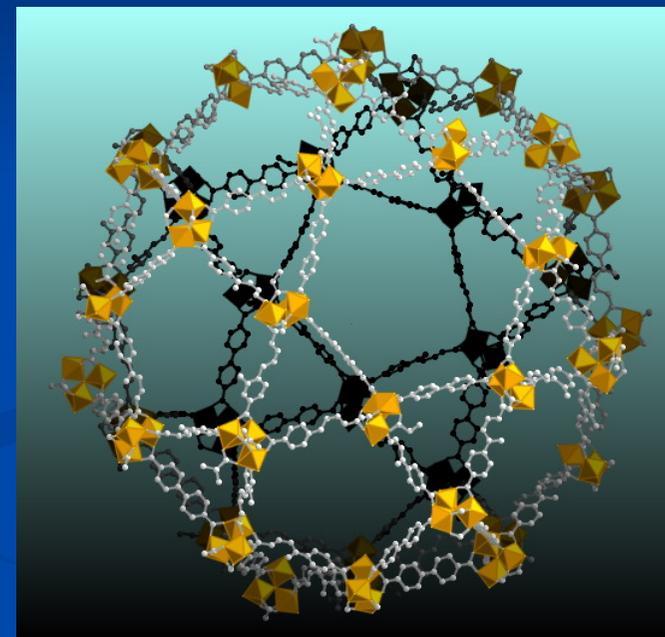
V: 37,000Å<sup>3</sup>



34Å



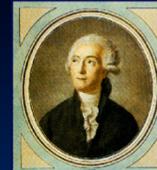
41Å



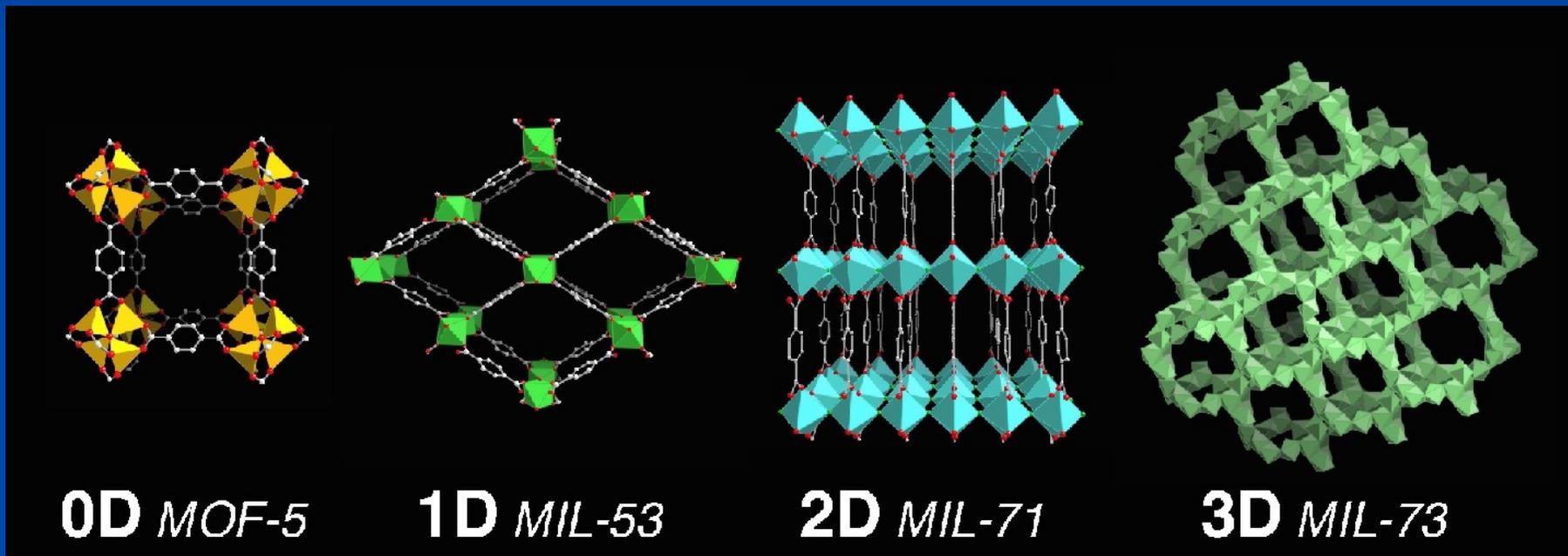
50Å

*Pourrait contenir  
200 fullérènes C<sub>60</sub>*

# *Ou inorganique...par*

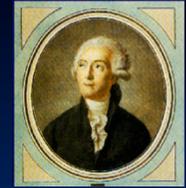


Contrôle de la condensation oligomérique dans la solution: conduit à des **dimensionnalités variées** du sous-réseau inorganique



TRES IMPORTANT POUR LES PROPRIETES PHYSIQUES ...

# *Ou par la recherche de nouvelles briques*



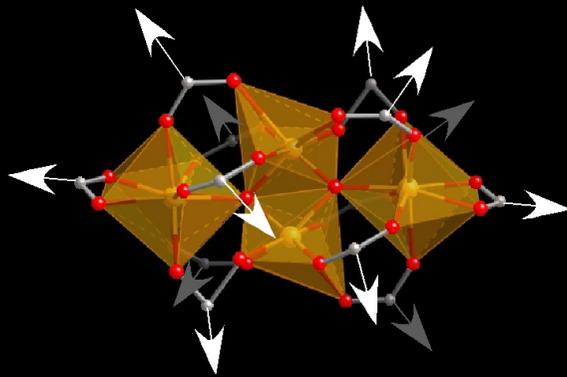
Se souvenir que la brique inorganique et sa connectivité contrôlent le processus

$M^{IV}$

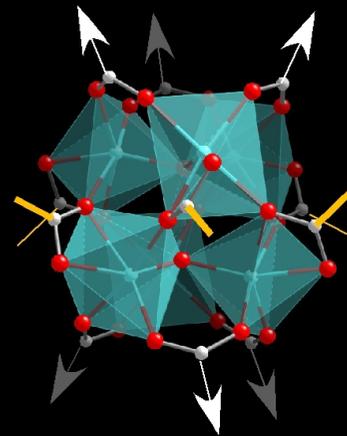
$M^{III}$

$M^{IV}$

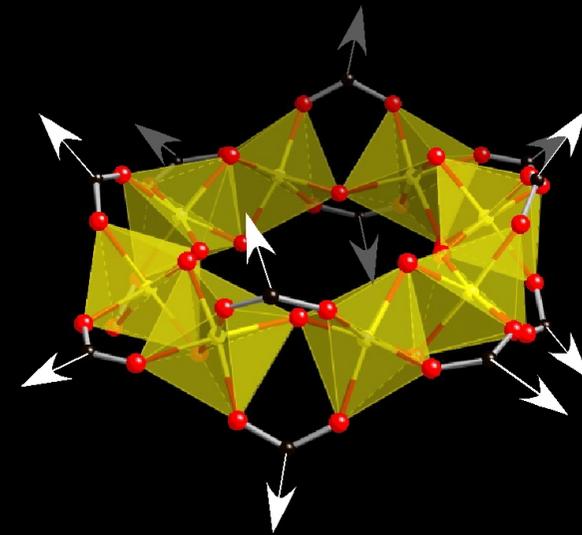
*Au laboratoire*



**a**



**b**



**c**

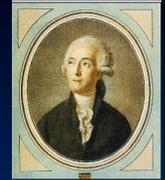
Tetramère  
Connectivité 12

Hexamère  
Connectivité 9

Octamère  
Connectivité 12

## 4<sup>ème</sup> avantage: *chaque partie est fonctionnalisable*

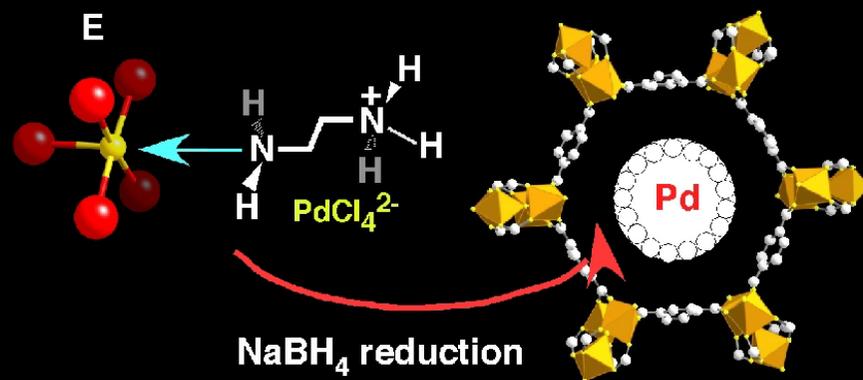
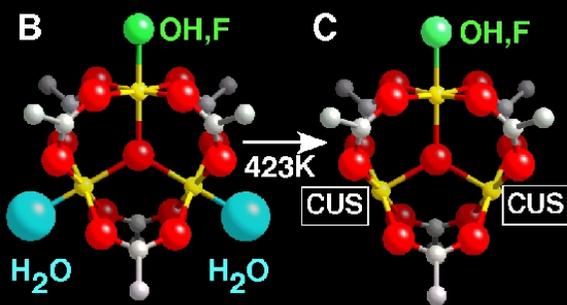
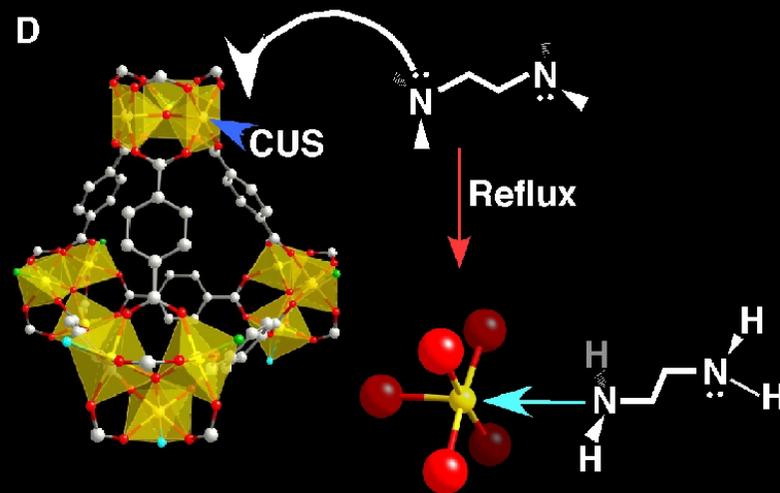
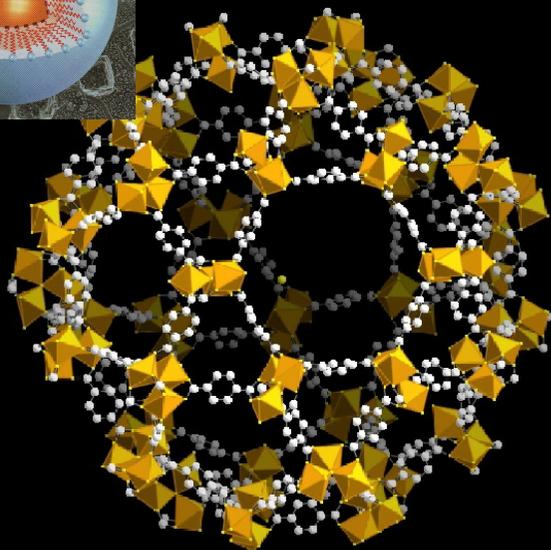
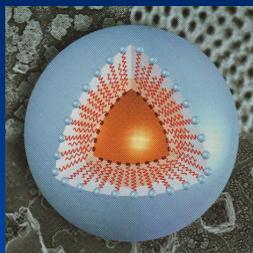
---



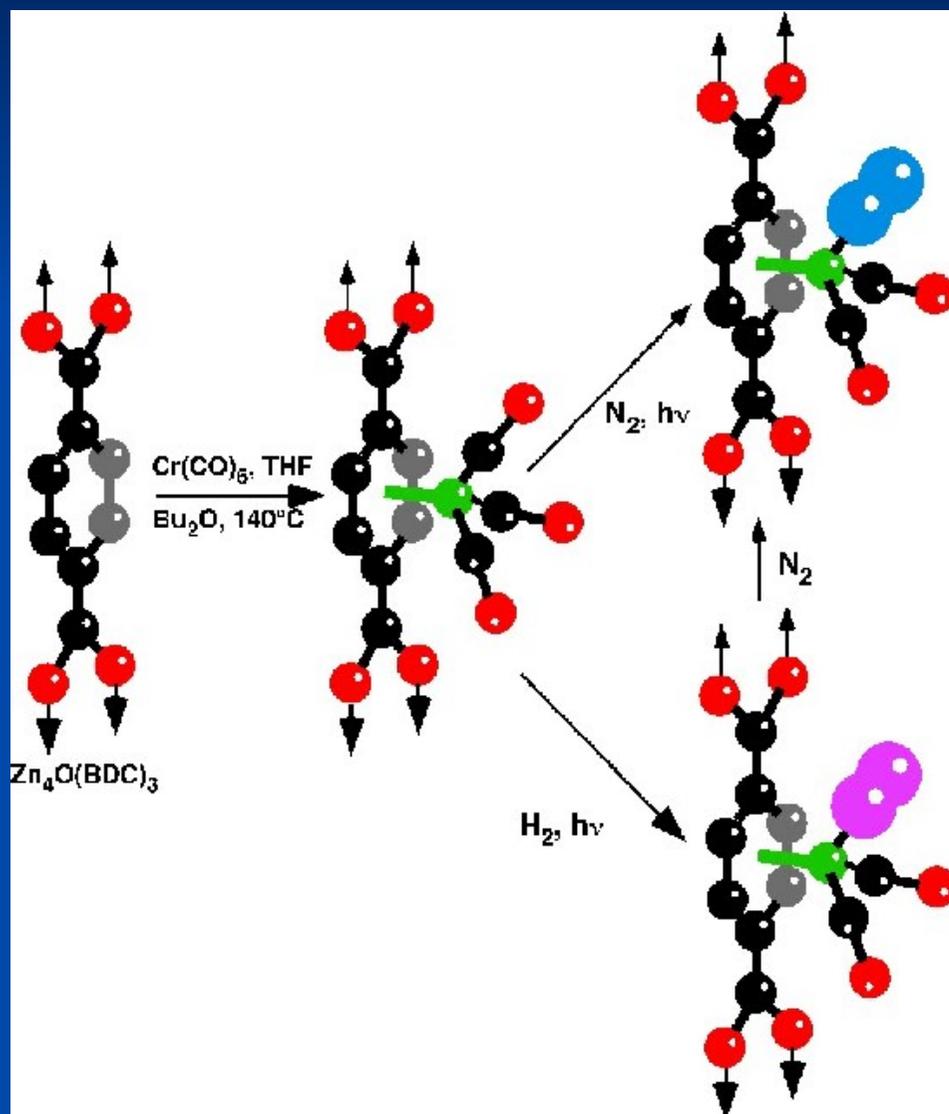
Ce qui autorise à:

- Introduire de nouvelles fonctions dans le solide;
- Les utiliser pour générer de NOUVELLES *propriétés potentielles* dans le solide;
- moduler finement la décroissance du volume interne du pore pour l'optimiser

# Greffage d'espèces sur la partie inorganique

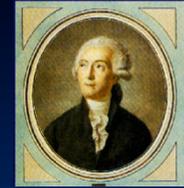


# Exemple post-synthèse sur l'organique



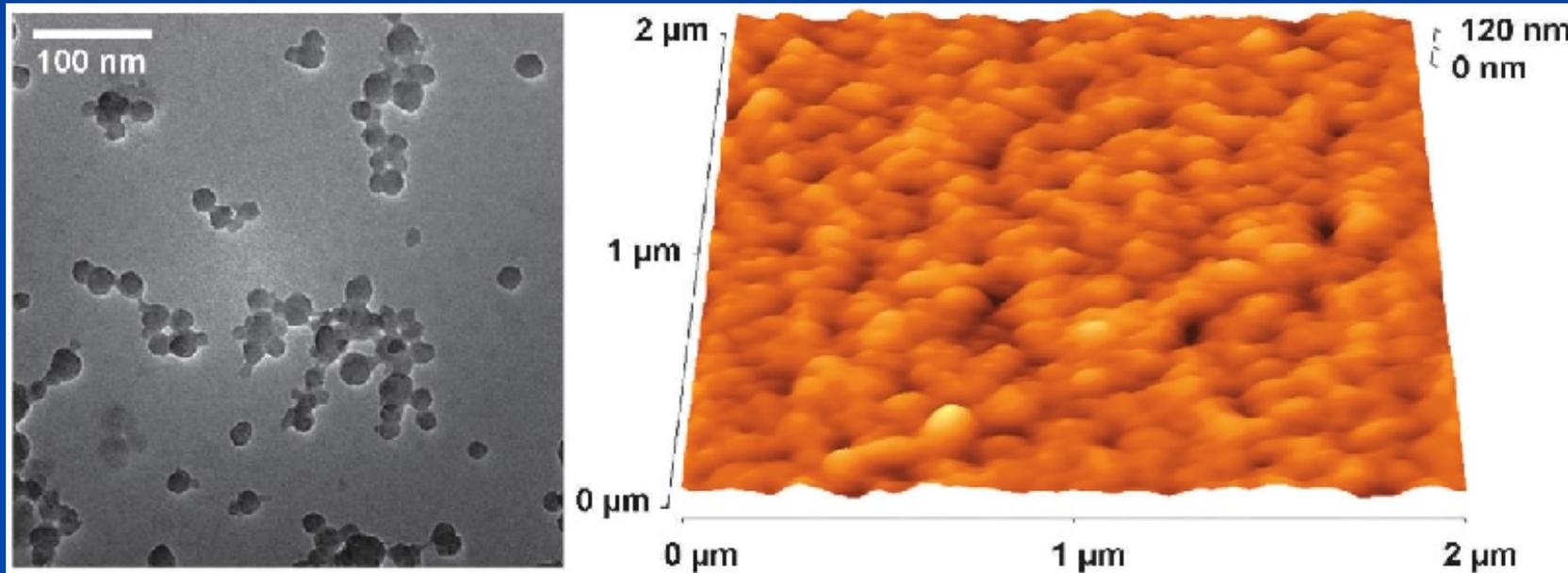
Accroît la teneur en hydrogène adsorbé par chemisorption

# 5ème avantage: leur facile mise en forme



Nanoparticules

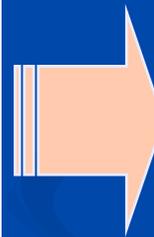
films minces de qualité optique



*6ème avantage: Facile production industrielle*

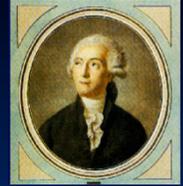
**Production de 250 kg de Basolite A 100 (MIL-53)**

**BASF**  
The Chemical Company



*Last but not least...*

---

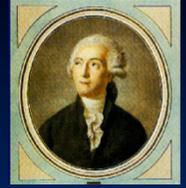


*7<sup>ème</sup> avantage*

*Ces hybrides deviennent  
utiles à la société*

# *Pour les actuels problèmes sociétaux:*

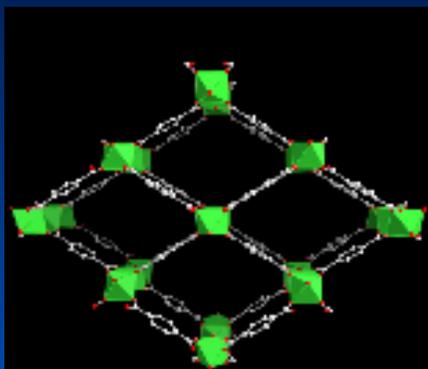
---



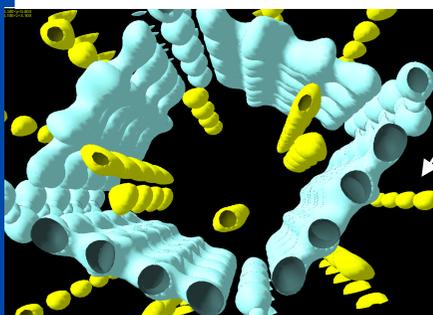
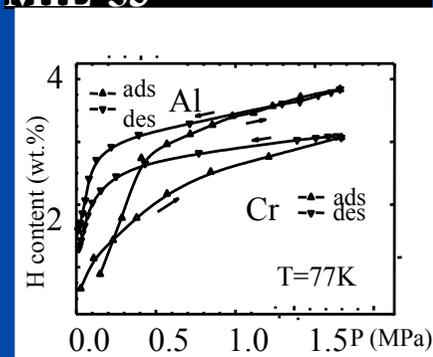
- Energie
- Economies d'énergie
- Environnement
- Santé

*Les hybrides peuvent fournir quelques solutions*

# Hybrides et énergie: stockage de H<sub>2</sub>

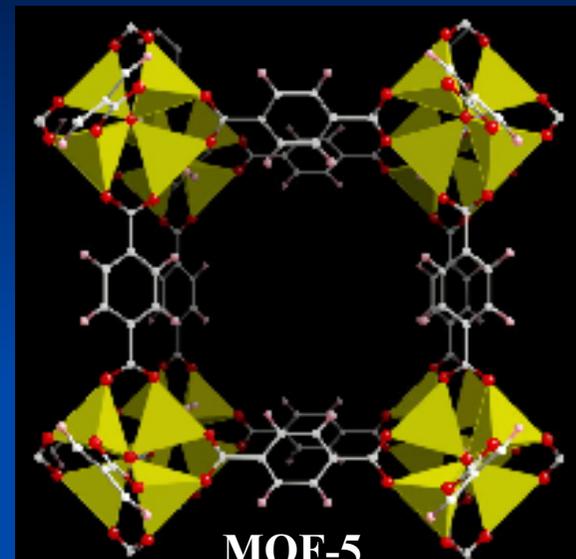
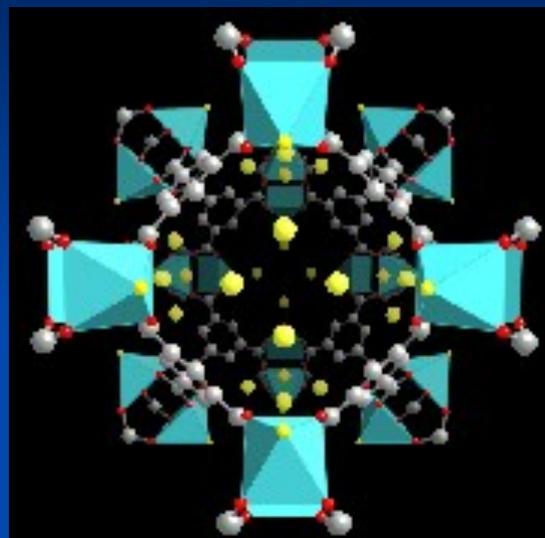


MIL-53

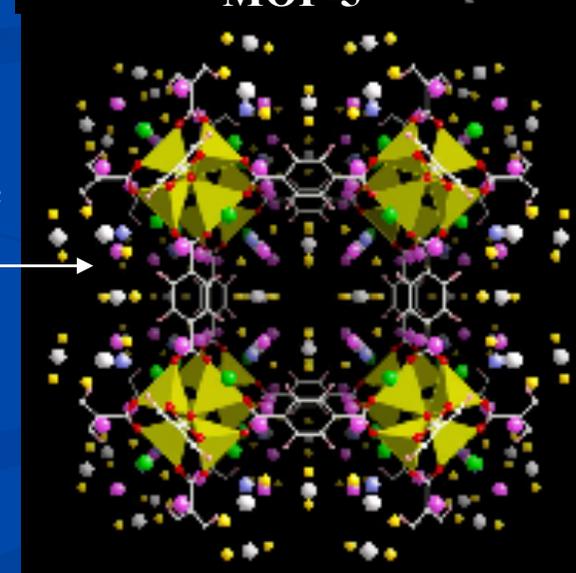


F.M. Mulder & B. Assfour  
(private communication)

HKUST-1



MOF-5



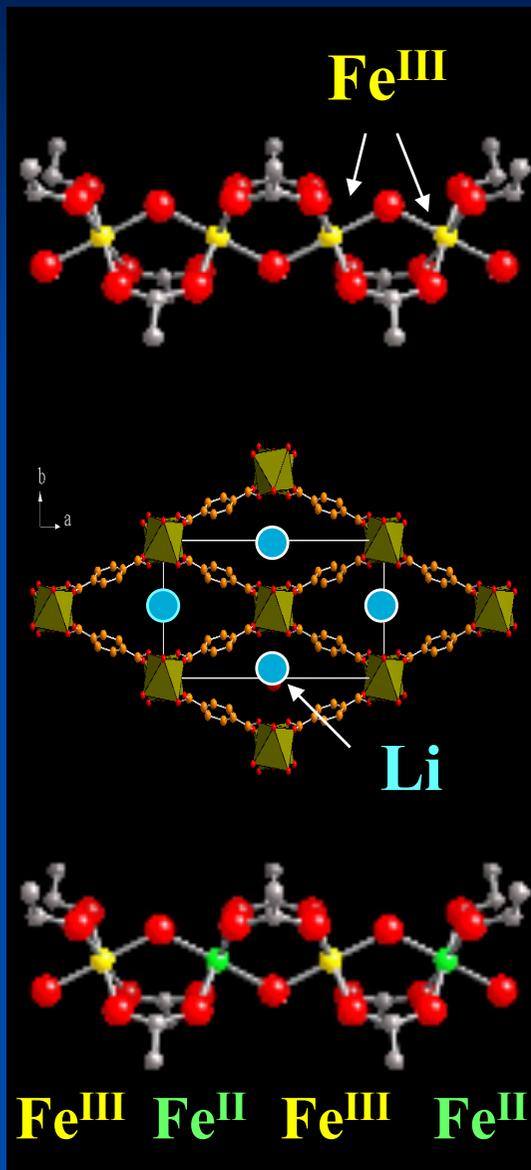
Les sites d'adsorption d'hydrogène sont sur la brique inorganique

Mais à 77K...

$$(3 < \Delta H_{\text{ads}} < 10 \text{ kJ.mol}^{-1})$$

T. Yildirim & M.R. Hartman  
(Phys.Rev.Lett.2005, 95, 215504)

# Hybrides et énergie: conducteurs mixtes

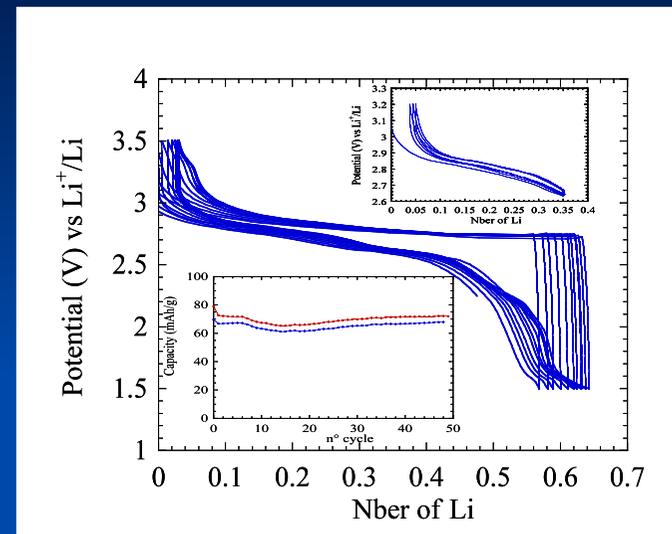


**Fe<sup>III</sup>(OH)(BDC)**  
ANTIFERROMAGNETIQUE

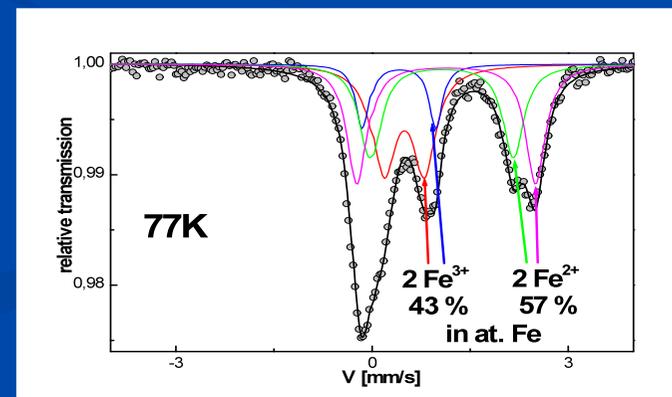
*Electrochimie:  
insertion de Li*

**Li<sub>x</sub>Fe<sup>II</sup><sub>x</sub>Fe<sup>III</sup><sub>1-x</sub>(OH)(BDC)**  
( $x \leq 0.6$ )

FERRIMAGNETIQUE



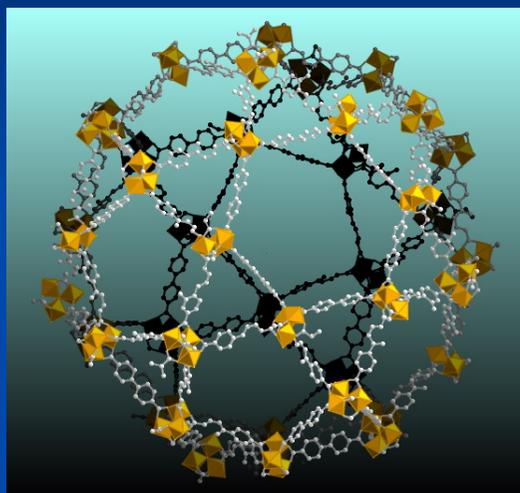
*Submitted to Nature Materials*



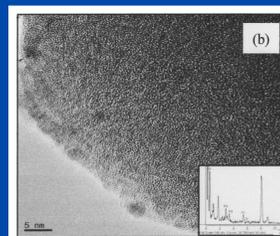
# Hybrides et économies d'énergie



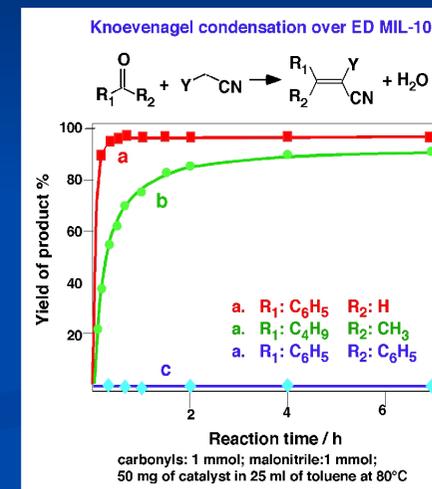
## ● Catalyse: débute



Nanoparticules Pd;  
génération *In situ*

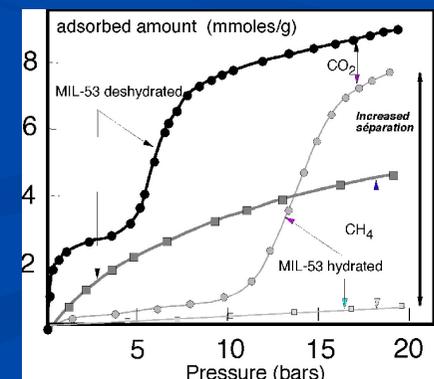


Férey et al. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2008

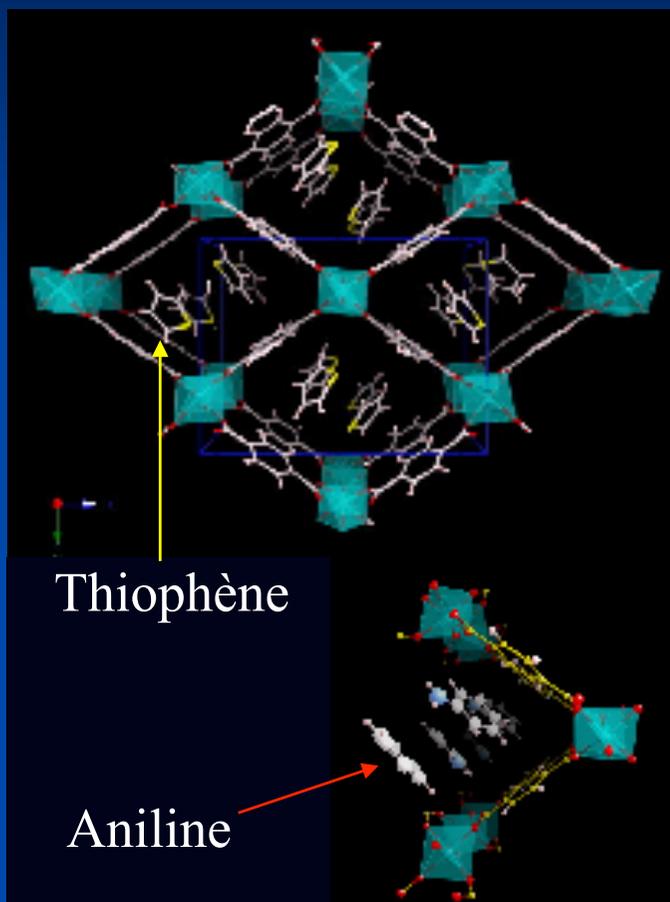


## ● Séparation de gaz :

- CO<sub>2</sub> vs CH<sub>4</sub> à 300K
- Propane/propène à 300K (*GF. et al. CNRS patent 2008*)



# Séparation de liquides par MIL-47



O-, m , p-xylene  
+ ethyl benzene

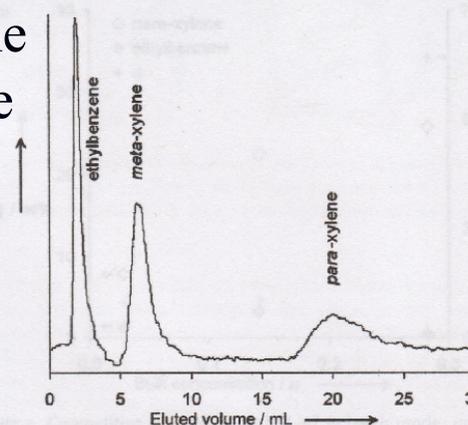
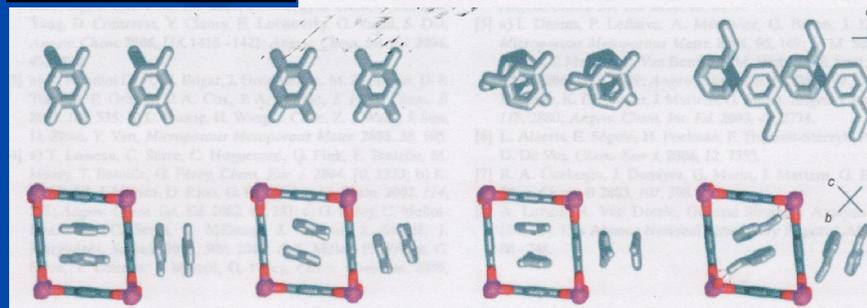
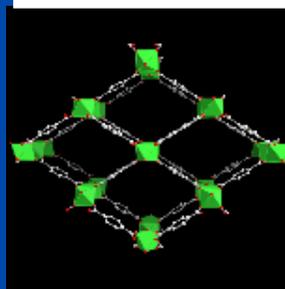


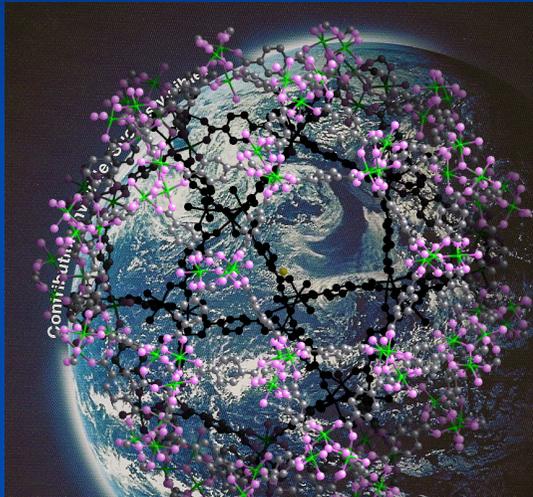
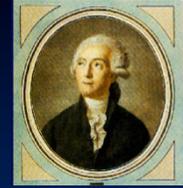
Figure 2. Chromatographic separation of a mixture of ethylbenzene, meta-xylene, and para-xylene on a column packed with MIL-47 in the liquid phase, with hexane as the desorbent at 298 K. The signal intensity of the refractive index detector is shown versus the eluted volume.



A. Jacobson *et al.* *Angew. Chem Int. Ed.* **2006**, *45*, 6299

D.E. De Vos *et al.* *Angew. Chem Int. Ed.* **2007**, *46*, 4293

# *Hybrides et environnement*



*Contre la pollution et le  
changement climatique*

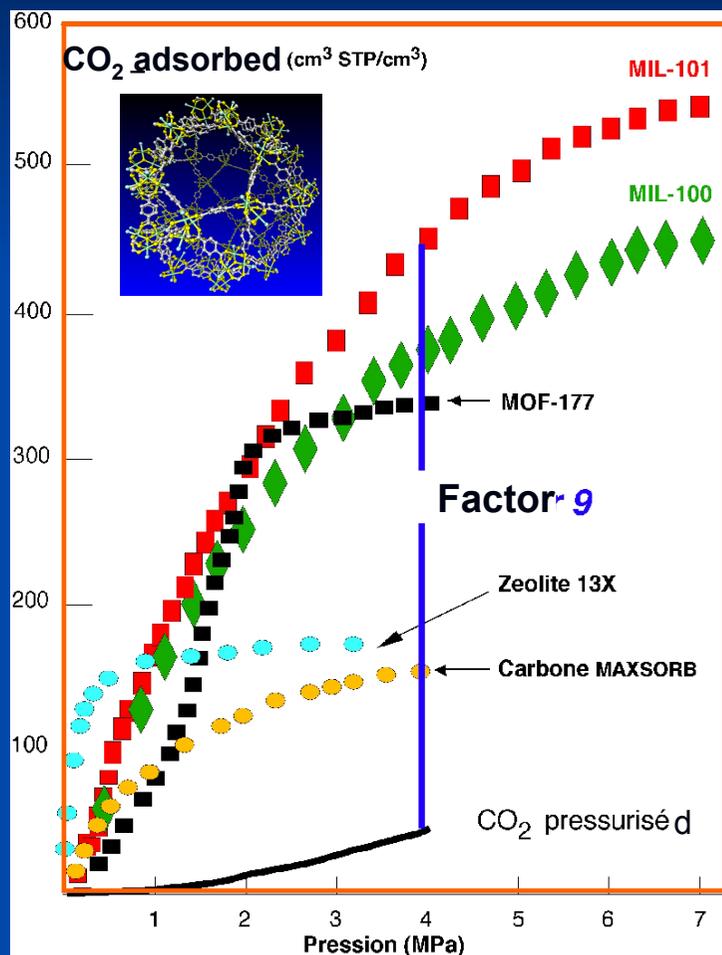


- Séquestration des gaz à effet de serre

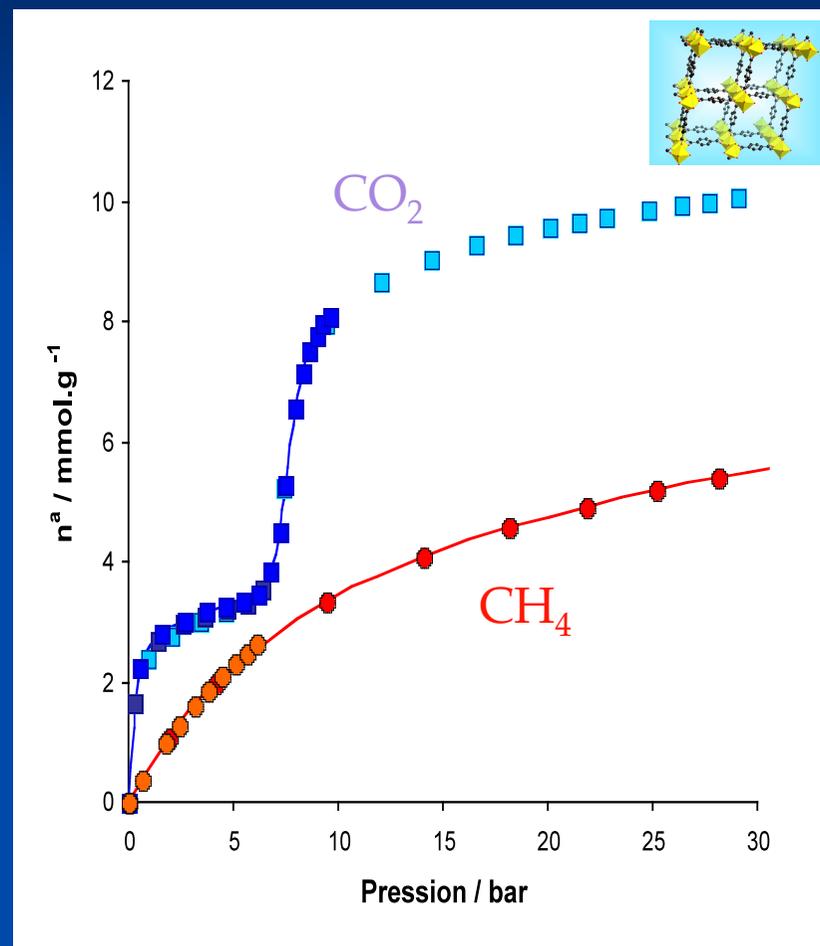
# Adsorption de $CO_2$ à 300K



## RIGIDE



## FLEXIBLE (MIL-53)

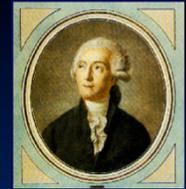


S. Bourrelly, P. Llewellyn, J-S Chang, J-H Jung, C. Serre, G. Férey  
*Langmuir*, sous presse (2008)

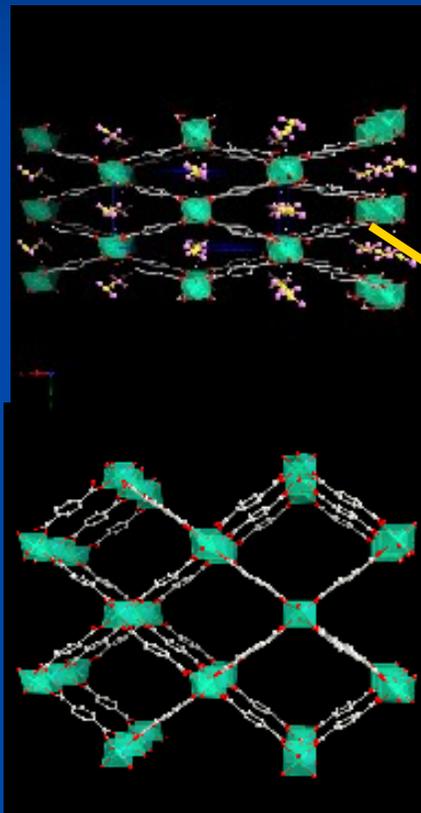
S. Bourrelly, P. Llewellyn, C. Serre, F. Millange, T. Loiseau, G. Férey  
*J. Am. Chem. Soc.*, **127**, 13519 (2005)

# MIL-53 (CO<sub>2</sub>): Etude structurale à P = 1 bar

G.Férey, P. Barnes, C. Serre, P. Llewellyn et al. Adv. Materials 2007

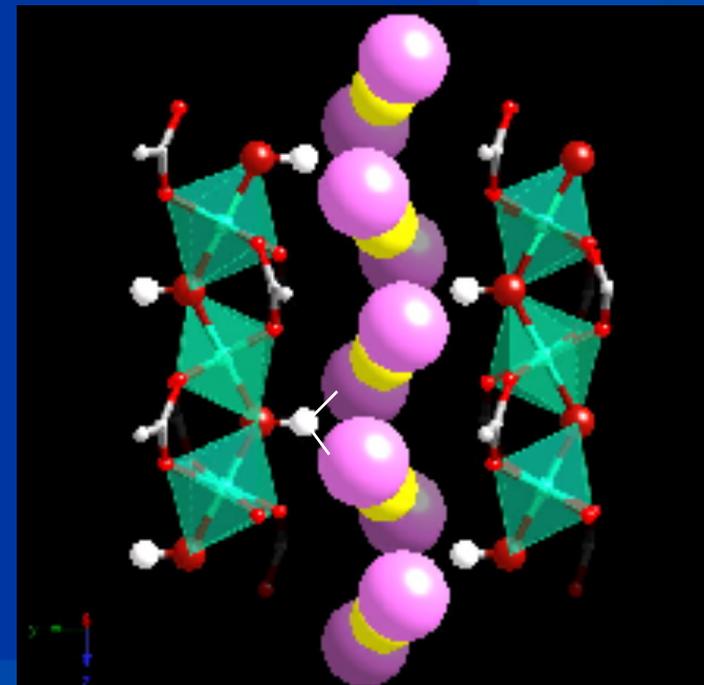
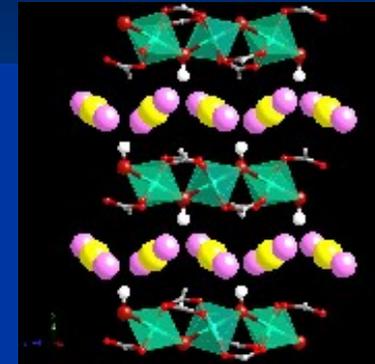
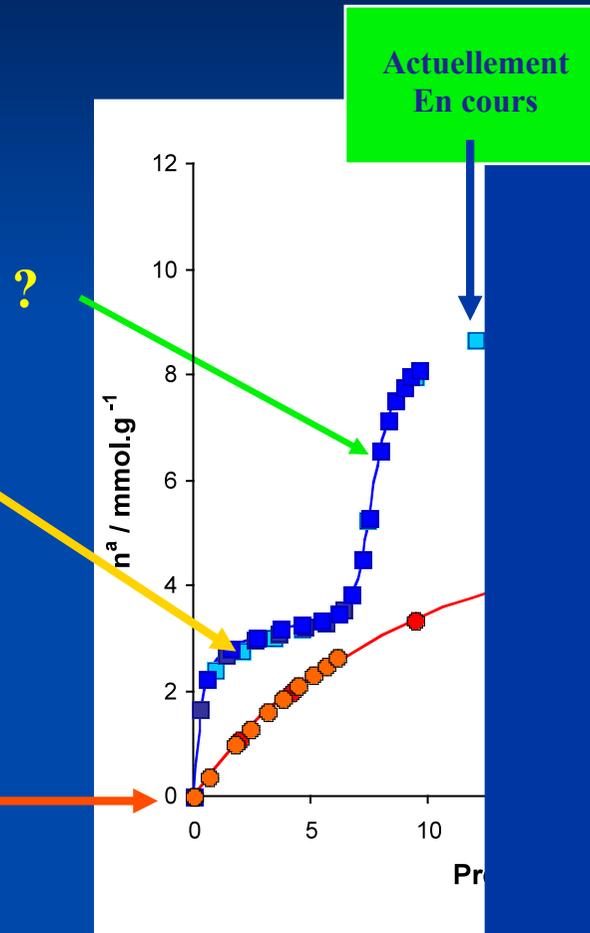


Contraction de la forme ouverte via CO<sub>2</sub> quadrupoles

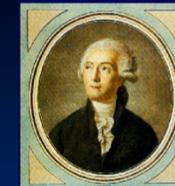


Initialement ouverte  
Sous vide

**INPUT: CONTRACTION**



interactions Quadrupole-dipole pendant l'adsorption



# Le cas du MIL-101 RIGIDE

Pourquoi autant? (390 V(STP)/V):

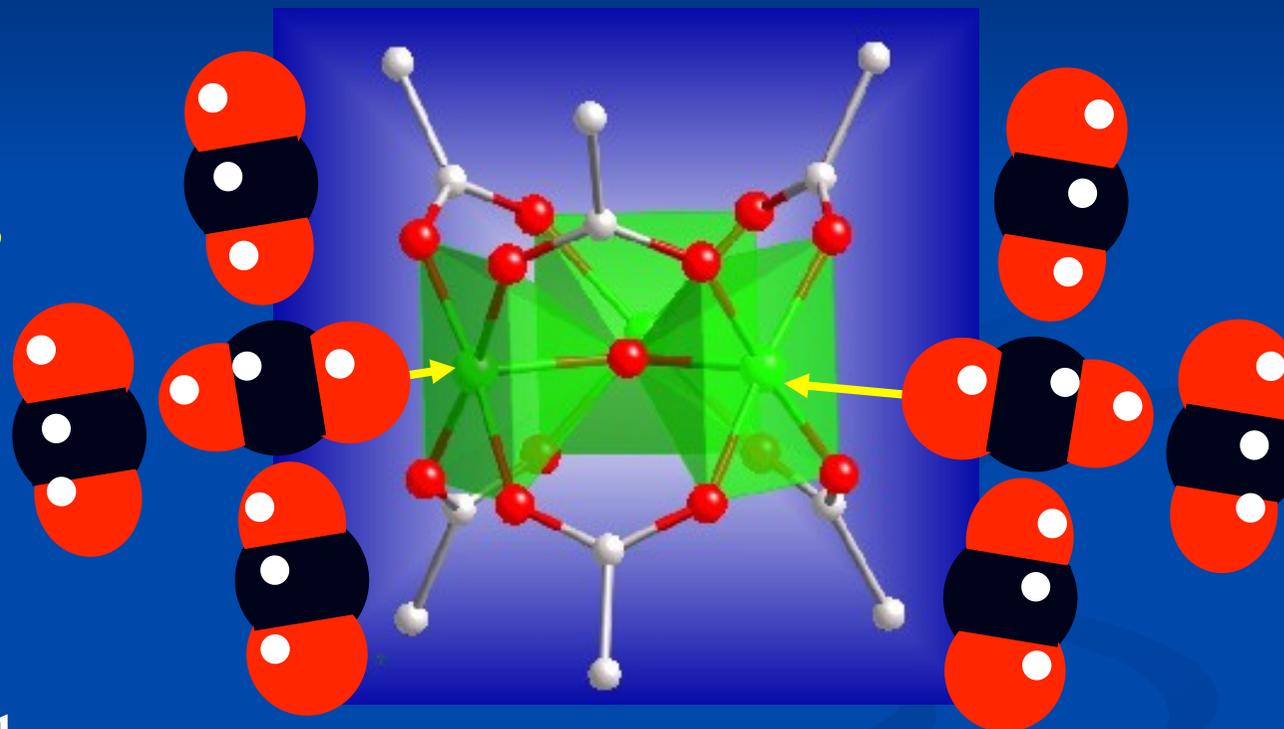
TRES LARGES PO

Pourquoi à 300K?

TRES FORTES  
INTERACTIONS

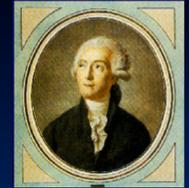


$\Delta h_{ads}$ : 45 kJ.mol<sup>-1</sup>



STOCKAGE EFFICACE

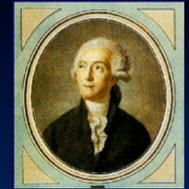
# Alimentation des voitures au gaz naturel



Développé par BASF avec nos **MILs** à l'**AI** (6 février 2013)



# Alimentation des voitures au gaz naturel

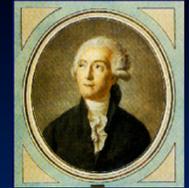


Développé par BASF avec nos **MILs à l'Al** (6 février 2013)



Je l'ai conduite...

# Alimentation des voitures au gaz naturel



Développé par BASF avec nos **MILs à l'Al** (6 février 2013)



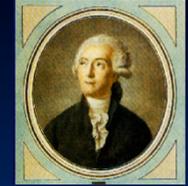
Et ça marche  
superbement bien



---

# Solides poreux et Santé

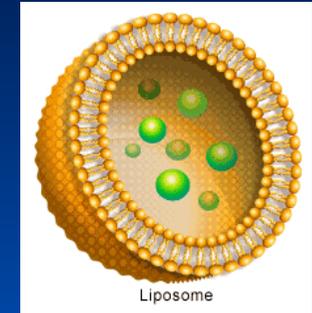
# Hybrides poreux et santé



## Le domaine:

les nanovecteurs transporteurs de médicaments

5% en poids



## Notre stratégie:

- Choisir des MILs à larges pores NON TOXIQUES de structures variées (flexibles et rigides; la non-toxicité a été établie sur des rats)
- Valider chimiquement la méthode avec un médicament test (ibuprofène)
- Valider l'efficacité du stockage/libération sur l'ibuprofène
- Transférer la méthode à des drogues antitumorales et rétrovirales\*
- Tester l'efficacité par des études *in vivo*\*

\* Collaboration avec P. Couvreur (Châtenay-Malabry)



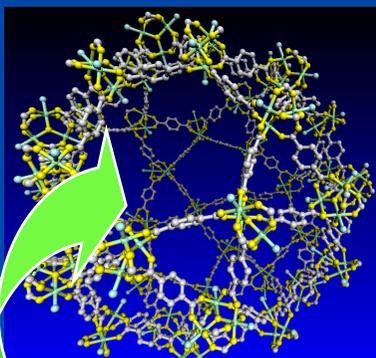
# Validation à 300K sur le MIL-101 rigide



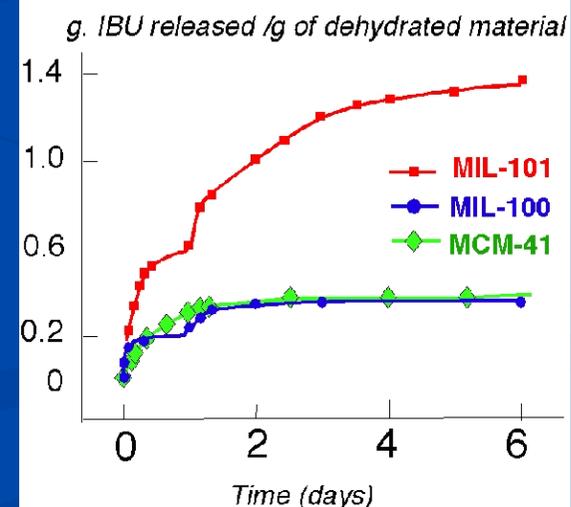
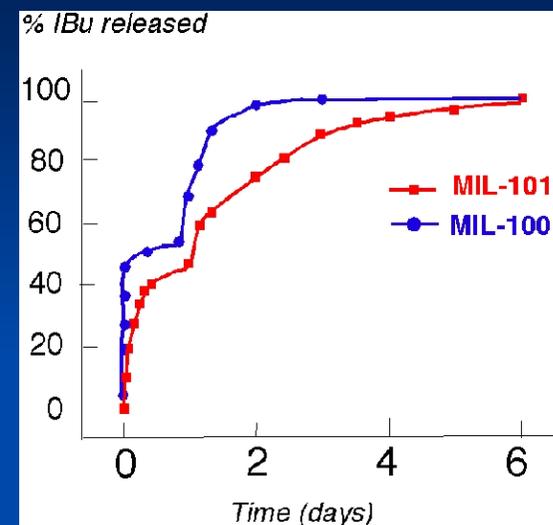
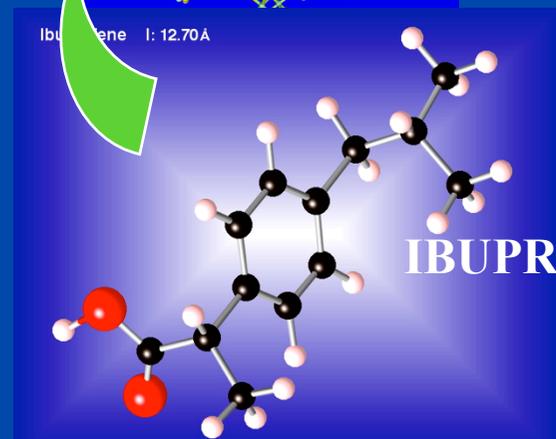
**Voie Organique:** bonne encapsulation mais mauvais langage;

**Voie Inorganique:** greffage avant encapsulation; faible capacité

**Voie Hybride :** cumule un fort chargement & relargage contrôlé dus à la porosité régulière et aux entités organiques.



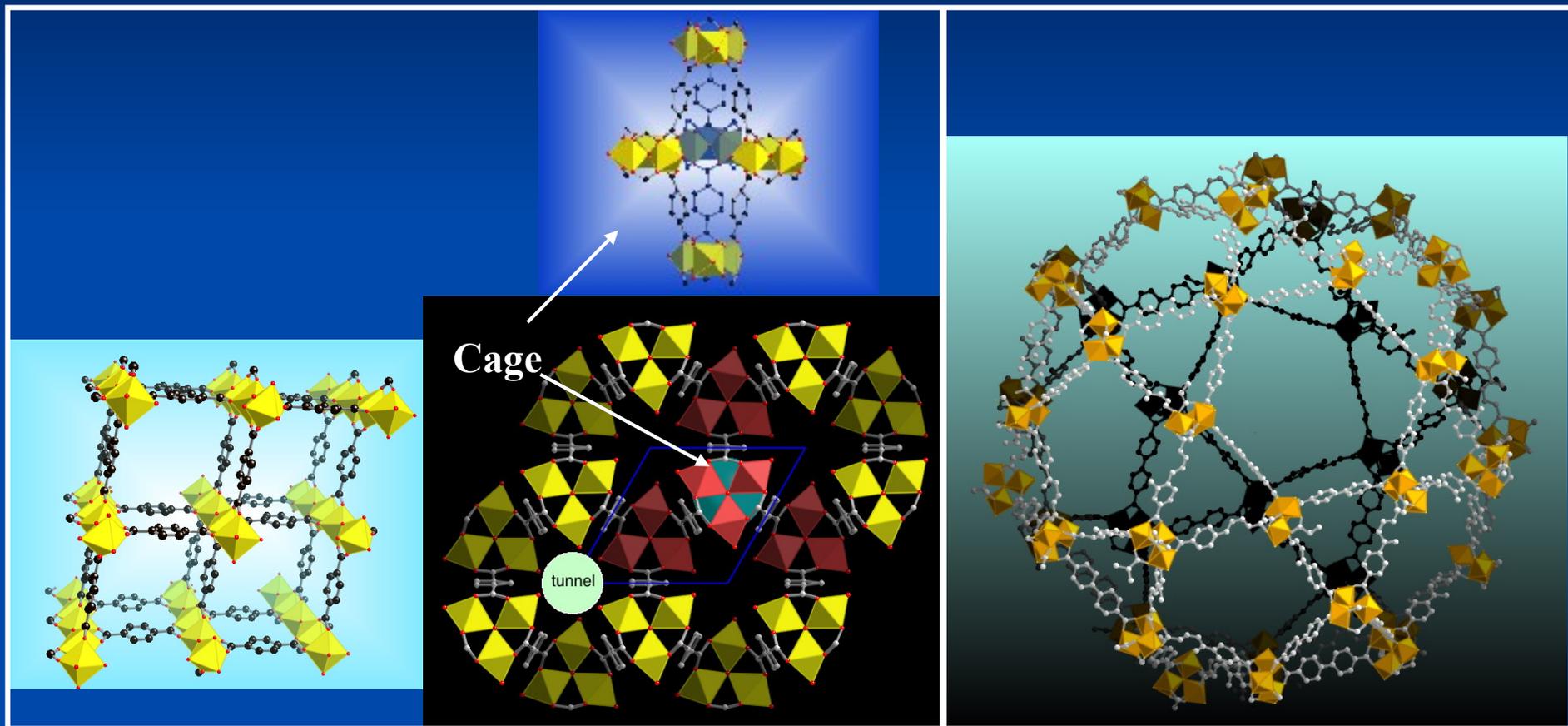
96 IBU/grande cage  
48 IBU/petite cage



# Choix des hybrides poreux



## Les vecteurs



MIL-53

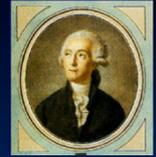
MIL-88

MIL-100 & -101

**FLEXIBLES**

**RIGIDES**

# Les solides hybrides à base de Fer et la santé

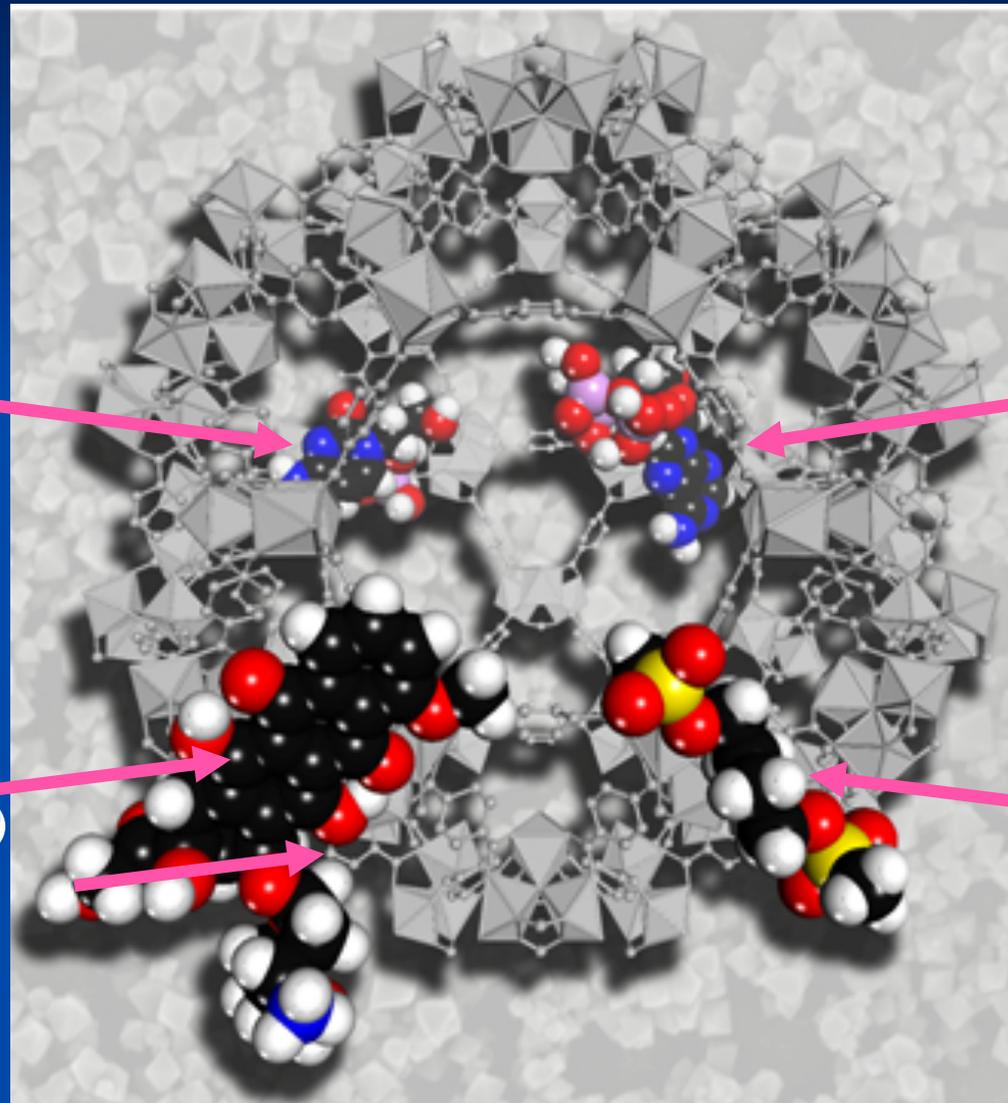


**CODOVIR**  
(*anti-cyto-  
mégalo*virus)

**AZT-TP**  
(*Anti-HIV*)

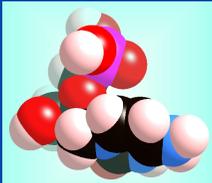
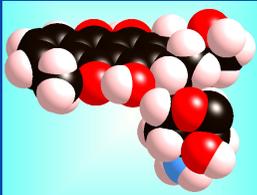
**Doxorubicin**  
(*cancer du sein*)

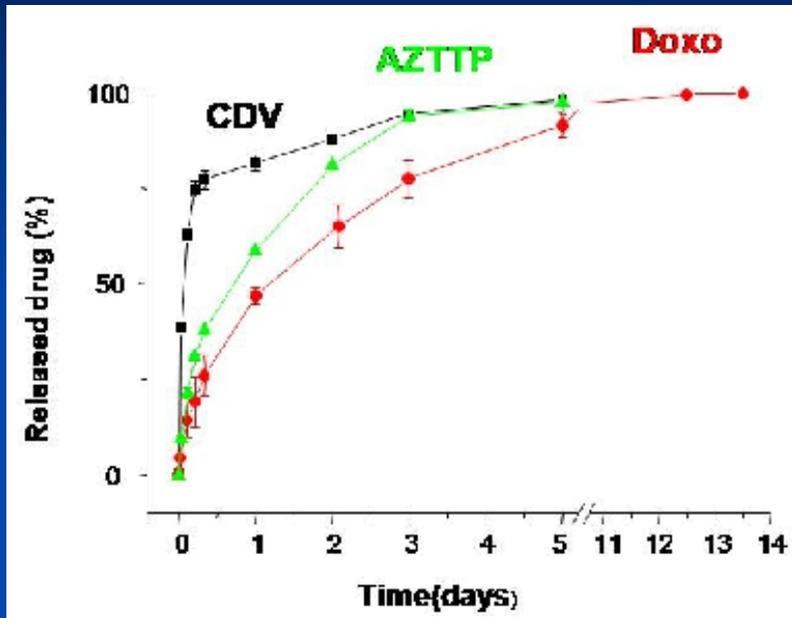
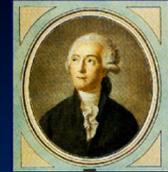
**Busulfan**  
(*leucémie*)



# Les carboxylates de fer(III) et la santé



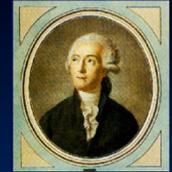
		MIL-53	MIL-88	MIL-100	MIL-101	
<b>BUSULFAN</b> <b>LEUCEMIE</b> <i>amphiphile</i>	 13.4 x 3.5 Å	14.3 17.9	9.8 4.2	<b>25.5</b> 31.9 <small>5% for polymers NP</small>	14.3 17.9	Loading (wt%) Entrap efficiency
<b>AZT-TP</b> <b>Anti - HIV</b> <i>hydrophile</i>	 11.9 x 9.1 Å	0.24 2.8	0.60 6.4	<b>21.2</b> 85.5	<b>42.0</b> 90.4	Loading (wt%) Entrap efficiency
<b>CODOVIR</b> <b>Anti-cytomegalovirus</b> <i>hydrophile</i>	 10.8 x 7.7 Å	- -	14.3 80.9	<b>16.1</b> 17.9	<b>41.9</b> 68.1	Loading (wt%) Entrap efficiency
<b>DOXORUBICIN</b> <b>CANCER du SEIN</b> <i>hydrophobe</i>	 15.3 x 11.9 Å	- -	- -	<b>29.1</b> 11.2	- -	Loading (wt%) Entrap efficiency



- Pas de « burst » effect
- *Aucune cytotoxicité* (tests *in vivo* and *in vitro*)
- *capacités de stockage* exceptionnelles (10-50 fois celles des nanovecteurs usuels)
- L'injection de doses optimales de drogue requiert moins de nanovecteurs dans le corps
- Temps longs pour une libération complète, au moment où seulement 10% du MIL est détruit

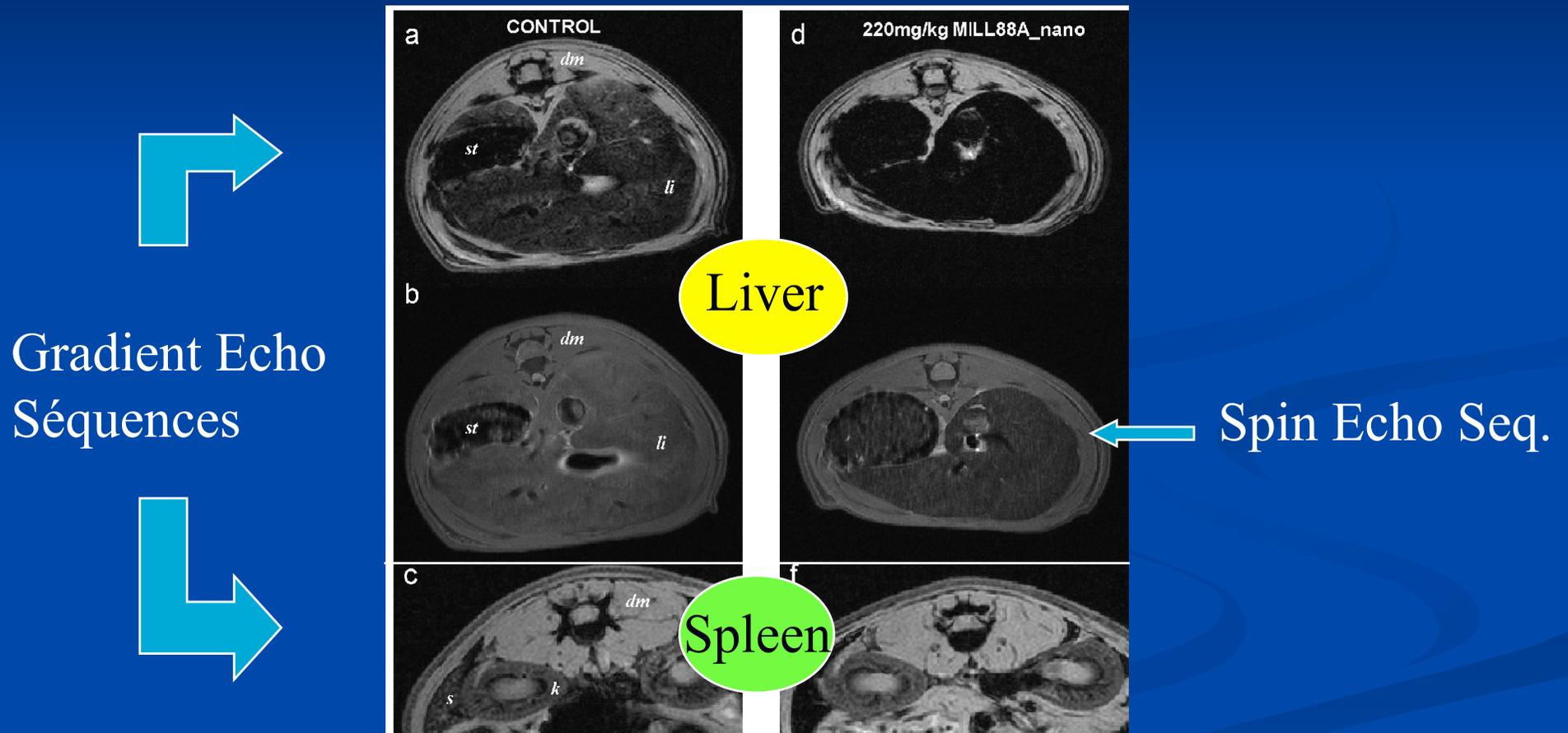
De plus, ces hybrides à base de fer(III)

- acceptent des drogues soit amphiphiles, hydrophiles ou hydrophobes
- sont *actifs en imagerie médicale*
- ouvrent la voie à la *théragnostique* (thérapie + diagnostic)



# Autre avantage

Les solides MIL-Fe sont actifs en **MR imagerie médicale**



*Dm*: muscle dorsal; *k*: rein; *s*: rate; *st*: estomac

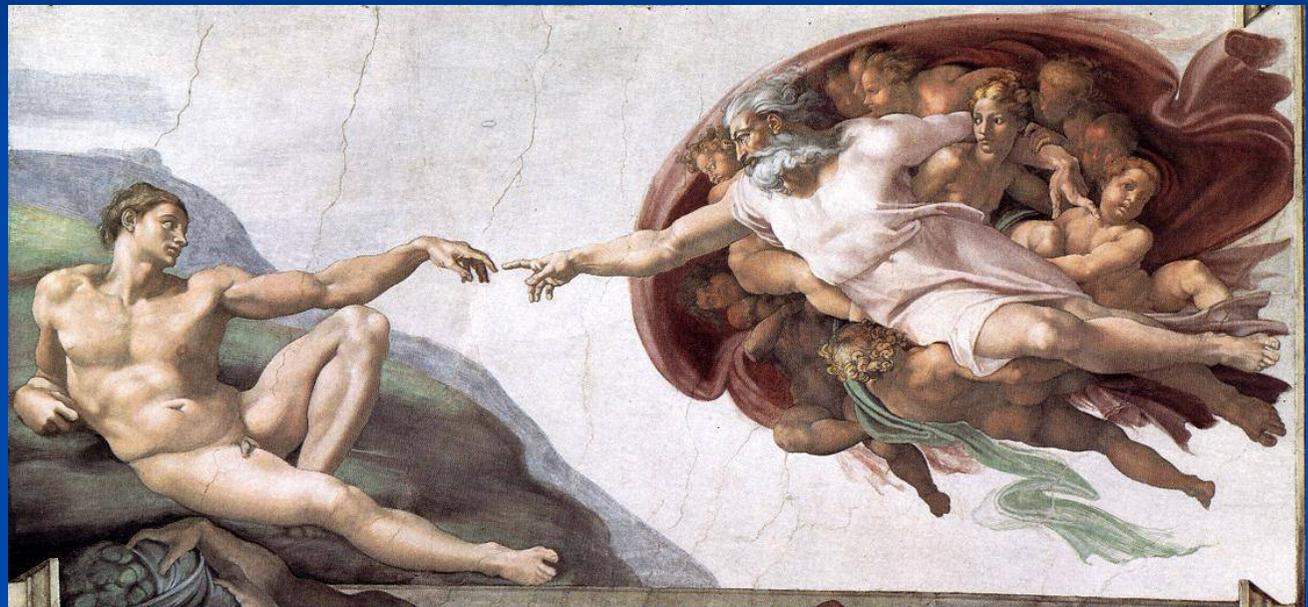
# *Alors, la chimie?*

---

Diabole?



Bon Dieu?



**Ni l'un ni l'autre!** Simplement **une science** qui, avec ses acteurs, ses erreurs et ses nombreuses qualités, est **au service de l'Homme**

---

# *La chimie?*

---



*Sans chimie, il n'y a pas d'avenir pour la planète!  
Soyez-en conscients et, s'il vous plaît, respectez-la!*

La République a besoin de chimistes...

---