

Fiche 1

Chimie bio-inspirée

Éléments imposés possibles

Catalyse ; matériaux

Ressources utilisées

- <http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/vers-une-chimie-douce-bio-inspiree-1211>
- VOET, SHRIVER, dans les DeBoeck
- Penser à voir le TI PHA2005 v1, Synthèses totales bio-inspirées de substances naturelles - Concepts, par E. POUPON, TI_PHA2005.pdf
- Cours de M. FONTECAVE, vidéo enregistrée

Tutorat avec M. MOSSER

Thème et titres compliqués : se ramener à ce que l'on connaît (ici, l'élément imposé étant Catalyse, c'est faisable).
Les plans proposés tournaient autour de la séparation :

1. Matériaux issus de bio-inspiration

Exemple L'utilisation des diatomées, liens avec les zéolithes ; la peau de gecko et sa reproduction ; l'effet lotus et l'hydrophobicité de surface...

2. Catalyse et bio-inspiration

Remarque Insister sur ce que l'on connaît : les enzymes, leurs utilisations en biochimie et en laboratoire, leurs inconvénients... aller vers des sites actifs seulement.

Remarque M. LECONTE propose sur ce plan là de parler de bioinspiration avec l'effet lotus puis d'étayer la description d'un matériau bioinspiré du lotus pour la création de vitre auto-nettoyante : utilisation du TiO_2 dont la surface permet une hydrophobicité ET dont les propriétés de semi-conducteurs peuvent amener à un nettoyage par catalyse de réaction... cela offre même un nouveau point pour l'élément imposé et/ou une transition vers la suite.

Si l'on souhaite se focaliser sur la chimie moléculaire (organique ou non) bio-inspirée, proposer le plan suivant, avec une forte introduction sur les concepts de chimie bioinspirée/biomimétique (différence faite dans le TI).

1. Synthèse bio-inspirée
2. Catalyse : mimer les sites actifs

Introduction

Pédagogie Cours à donner à un niveau de L3 : se focaliser alors sur une bioinspiration dans la synthèse organique (si possible, suivant élément imposé...); pré-requis relativement forts en chimie organique, en catalyse et en caractérisations... mais peu de besoin en bio et biochimie.

Différence faite entre bioinspiration et biomimétisme dans le TI.

Présentation de ce que fait la nature, pourrait faire la nature... Comment l'exploiter, pour le chimiste, pour la société? Plusieurs enjeux : chimie « déjà optimisée » dans le vivant ; matériaux innovants répondant à des besoins nouveaux/autres.

Se focaliser ici sur ce qui relève le plus de la L3 : retour sur la synthèse, organique ou non ; quels apports de la nature ici ?

1.1 Synthèse bio-inspirée ?

Regarder le TI.

1.2 (Bio)catalyse : s'inspirer de la nature

Inspiré très largement du cours de M. FONTECAVE, nitrogénase vers 10'.

1.2.1 La biocatalyse

La biocatalyse regroupe l'étude de nombreuses méthodes pour catalyser des réactions. Sur un axe du plus « biologique » au plus « chimique », l'on retrouve les réactions faites à l'aide de micro-organismes, ou d'extraits (levures ?) ; les enzymes ; les enzymes artificiels (regroupant une partie biologique et un cofacteur issu de synthèse) ; et enfin la catalyse bioinspirée. On se focalise ici uniquement sur les catalyseurs issus de bioinspiration.

La méthode suivie par le chimiste, ou le biologiste, en chimie bioinspirée est :

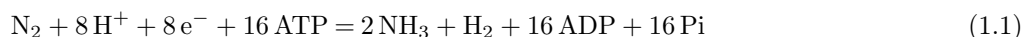
1. poser la question de ce qui est recherché ;
2. étudier et comprendre la réponse naturelle à la question ;
3. étudier le système mis en œuvre à l'échelle moléculaire et atomique (composés, structures, mécanismes...);
4. reproduire : la molécule, ou bien le matériau, ou bien seulement le processus.

Ainsi, ce qu'il est commun de faire est de regarder l'activité d'une enzyme donnée pour un processus réalisé *in vivo*, de s'intéresser spécifiquement au site actif de cette enzyme (souvent une métallomolécule) et de le reproduire : la molécule reproduite est alors un composé bioinspiré.

Une question légitime à se poser est alors : peut-on réduire le problème à son site actif seulement ? et la réponse n'est pas si évidente...

1.2.2 Bioinspiration de catalyseur : exemple de la nitrogénase

La nitrogénase est, avec une réductase au fer, une protéine qui permet de former de l'ammoniac dans les conditions normales de pression et de température : ce qui est très loin d'être maîtrisé par l'homme ! La réaction n'est pas exactement la même, et le processus nécessite des échanges de protons et d'électrons.



Remarque Pour la nitrogénase, il existe deux cofacteurs, qui ne diffèrent que d'un atome de Mo ou V. La nitrogénase $\text{N}_{2\text{ase}}(\text{V})$ a été montrée comme bien plus active que le $\text{N}_{2\text{ase}}(\text{Mo})$.

L'étude de ce complexe, et des clusters inorganiques qui le composent, est donc un enjeu très important : reproduire la synthèse de l'ammoniac à très faible coût énergétique.

Remarque L'apport d'énergie est fait par l'ATP.

Cependant, l'enjeu n'est pas que celui-ci. En effet, il a été montré que la nitrogénase pouvait aussi réduire d'autres composés : par exemple, du monoxyde de carbone en hydrocarbures !

Remarque L'apport de protons et d'électrons permis par la nitrogénase n'est pas seulement applicable à N_2 !

Les cofacteurs peuvent être extraits de la nitrogénase/protéine ; il a alors été montré que la réaction de réduction de CO se faisait toujours, sans ATP cette fois, mais à une activité parfois (très) moindre.

Catalyseur	FeMoCO	$N_{2ase}(Mo)$	FeVCO	$N_{2ase}(V)$
Activité	0.07	0.1	0.05	100

Cela montre que la protéine (apoenzyme) a un rôle, mais qu'il est mal connu par rapport à celui du site actif : l'approche de s'intéresser au et de mimer le site actif seulement est donc en partie légitimée.

Conclusion

Retour sur la démarche pour les catalyseurs en chimie moléculaire ; aller vers une ouverture sur la bioinspiration pour les matériaux (diatomés, effet lotus)...