

# FIL ROUGE EMISSION 17/04/2018

## De la nature à la technologie soutenable : le biomimétisme

### INTRODUCTION

Générique de sciences pour tous

Bienvenue dans Sciences pour Tous sur Radio Brume. Aujourd'hui, c'est la dernière émission animée par l'association DéMesures !

L'émission du jour s'intitule "De la nature à la technologie soutenable: le biomimétisme". Nous avons avec nous deux invités, Yvan Rahbé et Victor Lequay. Bonjour à tous les deux ! Pouvez-vous vous présenter en quelques mots ?

Je vous propose de débiter cette émission par ce que l'on nous a répondu lors du micro-trottoir à la question suivante : le biomimétisme, vous savez ce que c'est ?

Parmi les personnes interrogées, la plupart n'avaient jamais entendu le terme biomimétisme et ne pouvaient pas en donner une définition voire deviner ce dont il s'agit. Une proposition nous a été faite. Je vous propose de l'écouter.

"pour moi c'est quand on essaye de faire des trucs qui s'inspirent de la nature"

### INTRO AU BIOMIMETISME (YVAN) 15min

question : Je me tourne maintenant vers nos invités : que pensez-vous de cette définition ? Comment définissez-vous le terme de biomimétisme ?

Je donnerai d'abord une définition « naturelle » du biomimétisme, cad proche de son étymologie française : c'est une « démarche visant à reproduire des propriétés (intéressantes) de la nature »

question : comment est né le biomimétisme ?

Bon, la, la question est un peu plus délicate, puisque qu'elle a trait à l'histoire

Le biomimétisme est une idée, mais aussi un mot. Si on essaie de comprendre la genèse des idées, c'est un peu compliqué, mais on va tenter de le faire, assez rapidement. Si on cherche l'origine des mots c'est plus simple, on cherche dans les textes.

L'idée d'abord donc : On part d'exemples (c'est d'ailleurs une constante dans le biomimétisme, il y a toujours un exemple, qui en science s'appelle un modèle : dans le biomimétisme il est naturel)

Prenons **la Roue** : C'est un exemple intéressant car c'est un contre-exemple ! D'abord, la roue est l'objet d'un proverbe assez universel qui est le simple « *il n'a pas inventé la roue* » ou la déclinaison « il réinvente la roue »... Mais si on étudie les choses un peu plus loin que ces aphorismes, on peut dire que la roue n'a pas été inventée par la nature ! Ce n'est donc pas du biomimétisme. En effet, une roue c'est un axe et un rotor, et ça, naturellement c'est difficile à faire (soit dit en passant, comme toujours en biologie, il y a des exceptions, ce sont les moteurs moléculaires). Mais revenons à l'histoire, et si on essaie de réfléchir à la façon et aux circonstances historiques de l'invention de la roue, certaines théories associent la roue à un insecte, sans que ce soit attesté du reste à des preuves matérielles. Si on vous dit scarabée, vous pensez à quoi ? Egypte : bousier, un insecte noir ou vrai scarabée, cad un insecte bleuté qui a inspiré

Comment citer ce document :

Stadler, A. (Coordinateur), Rahbé, Y., Lequay, V. (Interviewé), Bel-Brunon, A. (Interviewé), David, L. (Interviewé), Alvarez Ramirez, R. (Metteur en scène), Canillas, R. (Metteur en scène), Denizot, A. (Intervieweur) (2018). De la nature à la technologie soutenable: le biomimétisme | Emission de radio.

des bijoux. Indépendamment du fait de savoir qui et quand cela a été inventé (qui est l'affaire soit des historiens, soit des nationalistes) il ne fait aucun doute que l'invention de la roue (ou de la sphère, du cylindre, du disque -qu'il soit solaire ou pas-, et finalement du cercle) a abouti d'une part à l'édification des pyramides et des mégalithes, qui sont de véritables exploits de la civilisation humaine, d'autre part à l'invention de P, qui est quand même un autre exploit du génie humain pour lequel on peut remercier nos ancêtres grecs... Donc, si on va par là, le biomimétisme serait consubstantiel à la civilisation.

Mais essayons également d'être plus ouvert, et de ne pas penser qu'à la science ou à l'ingénierie : Quand vous rentrez dans la reconstitution de **la grotte Chauvet**, vous ne pensez pas au biomimétisme ? Quand vous voyez les dessins de **Léonard** sur les machines volantes, on pense immédiatement au biomimétisme (notez que je classe cela dans la section artistique car il a beau être l'archétype du génie, aucune de ses machines volantes n'a fonctionné, il me semble tout au moins) ; plus récemment, quand on pense à **l'art nouveau** (l'Art nouveau se caractérise par l'inventivité, la présence de rythmes, couleurs, ornements inspirés des arbres, des fleurs, des insectes, des animaux, et qui introduisent du sensible dans le décor quotidien), ou à l'impressionnisme et notamment à sa branche pointilliste, ou ses auteurs comme **Georges Seurat** ont vraiment eu une démarche authentiquement biomimétique lorsqu'ils ont étudié et emprunté à la théorie de la couleur de Chevreul et d'autres, et ont en fait mis en pratique artistique qui aboutira en fait à la synthèse additive qui est toujours en cours à l'ère numérique (RGB). Surat disait : « *Ils voient de la poésie dans ce que je fais. Non, j'applique ma méthode, c'est tout!* ».

Essayons de revenir au mot maintenant : l'étymologie est assez récente et vient d'une mise en théorie des démarches que je viens de citer par un américain : **Otto Schmitt** qui aurait forgé le néologisme anglais *biomimetics* (biomimétisme pour les francophones) pour décrire la notion de **transfert de processus de la biologie à la technologie**. Ce que j'ai retenu de ce monsieur Schmitt est qu'enfant, il avait adopté un loup, et donc qu'il faut apprécier la nature, au delà de ses préjugés, pour faire de la biomimétique !

Enfin, la définition complète du concept est donnée par Wikipédia, que je pourrai me permettre de lire: Le **biomimétisme** désigne un **processus d'innovation et une ingénierie**. Il s'inspire des formes, matières, propriétés, processus et fonctions **du vivant**. Il peut concerner des échelles très diverses, de l'atome à l'écosystème, et cherche ainsi des **solutions soutenables** produites par la nature, sélectionnées par de nombreuses espèces, éprouvées par **l'évolution** au sein de la **biosphère**.

**question** : Nos interlocuteurs lors du micro-trottoir n'ont pas réussi à nous citer des objets de la vie courante issus du biomimétisme. Est-ce que cette approche est si courante que cela finalement ? Quels exemples d'objets de la vie courante issus du biomimétisme pourriez-vous nous citer ?

C'est une question significative, qui de la part du public revient à questionner les chercheurs sur le « *A quoi ça sert tout ça ?* ». Généralement, le chercheur répond par son ADN : cela sert à **comprendre** ! (la nature, et tous ces objets biologiques bizarres étudiés par les tenants de la biomimétique). Mais au delà de cette boutade, il y a de nombreux exemples de la vie quotidienne dont on sait rarement qu'elles proviennent, au moins en partie, d'une pensée biomimétique. L'exemple le plus emblématique est le système d'adhésion du Velcro®, qui n'existait pas dans les sociétés humaines jusqu'au XX, et qui est du à un ingénieur suisse (De Mestral) qui a fini par regarder d'un peu près ses bas de pantalons quand il rentrait de promenades, et à y trouver des graines de badiane ; il en a étudié le mécanisme, l'a reproduit et en a déposé des brevets et marques : c'est un intéressant paradigme pour deux éléments :

**1 : pourquoi personne n'y avait pensé avant lui ?** Parce que personne ne s'était posé la question insignifiante : mais comment et pourquoi « ces petits trucs » s'accrochent toujours à nos basques... ? la question scientifique sous-jacente a trait à la **dispersion de la descendance**, la **sélection naturelle des formes**, et à la **biologie de l'adhésion**.

**2 : comment cela a-t-il été résolu ?** Par l'utilisation du Nylon (et pas du coton initial, qui ne fonctionnait pas).

Quand on cite le Velcro et donc **la Badiane**, on peut citer aussi : le **gecko**, encore un dispositif d'adhésion (et donc tous les dispositifs spiderman qui font rêver les gamins et les gamines), ou la feuille de **Lotus**, qui

Comment citer ce document :

Stadler, A. (Coordinateur), Rahbé, Y., Lequay, V. (Interviewé), Bel-Brunon, A. (Interviewé), David, L. (Interviewé), Alvarez Ramirez, R. (Metteur en scène), Canillas, R. (Metteur en scène), Denizot, A. (Intervieweur) (2018). De la nature à la technologie soutenable: le biomimétisme | Emission de radiol.

est un emblème de surface auto-nettoyante que tous les Saint-Gobain du monde essaie de copier pour construire des vitres qui ne se salissent pas (le rêve de toutes les ménagères de plus de 40 ans, n'est-ce pas ?).

Je vous propose d'enchaîner avec une question que l'on nous a posée au cours du micro-trottoir

**question** : Est-ce que le bioinspiré est limitée au monde vivant ? Peut-on s'inspirer des structures des minéraux ?

Oui, bien sur. C'est déjà une très bonne question, qui nous ramène toujours à des questions de sémantique : bio, c'est la biologie, donc la vie, le vivant, mais vous avez vu que dans ma première définition, j'ai plutôt cité « la nature ». C'est quoi la nature ? C'est ce qui existe ☺ !

Là encore, je vais renvoyer à la poésie, et à de magnifiques texte écrits par un auteur étonnant, **Roger Caillois, sur l'écriture des pierres**. C'est le titre d'un de ses recueils de poésie. La posture, c'est de « lire les pierres » (puisqu'elles ont littéralement écrit l'histoire de la terre), et de se poser des questions étonnantes à partir de ce matériau. Les agates notamment, qui l'ont fasciné comme tout un chacun. Il y a un paragraphe fantastique sur l'eau des pierres, qui illustre bien l'intérêt profond du questionnement biomimétique : pourquoi, comment un être ou une structure est créée ? Comment l'eau contenue dans certaines pierres s'est elle formée ? La réponse est complexe et pas si triviale que cela. Cela peut nous rappeler l'étonnement de tout un chacun quand il apprend que **la bosse du dromadaire**, qui est une bosse de graisse, est sa réserve d'eau, et qui nous ramène au concept assez important en physiologie, celui de l'eau métabolique : dans un animal ou une plante, on fait mieux de l'eau avec de la graisse qu'avec du sucre ☺. Peut-être cela sera t'il un jour utilisé par les marathoniens pour éviter le mur des 30 kilomètres ?

Pour être plus direct, savez-vous-combien il y a de façons de construire un dé parfait ? (un dé avec des faces égales et convexes ?). Il y en a cinq : 4,6,8,12,20. Et il y a deux façons de le montrer : comme Platon et les grecs, faire des mathématiques (ce sont les solides de Platon), ou **observer les pierres**.

S'inspirer des pucerons pour faire de la science ? On en parle après une pause musicale avec Grantchester Meadows de Pink Floyd.

Pause musicale : [Grantchester Meadows, Pink Floyd \(3min46\)](#)

## LE PUCERON 20min

Bienvenue si vous nous rejoignez, vous êtes dans l'émission Sciences pour tous sur radio brume, avec l'association DéMesures. Nous sommes en compagnie d'Yvan Rahbé et de Victor Lequay de afin de parler de biomimétisme. Dans cette partie de l'émission, nous vous proposons d'en apprendre davantage sur le biomimétisme appliqué au modèle du puceron ! Yvan je me tourne vers vous : pourquoi le puceron ?! **(5min)**

Bonjour, je suis donc biologiste, et je travaille à l'INRA, dans un département qui traite de Santé des Plantes. Pour répondre à cette question simple, pourquoi le puceron, je reprendrai la question « trottoir » de tout à l'heure : **A quoi ça sert ?**

Eh bien je répondrai que les pucerons sont pour les plantes l'équivalent de ce que sont les moustiques pour les plantes, à savoir : des emmerdeurs notoires. Pourquoi déjà, parce qu'ils leur transmettent tout un tas de maladies, notamment virales. Vous voyez a peu près l'impact que peut avoir dans les sociétés humaines, la question des maladies virales comme le *chikungunya* la *dengue* ou le *zika*, qui sont toutes transmises par des moustiques. A peu près tout le monde connaît maintenant le moustique tigre : eh

Comment citer ce document :

Stadler, A. (Coordinateur), Rahbé, Y., Lequay, V. (Interviewé), Bel-Brunon, A. (Interviewé), David, L. (Interviewé), Alvarez Ramirez, R. (Metteur en scène), Canillas, R. (Metteur en scène), Denizot, A. (Intervieweur) (2018). De la nature à la technologie soutenable: le biomimétisme | Emission de radiol.

bien, les pucerons, pour les maladies des plantes, c'est équivalent : ce sont des ou les vecteurs principaux de ces maladies. Il faut donc les combattre, et proposer des solutions pour en contraindre les populations, ou alors diminuer l'impact de leurs populations sur les maladies des plantes (c'est à dire sur la transmission). Pour cela, il faut les connaître. C'est là que le premier déclencheur a eu lieu : dans mon métier de chercheur « en agronomie », j'ai étudié l'adaptation des pucerons à leur plante, puis l'impact de gènes de résistance des plantes sur cette adaptation, puis enfin l'impact des bactéries symbiotiques qu'ils hébergent (la symbiose). Jusque-là, pas de biomimétisme. Mais au cours de ces recherches, j'ai rencontré des particularités étonnantes des pucerons (ils sont **parthénogénétiques**, donc **clonaux**, ils sont **vivipares**, ils sont « **variables** » ailés/non-ailés, sexués/non sexués etc...). Et il sont **parasites et furtifs**. C'est à dire que leur stratégie évolutive, à partir d'ancêtres **prédateurs** des plantes, en a fait des parasites qui s'alimentent sur leur plante hôte pendant des jours entiers sans que celle-ci les rejette ! (Soit dit en passant, au contraire des moustiques !). Comment ont ils réussi cela ? En partie grâce à un appareil piqueur ultra-sophistiqué, dont les études évolutives ont montré qu'il avait près de 300 millions d'années ! Par comparaison, celui des moustiques a environ 50 à 60 MY.

Eh bien, en étudiant cet appareil, avec parfois des techniques assez sophistiquées proches des électro-encéphalogrammes (vous imaginez un ECG de puceron !), nous nous sommes aperçu que ces stylets de pucerons avaient des propriétés extra-ordinaires : de souplesse, de précision mais aussi de simplicité ! Nous avons alors décidé, avec plusieurs collègues (Laurent David, Aline Bel-Brunon), d'utiliser les stylets de pucerons comme modèle de biomimétique. Vous allez en entendre parler un peu plus tard, avec Aline et Laurent. Du point de vue du biologiste, nous sommes allés les voir avec nos questionnements propres. Dans ce cas : D'une part **l'accrochage** très spécifique **des microbes** à la surface de ces stylets : c'est quelque chose qui nous intéresse en tant que biologistes, mais qui intéresse ceux qui fabriquent des implants médicaux par exemple : si un polymère pouvait retenir les médicaments, et ne pas retenir les microbes, ce serait intéressant ! L'accrochage des microbes : est l'une des voie suivies. D'autre part la mécanique des stylets : comment des pièces aussi simples arrivent elles à manœuvrer (à l'aide d'un si petit cerveau !), dans un terrain aussi complexe qu'un tissu de feuille de plante : cheminer, goûter, refuser, continuer et finalement trouver sa cible : cela peut être très complexe et pourtant cela marche presque à tous les coups... La **mécanique des stylets** est l'autre voie biomimétique que nous suivons. J'en profite pour dire que des collègues américains et japonais (des ingénieurs, pas des biologistes) en ont fait de même avec les stylets des moustiques : leur objectif biomimétique était différent : ils voulaient élaborer **des seringues avec un moindre impact traumatique** (qui faisaient moins mal !).

Je ne détaillerai pas ce travail mais j'en profite pour vous indiquer une ressource très intéressante sur le biomimétisme, qui est le **site web asknature** (verbecomplement anglais, en un seul mot). C'est une base de donnée : vous y tapez « seringue », et vous obtenez l'exemple du moustique, avec les publications et une fiche synthétique du modèle. Vous tapez « insect » et vous aurez plus d'une centaine d'exemples, organisés selon une belle *ontologie* du biomimétisme...

Et si vous êtes plus spécifiquement intéressés par les insectes comme moi, vous avez également une très belle ressource pédagogique américaine qui s'appelle *insectsdiditfirst...*

Elle illustre un des fondements de la biomimétique : la **profondeur évolutive**

C'est le principe majeur de **l'impératif de durabilité** que la plupart des gens assignent au bio-mimétisme : l'adoption de solutions durables.

Aline Bel-Brunon, maître de conférence à l'INSA de Lyon n'a pas pu être présente au cours de l'émission.

Aline a étudié l'ingénierie mécanique à l'INSA et à l'ENS, puis s'est orienté dans la recherche en biomécanique. Elle travaille aujourd'hui dans un laboratoire de mécanique des solides, le LAMCOS, où elle fait de la biomécanique des tissus mous.

Comment citer ce document :

Stadler, A. (Coordinateur), Rahbé, Y., Lequay, V. (Interviewé), Bel-Brunon, A. (Interviewé), David, L. (Interviewé), Alvarez Ramirez, R. (Metteur en scène), Canillas, R. (Metteur en scène), Denizot, A. (Intervieweur) (2018). De la nature à la technologie soutenable: le biomimétisme | Emission de radiol.

Nous avons enregistré ses réponses à nos questions.

Aline Bel-Brunon a commencé par se présenter [aline1.mp3](#)

Elle nous a ensuite expliqué pourquoi elle a choisi de travailler sur le puceron [aline2.mp3](#)

Quelles applications en bio-mimétisme ? [aline3.mp3](#)

Laurent David, professeur des universités à l'université Claude Bernard Lyon 1.

Laurent a une formation généraliste en ingénierie (Centrale Lyon), mais a choisi tout comme Aline de s'orienter dans la recherche. Il s'est spécialisé dans l'étude structurale des polymères, en particulier dans les polymères du monde vivant. Un polymère est un composé résultant de l'assemblage d'un grand nombre de molécules, qui peuvent être identiques ou non.

Comme avec Aline, nous avons enregistré ses réponses à nos questions.

Il nous a tout d'abord présenté sa vision du biomimétisme.

[vision biomimétisme Laurent](#)

-> remarques éventuelles dans l'assemblée

Laurent David s'est tout d'abord présenté et nous a donné sa définition du biomimétisme

[laurent1.mp3](#)

Fabriquer des stylets ou cuticules artificiels ? Pourquoi ? Comment ?

[laurent2.mp3](#)

Fluides pour lubrifier l'articulation -> quel rapport avec le puceron ?

[laurent3.mp3](#)

Merci à Laurent et Aline pour nous avoir renseignés sur leurs sujets d'étude !

Vous vous demandez comment des algorithmes informatiques peuvent être bioinspirés eux aussi ? Alors restez avec nous, on revient après une pause musicale avec l'envoutant trio Gogo Penguin !

Pause musicale : [Gogo penguin, Raven \(5min\)](#)

## INFORMATIQUE BIO-INSPIRÉE 15min

Bienvenue si vous nous rejoignez, vous êtes dans l'émission Sciences pour tous sur radio brume, avec l'association DéMesures. Nous sommes en compagnie d'Yvan Rahbé et de Victor Lequay afin de parler de biomimétisme.

[Extrait micro-trottoir sur algos génétiques et neural networks](#)

question: Les deux extraits du micro-trottoir que nous venons d'entendre nous parlent d'informatique bioinspirée. En quoi cela consiste ?

- Comme pour le reste, s'inspirer des méthodes éprouvées par la nature pour résoudre des problèmes complexes.
- Trois grandes catégories connues : les réseaux de neurones, les algorithmes génétiques et les systèmes multi-agents.

question : Ca existe depuis longtemps ?

question : Exemples ?

Comment citer ce document :

Stadler, A. (Coordinateur), Rahbé, Y., Lequay, V. (Interviewé), Bel-Brunon, A. (Interviewé), David, L. (Interviewé), Alvarez Ramirez, R. (Metteur en scène), Canillas, R. (Metteur en scène), Denizot, A. (Intervieweur) (2018). De la nature à la technologie soutenable: le biomimétisme | Emission de radiol.

Nous avons vu plusieurs applications possibles du biomimétisme et vous proposons de conclure avec une question que l'on nous a posée au cours du micro-trottoir qui nous semble pertinente:

Exemples d'utilisation du biomimétisme pour des « trucs écologiques » ?

Plus complexe : i) on peut attendre des propriétés de durabilité par nature, puisque les solutions ont été éprouvées par l'évolution et la sélection naturelle, donc optimisées à certains titres ; mais il y a aussi la bioinspiration pour des projets plus complexes a fort impact écologique, comme la construction (architecture) ou l'urbanisme. Exemple des termitières : conception des circulations de fluides, et « ingénierie distribuée » (comportement social et donc collectif de construction).

## CONCLUSION

En recherche d'inspiration ? Envie d'innover ? La nature qui nous entoure est une source d'inspiration qui semble inépuisable ! Au cours de cette émission, nous vous avons présenté des chercheurs innovant à partir de l'étude du puceron ainsi que des modèles informatiques mimant des phénomènes biologiques. Je ne sais pas ce qu'il en est pour vous, mais je ne regarderai plus jamais les pucerons dans mon jardin de la même façon ;)

Merci à Yvan Rahbé et Victor Lequay pour ces discussions passionnantes sur le biomimétisme et merci à vous de nous avoir écoutés. Cette émission de Sciences pour tous touche à sa fin, merci de l'avoir suivie ! Merci à Rafael Lorenzo au son. Merci enfin à Rémi Canillas d'avoir effectué le micro-trottoir et à Adrien Stadler d'avoir organisé cette émission avec moi. Vous pourrez retrouver le podcast de l'émission ainsi que les références citées par nos invités sur le site internet de Sciences pour Tous ainsi que sur celui de DéMesures. C'était la dernière émission animée par DéMesures, on espère que ces émissions vous auront plu ! N'hésitez pas à nous suivre sur les réseaux sociaux si vous voulez continuer à suivre nos aventures !

Le mois prochain c'est Cléo Schweyer qui reprend les commandes de l'émission et d'ici là portez vous bien !

Comment citer ce document :

Stadler, A. (Coordinateur), Rahbé, Y., Lequay, V. (Interviewé), Bel-Brunon, A. (Interviewé), David, L. (Interviewé), Alvarez Ramirez, R. (Metteur en scène), Canillas, R. (Metteur en scène), Denizot, A. (Intervieweur) (2018). De la nature à la technologie soutenable: le biomimétisme | Emission de radiol.