

BIODIVERSITÉ : LA SAUVEGARDER, S'EN INSPIRER

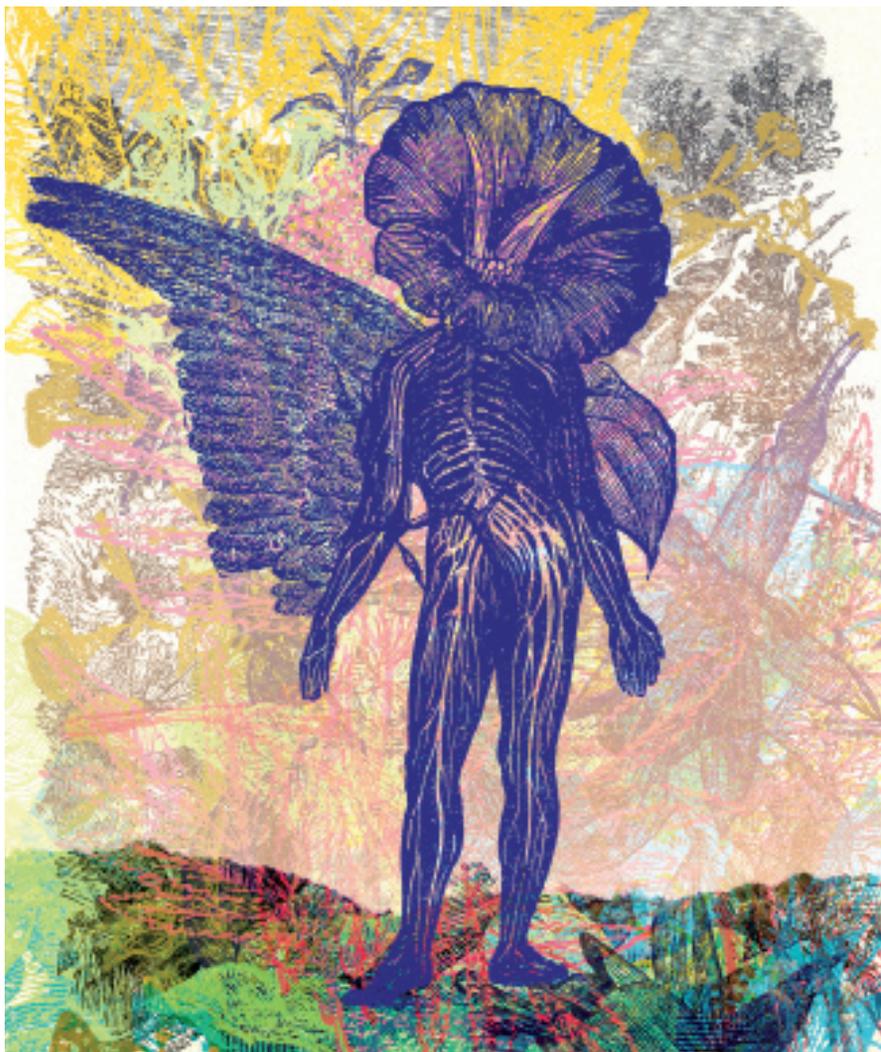
Atténuer et rationaliser notre impact sur la nature passe par le développement de technologies directement inspirées par le comportement et l'anatomie de certaines espèces.

GILLES BŒUF

Biologiste, ancien directeur du Muséum d'histoire naturelle, professeur à l'université Pierre-et-Marie-Curie, il est chercheur au Laboratoire Arago à Banyuls-sur-mer et président du Conseil scientifique de l'Agence française pour la biodiversité.

Qu'est-ce que la biodiversité et pourquoi s'en préoccuper beaucoup plus ? Parce que, si nous ne vivons pas la fin du monde (il « tournera » encore bien longtemps), nous sommes les spectateurs et les acteurs de la fin « d'un » monde, d'un monde dont le développement n'est plus soutenable. Nous parlons sans cesse « d'adaptation », adaptation indispensable si nous voulons survivre harmonieusement dans un univers si changeant et surtout changeant si rapidement, en accélération constante. Mais pour s'adapter il faut impérativement accepter de changer ! Aucune espèce ne s'est jamais adaptée à quelque changement que ce soit, sans changer ! Sinon, la reconduction de ce que nous avons toujours fait a démontré ses limites et surtout nous a amenés à la situation actuelle, géopolitique, sociale et environnementale.

La loi d'août 2016 « *Reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages* », et le « *Plan pour la biodiversité* » annoncé en mai 2018 sont là pour nous aider à développer



une réelle « culture de l'impact » des projets de développement ou d'aménagement sur la biodiversité.

Qu'est-ce que la biodiversité ?

Le terme « *biodiversité* » a été créé en 1985 par des écologues de la conservation de la nature aux États-Unis mais n'est sorti du sérail des laboratoires qu'à la Conférence de Rio en 1992. Il ne s'agit pas, comme on le dit souvent, de la seule liste d'espèces peuplant un écosystème identifié, marin ou continental : beaucoup plus qu'un inventaire ou un catalogue, elle recouvre tout l'ensemble des interactions établies entre tous les êtres vivants, entre eux, et avec leur environnement. C'est en fait toute la fraction vivante de la nature ! Nous y sommes profondément immergés puisqu'un corps humain contient, sur lui et dans lui, au moins autant de bactéries que de cellules humaines. Un bébé humain à la naissance c'est aussi 75 % d'eau, et voici pourquoi les interactions vie/eau sont si étroites sur la Terre, toutes les cellules vivantes étant constituées d'eau liquide. La biodiversité est donc tout l'ensemble du vivant (virus, bactéries, protistes, champignons, plantes et animaux), organisé en écosystèmes, intimement plongé dans la nature (incluant à la fois géo- et bio-diversités) et, sous l'action de l'humain, ayant amené à ces paysages d'aujourd'hui.

Destruction...

La biodiversité est fortement affectée par la destruction des écosystèmes, la déforestation tropicale en constituant l'un des exemples les plus flagrants : l'équivalent du quart de la surface de la France part ainsi chaque année ! Les forêts tropicales, une immense richesse en espèces, sont en train de disparaître. Près de la moitié des espèces vivantes décrites aujourd'hui (un peu plus de 2 millions) y vivent. Et le changement climatique n'arrange pas les choses : la tendance est à de plus en plus d'épisodes violents de précipitations en très peu de temps, suivis de longues périodes de sécheresse. Si le changement climatique affecte profondément la biodiversité, celle-ci en retour, dans le cas de la forêt tropicale, sans évapo-transpiration, affecte profondément le climat : les arbres savent « *faire pleuvoir* » ! Déforestation et désertification avancent de pair. L'agriculture a besoin d'eau et le changement climatique est particulièrement préoccupant en Afrique australe ou en Amérique latine australe actuellement, tant pour des raisons agricoles qu'énergétiques

(hydroélectricité problématique). En mer, la surpêche peut aussi affecter localement le climat quand les captures dépassent largement le seuil de « *renouvelabilité* » des populations de poissons pélagiques (maquereau, chinchard, sardine, anchois, sprat...) Disparues, celles-ci ne peuvent plus alimenter les baleines, les poissons de « *bout de chaîne* » (les thons par exemple) et les oiseaux marins. Et le zooplancton « *explose* », il n'est plus prédaté, et on assiste alors à un effondrement du phytoplancton, clé dans la capacité de l'océan à fixer le CO² : la boucle est bouclée ! L'océan en fixe 26 % aujourd'hui. L'artificialisation des sols est aussi un autre problème considérable, les villes en France s'étendant de plus en plus (l'équivalent de la superficie d'un département français tous les 7 ans) et consommant de la « *bonne terre agricole* », ainsi que certains types d'agriculture intensive ayant détruit la fertilité des sols.

Un autre milieu très sujet à la destruction est le littoral, ce fragile et étroit contact entre l'océan et le continent : plus de la moitié des humains y habitent aujourd'hui et la quasi-totalité des grandes métropoles du monde y sont implantées. La vie est passée par là pour sortir de l'océan, il y a des centaines de millions d'années, et nous devons réfléchir bien davantage aux développements d'aménagements. C'est d'ailleurs la seule partie de l'océan que nous pouvons détruire !

Pollution, surexploitation...

Par contre, cet océan, nous pouvons le polluer et nous ne nous en privons pas, ce qui est réellement catastrophique : l'océan est même pollué là où l'humain n'est pas (centre du Pacifique, avec une acidification très forte de l'eau ; mers polaires...) ! Matières plastiques, produits chimiques de synthèse dont ces redoutables perturbateurs endocriniens, pesticides, insecticides, métaux lourds, produits divers, terminent dans l'océan *via* les fleuves, les estuaires et le littoral : cette pollution est la véritable plaie de nos civilisations. Avant que l'humain ne développe ses connaissances et ses technologies, les polluants n'existaient pas sur la Terre. Ces « *continents de plastique* » (qui ne sont pas des « *continents* », mais des accumulations de micro-fragments) sont au nombre de 5, et grands, chacun, comme 2 à 6 fois la France !

Un autre aspect est la surexploitation des populations sauvages, surtout plantes ou animaux : la biodiversité a une fabuleuse caractéristique, elle sait se renouveler ! >>

>> Donc «*exploiter intelligemment*» s'avère une excellente activité pour l'humanité, mais, pour qu'elle soit soutenable, il faut une exploitation raisonnée et rationnelle, compatible avec la durabilité, plutôt que les délétères surexploitations des stocks d'aujourd'hui. J'ai déjà parlé de la forêt, je pourrais ici citer la surexploitation des stocks de pêche : si la situation s'améliore en Europe, il persiste des pratiques inacceptables dans le monde. L'effondrement de la population de la morue de Terre Neuve il y a 25 ans est emblématique, après 500 années d'harmonie entre humains et poissons. La encore, les mesures à prendre sont connues, et à mettre en exergue avec les pêcheurs.

Migrations anarchiques

Un autre aspect moins connu du public est la dissémination anarchique d'espèces vivantes sur tous les coins de la planète. En mer, un des problèmes essentiels est le ballastage des grands navires qui libèrent partout des organismes planctoniques pouvant, à terme, se révéler très délétères pour l'environnement : l'exemple de ces micro-méduses, proliférant en mer Noire en 1980 et engloutissant 40 000 tonnes d'anchois, est dans toutes les mémoires. Les occurrences accrues de phénomènes d'efflorescences toxiques, les fameuses «*marées rouges*»,

La situation demande une forte atténuation, voire à terme plus long, un arrêt des émissions des gaz à effets de serre et un développement sans précédent des divers types d'énergies renouvelables, mais aussi la mise en place de mesures d'adaptation des populations. Quand le climat change pour tout le vivant, il oblige les espèces mobiles à partir vers le nord dans l'hémisphère nord, l'inverse dans l'hémisphère sud. Les populations de poissons et les oiseaux migrent, les insectes volants de même. Tous les problèmes de désynchronisation sont posés, les proies allant plus vite que leurs prédateurs ou l'inverse. Et tout ceci se soldera toujours par des migrations, y compris bien entendu des humains eux-mêmes, obligés à partir parce que leur environnement quotidien deviendra invivable. Et nous, nous devons aider les peuples de l'Afrique à se développer harmonieusement dans leurs territoires.

Sciences participatives et bio-inspiration

Il est grand temps de réagir ! Parmi ces réactions possibles, il nous faut insister sur plusieurs aspects, à la fois spirituels et techniques. En tout premier lieu, comment acquérir une conscience individuelle, humanitaire et planétaire et développer cette culture de l'impact à laquelle je faisais référence.

Sur les points plus «*techniques*» j'en vois deux aujourd'hui en fort cours de développement, d'une part les sciences citoyennes et participatives et le bio-mimétisme et la bio-inspiration d'autre part. Pour le premier, cela a démarré aux États-Unis au début du XX^e siècle (les *citizen sciences*) et s'est développé ensuite partout dans les démocraties, par exemple les programmes «*Vigie Nature*» et «*60 millions d'observateurs*» du Muséum national d'histoire naturelle en France. Citoyens très divers et scientifiques, d'organismes de recherche et des universités, s'associent pour produire de la donnée (*big data*), la synthétiser, l'analyser et en déduire de bien meilleurs systèmes de gestion de nos environnements. Les «*citoyens*» apportent ainsi de précieuses informations au laboratoire de recherche, qui en retour, doit une restitution rigoureuse de ce qui a été fait et publié.

Le second point, sur lequel nous terminerons, correspond au bio-mimétisme et à la bio-information. La bio-inspiration est une approche consistant à étudier la nature sous toutes ses formes, animaux, plantes, micro-organismes, écosystèmes, et à en tirer des développements technologiques : on s'en inspire alors afin de

De nouvelles espèces se développent tous les jours et entrent en compétition avec les faunes et flores locales.

y sont aussi souvent liées. La prolifération des sargasses, les épisodes de caulerpes en Méditerranée, l'invasion du poisson-lion aux Antilles sont préoccupantes. Sur les continents, les espèces invasives sont aussi légion : le *Miconia*, à Tahiti, la jacinthe d'eau, les jussies et séneçons du Cap en France, l'ambrosie... De nouvelles espèces se développent tous les jours dans des environnements nouveaux et entrent en compétition avec les faunes et flores locales. Les cas du charançon rouge en ce moment sur les palmiers du sud de la France, du frelon asiatique, le problème de l'écrevisse américaine, du vison américain... sont bien connus.

Et, enfin, nous l'avons vu en détail durant la COP21, le climat change trop vite, et nul aujourd'hui ne conteste l'influence des activités humaines dans ces événements.

concevoir des matériaux, des procédés, ou des stratégies novateurs au service de l'humain, moins polluants, moins consommateurs d'énergie, recyclables, plus sûrs, de meilleure qualité et à moindre coût. La nature optimise et fait tout avec parcimonie. Nous avons créé à Senlis le Centre européen d'excellence en bio-mimétisme (CEEBIOS), en charge, en France, de la stimulation de ces activités, de la diffusion des informations, de l'éducation et de la mise en relations entre les partenaires, chercheurs, ingénieurs, organismes, entreprises, ONG... Prenant pour support d'analyse le monde vivant, la biomimétique traduit, par un effort d'abstraction, les modèles biologiques analysés en concepts techniques ou développements industriels. Il s'agit donc par construction d'une démarche interdisciplinaire sollicitant sciences fondamentales et sciences de l'ingénieur. Cette démarche n'est pas du tout une nouvelle science ou une nouvelle discipline mais plutôt une méthodologie ou mieux une approche transversale, voire une « philosophie », applicable dans nombre de domaines scientifiques et techniques et susceptible d'apporter des « réponses » aux questions techniques ou organisationnelles que l'on se pose aujourd'hui, pour ou hors du vivant (voir encadré). Quand on parle de bio-inspiration, il est important de rappeler l'incroyable résistance et résilience du monde vivant, résilience dont on gagnerait sans doute à s'inspirer davantage. Ce vivant a traversé pas moins de 60 crises d'extinction des espèces, dont cinq crises majeures, au cours des 600 derniers millions d'années et s'en est toujours sorti !

La démarche biomimétique en recherche et développement sous-entend de nous réapproprier le monde du vivant, de nous inspirer des formes, des relations, des matériaux, des mécanismes offerts par son « génie ». C'est une démarche qui suppose humilité, partage et respect, valeurs sans lesquelles l'avenir de l'humanité sera bien sombre. Comment allons-nous appliquer et utiliser ces nouvelles technologies qui se dessinent ? Pourquoi pas en passant durant ce XXI^e siècle de *faber à sapiens* ? ∞

Quelques références :

- Gilles Boeuf. *Biodiversité, de l'océan à la cité. Leçons inaugurales du Collège de France*, Collège de France/Fayard, 2014.
- Karine-Lou Matignon (Dir.). *Révolutions animales (Les Liens qui libèrent)*, 2016).

Ce que l'humain invente par la bio-inspiration

L'observation de la nature permet le développement de technologies aussi utiles à l'humain que respectueuses de la biodiversité. Les exemples abondent : la fixation dite « scratch » grâce à l'observation de la capacité des graines de la bardane à se fixer (et à se détacher, ce sont des crochets réversibles !) sur les poils d'animaux (invention du suisse G. de Mestral) ; les microstructures de la feuille de lotus la rendant non « mouillable », et une inspiration pour des vitres, des essuie-glaces et des peintures d'intérieur ; l'adhérence naturelle des pattes de gecko sur une surface très lisse et au plafond grâce aux forces de Van der Waals (de nature électrostatique) développées par des millions de petits poils contrebalançant les effets de la pesanteur sur le poids du lézard ; la capacité de *Stenocara gracilipes*, un petit coléoptère ténébrionide noir du désert de Namibie qui se « fabrique » chaque matin « sa » goutte d'eau nécessaire à sa survie dans un tel environnement (50 °C dans la journée et jamais de pluie !), processus rendu possible grâce à des structures sur les élytres et ayant inspiré le village de Chungungo dans l'Atacama au Chili, pour obtenir de l'eau là où il ne pleut jamais ; l'étude des techniques de ventilation des termitières qui a inspiré l'immeuble *Eastgate Building* au Zimbabwe, qui autorégule air et température ; l'usage des protéines anti-gel de poissons polaires pour préserver les plaquettes sanguines humaines en conservation dans l'azote liquide ou des graines et semences dans des sols gelés ; le train japonais Shinkansen qui allie vitesse (forme en tête de martin-pêcheur) et silence (ailes dentelées du hibou) en ayant été inspiré de formes naturelles ; des biomatériaux (bétons compostables) inspirés des éponges, du verre produit à température ambiante grâce à des diatomées, des bétons très légers et très résistants, alliant souplesse de déformation, légèreté et résistance des exosquelettes des arthropodes... et nous pourrions comme cela continuer longtemps ! Jamais nos avions (depuis 150 ans) n'auraient pu voler sans l'étude des oiseaux qui, eux, le font depuis 150... millions d'années !

G.B.