

mardi 17 janvier 2017
DIJON

ACTES
de conférences et
tables rondes

**BIO
MIMÉTISME**

The graphic design features the word 'BIO' in large green letters with a water droplet texture, and 'MIMÉTISME' in similar green letters with a honeycomb texture. A dragonfly is positioned behind the text, with its wings and body integrated into the design. A network diagram with black lines and yellow nodes is overlaid on the honeycomb pattern.

L'INNOVATION NATURE !

Table des matières

Discours d'ouverture du matin	3
Stéphane Woynaroski Jean-Patrick Masson Florence Laubier Henry Duchemin	
Conférences	7
Philippe Bihoux : quelle innovation dans un monde contraint en ressources ? Emmanuel Delannoy : le biomimétisme, pour réconcilier économie et écologie	
Pourquoi et comment favoriser l'approche biomimétique ?	20
Thibault Prévost Kalina Raskin Louis-Albert de Broglie Stéphane Woynaroski Emmanuel Delannoy	
Discours d'ouverture de l'après-midi	32
Myriam Normand	
Les écosystèmes, source d'inspiration et de solutions pour l'industrie	33
Emmanuel Delannoy Ludovic Perridy Jean-Michel Scheuren	
Biomimétisme et architecture	39
Estelle Cruz Marine Jacques-Leflaive Iswann Ali Benali	
Clôture	50
Louis-Albert de Broglie, dit « le Prince Jardinier »	

Discours d'ouverture du matin

Stéphane WOYNAROSKI

Conseiller régional délégué à la biodiversité

Permettez-moi de vous souhaiter la bienvenue au nom de la Présidente de la Région Bourgogne-Franche-Comté. Nous sommes réunis pour la neuvième fois à l'initiative d'Alterre Bourgogne-Franche-Comté pour une journée de conférences, de débats et d'échanges sur le thème du biomimétisme.

Je remercie très chaleureusement les équipes d'Alterre pour l'organisation de cette journée. Je salue son Président, Jean-Patrick MASSON, et sa Directrice, Nadège AUSTIN. Cette journée représente pour moi l'occasion de rappeler la très étroite et fructueuse collaboration entre Alterre et le Conseil régional, sur la Stratégie Régionale de la Biodiversité, l'Observatoire Régional de la Biodiversité, le Schéma Régional de Cohérence Ecologique, et sur bien d'autres sujets. Cette collaboration a été initiée par le Conseil régional de Bourgogne et se poursuit aujourd'hui en Bourgogne-Franche-Comté.

Initiées en 2008, ces journées ont permis d'aborder des thèmes nouveaux qui représentent des enjeux environnementaux importants pour notre société. Ces conférences sont un temps de pause dans le rythme dense de nos agendas respectifs. Elles sont l'occasion de découvrir des sujets d'étude passionnants, de « sortir la tête du guidon », d'amorcer une réflexion globale sur une thématique, en prenant en compte les aspects environnementaux, économiques et sociaux y afférant.

Cette année, Alterre a donc choisi de consacrer cette rencontre au biomimétisme. Cette notion ne m'est pas totalement inconnue, mais j'apporterai ma contribution à la table ronde intitulée « *Pourquoi et comment favoriser l'approche biomimétique ?* » avec beaucoup de modestie.

Le biomimétisme constitue un thème de réflexion récent, innovant et intéressant, surtout lorsqu'on cherche à développer des modes de fonctionnement qui ne gaspillent pas inconsidérément les ressources naturelles, ne pillent pas certaines régions au profit des autres, ne dégradent par l'air que nous respirons et l'eau dont nous avons besoin pour vivre, n'entraînent pas une extinction des espèces à un rythme effréné. Le biomimétisme peut nous aider, au contraire, à instaurer des modes de fonctionnement soutenable, tendant à limiter autant que faire se peut le changement climatique, n'obérant pas l'avenir et permettant, ici et maintenant, de répondre à nos besoins.

Ainsi nous, êtres humains, Homo sapiens, espèce parmi les millions d'autres sur cette planète, serions bien inspirés d'observer la nature pour trouver un modèle de développement qui nous permettrait d'ancrer durablement le fonctionnement de l'humanité dans la biosphère dont nous faisons partie, et dans laquelle nous ne sommes que d'infimes poussières.

L'espèce humaine, par définition formée d'êtres vivants, a donc tout intérêt pour préserver son avenir, à s'inspirer des autres êtres vivants – dont certains sont présents depuis beaucoup plus longtemps que nous sur cette planète – et des relations qu'ils établissent au sein des écosystèmes.

La vie qui s'inspire de la vie pour préserver la vie... Ce sujet s'avère vertigineux et passionnant.

Je souhaite vous faire part d'une anecdote : je suis sollicité, comme l'ensemble de mes collègues en ce moment, pour participer aux traditionnelles cérémonies de vœux et cette année, j'ai choisi de formuler



des vœux pour notre planète. Je pensais que l'auditoire y prêterait peu d'intérêt et je me trompais, car il ne s'est pas passé une seule cérémonie sans que l'on vienne me voir en me félicitant d'avoir parlé de l'environnement, de la planète Terre et de l'avenir de l'humanité.

L'intérêt des citoyens pour ces questions est donc de plus en plus important ; même si certains sujets semblent encore complexes et difficiles à saisir, ils sentent bien que quelque chose se passe et que nous ne pouvons plus continuer comme avant. Il n'est pas simple de changer les mentalités, les comportements, mais qui a dit que nous aspirions au repos ? Alors merci à Alterre de nous stimuler, de nous forcer à innover avec la nature, avec le biomimétisme, avec la vie – la vie qui innove, la vie source d'inspiration, la vie qui depuis près de quatre milliards d'années évolue et perdure sur Terre.

Je conclurai cette introduction par une citation de Louis Aragon que j'aime particulièrement et qui je le pense, prend tout son sens en ce jour : « *rien, moins que rien, pourtant la vie* ».

Jean-Patrick MASSON

Président d'Alterre Bourgogne-Franche-Comté

Bonjour à toutes et à tous, et merci de votre présence. Comme l'a dit Stéphane Woynaroski, le biomimétisme constitue un sujet important. Lorsque nous choisissons nos sujets chaque année, nous essayons de travailler tels des têtes chercheuses, c'est-à-dire à aller le plus loin possible sur un sujet qui nous paraît important.

Cette année, nous avons choisi le thème du biomimétisme – néologisme à la fois complexe et prometteur. Ce thème nous permet de nous adresser aux décideurs et aux acteurs du territoire – les institutions d'Etat, les collectivités ou les organismes privés. Il se décline dans le domaine de l'éducation comme chacune de ces journées ; celles-ci ont effectivement vocation à porter une vision de la société, basée sur des principes d'éducation. Nous publions d'ailleurs les actes de ces échanges sur le site d'Alterre afin d'en diffuser le contenu. Un numéro de Repères est par ailleurs consacré à ces journées.

A travers le biomimétisme, nous cherchons à changer de paradigme. Ce changement s'inscrit dans la démarche elle-même, car depuis fort longtemps, nous nous sommes éloignés du « modèle naturel » pour un modèle « au fil de l'eau », c'est à dire construit progressivement sans plus s'interroger sur le modèle des biosystèmes. Nous sommes confrontés actuellement à une opposition plus ou moins marquée entre un fonctionnement systémique et le fonctionnement linéaire qui régit la plupart de nos préoccupations telles que l'industrie, l'agriculture ou l'aménagement urbain. Nous vous proposons donc en ce jour de travailler à la réconciliation de ces logiques à travers le modèle de la biosphère dans sa complexité, sa complémentarité et sa transversalité de fonctionnement.

Nous devons avoir une vision globale et systémique de notre société ainsi qu'une approche la plus large possible, afin de n'en exclure aucun élément, de n'en oublier aucun des acteurs, et innover en nous inspirant du vivant grâce à la recherche. S'inspirer du fonctionnement d'un écosystème signifie comprendre les relations entre les espèces, d'où la nécessité dans nos pratiques d'observer notre propre écosystème et de nous en inspirer. Tel est le cahier des charges qui nous permettra de construire une stratégie durable dans nos fonctionnements socio-économiques. La soutenabilité et la durabilité de nos fonctionnements constituent pour nous des enjeux majeurs. Il existe en effet un lien étroit entre la façon dont notre système industriel fonctionne et la qualité de l'air que nous respirons.



Nous devons donc changer de paradigme afin d'interroger nos fonctionnements industriels. Nous pouvons également nous pencher sur la question des flux d'énergie et des matériaux sur nos territoires et relocaliser les sources d'énergie, envisager une économie circulaire. Nous recherchons à la fois une certaine harmonie ainsi qu'une gestion optimale des systèmes.

Le biomimétisme peut donc s'avérer un moteur très puissant pour nos sociétés, pour les citoyens, pour les aspects économiques évoqués précédemment, pour analyser et remettre en question nos organisations urbaines. À ce jour, les différents acteurs et professionnels observent la société et procèdent à des choix. Nous leur proposons donc de réfléchir à leur cahier des charges et d'élaborer des solutions nouvelles, économes et durables, et de créer des sociétés respectueuses de la biodiversité et de l'être humain en général.

Nos intervenants ne manqueront pas de vous éclairer sur ces sujets. Je vous souhaite une excellente journée. Je remercie l'équipe d'Alterre, le Conseil régional qui nous accueille, Emmanuel Delannoy et Kalina Raskin pour leur soutien enthousiaste ainsi que tous les intervenants, qui, j'en suis sûr, ne manqueront pas d'enrichir cette journée.

Florence LAUBIER

*Directrice régionale adjointe, DREAL
Bourgogne-Franche-Comté*

À mon tour de remercier chaleureusement Alterre pour l'organisation de ces conférences annuelles, pour la qualité de ces journées et des intervenants qui y sont conviés. J'y participe pour la troisième fois et m'en réjouis. Ce temps nous permet en effet de prendre de la distance par rapport aux problématiques environnementales et de créer des liens. J'ai suivi la conférence de 2015 intitulée « *Décider aujourd'hui pour demain* » ainsi que celle de 2016, consacrée aux inégalités sociales, environnementales et territoriales. Or il me semble qu'il est possible de lier ces sujets à celui du biomimétisme.

Le biomimétisme consiste à imiter les propriétés remarquables du vivant – formes, procédés biologiques, écosystèmes et relations entre ces écosystèmes. L'exposition présentée à l'entrée de cette salle illustre cette démarche. Nous connaissons bien sûr la combinaison de plongée qui s'inspire des propriétés hydrodynamiques de la peau du requin, ou encore le TGV japonais dont le profil est inspiré du profil aérodynamique du martin-pêcheur... Nous constatons à travers ces exemples que le biomimétisme est une source d'innovation potentielle très importante. Nous pouvons également nous inspirer du vivant pour transposer des processus favorables à un développement durable. La nature tire son énergie du soleil. Les procédés biologiques de production de la matière s'effectuent à pression et à température naturelle et consomment peu d'énergie. Les déchets sont recyclés. Ces procédés sont ainsi très intéressants dans un contexte de développement durable, en réponse à la raréfaction de nos ressources. Par exemple, en utilisant l'odorat du chien, plusieurs millions de fois plus puissant que celui de l'Homme, nous avons l'espoir de mettre au point des techniques de détection des cancers. Il s'agit là d'une méthode reproductible, peu onéreuse et non invasive. Nous pouvons donc innover au-delà de notre imagination en nous inspirant du vivant.

En travaillant sur les écosystèmes et les interactions entre les êtres vivants, nous pouvons élargir davantage le champ des possibles – par exemple dans le domaine de l'aquaculture, où il est possible de reproduire des écosystèmes qui fournissent naturellement, et sans apport, l'alimentation nécessaire à l'espèce élevée. Cette réponse s'avère très intéressante également sur les plans économique et



social pour des populations qui ne peuvent pas acheter d'intrants, mais qui possèdent en revanche la terre, cas des bas-fonds humides en Afrique tropicale par exemple.

Le biomimétisme offre donc une source infinie de solutions pour s'adapter au changement. Mais pour que la nature demeure un gisement d'innovation, nous devons la protéger. Tel est l'objectif de la loi de reconquête de la biodiversité et des paysages qui a été récemment adoptée, et qui porte en elle des principes très forts, tel que celui de solidarité écologique, selon lequel les activités humaines ne pourront se maintenir que si nous préservons la biodiversité. Ce principe se retrouve dans le biomimétisme. Cette loi dit également que le droit de l'environnement doit continuer à progresser et que nos projets ne peuvent plus désormais conduire à une perte de biodiversité. Enfin, la loi crée l'Agence française pour la biodiversité qui aura pour mission de soutenir les filières de la croissance verte et bleue dans les domaines de la biodiversité, en particulier celle du génie écologique et du biomimétisme.

Le biomimétisme porte donc de nombreuses réponses pour l'avenir, mais cela suppose effectivement de changer de paradigme. Lorsque nous étudions un projet aujourd'hui, nous examinons son impact sur l'environnement, comment le porteur de projet mesure cet impact, et quelle est sa démarche pour l'éviter, le réduire ou le compenser. Nous pouvons aussi, très en amont, intégrer dans nos créations tout ce que le vivant peut apporter de positif au développement durable.

J'attends beaucoup de cette réflexion et vous souhaite des échanges enrichissants.

Henry DUCHEMIN

Sociologue et apiculteur, animateur de la journée

Bonjour et bienvenue à vous qui êtes venus consacrer un temps pour réfléchir et certainement pour agir dans la logique du biomimétisme. Je suis chargé d'animer cette journée et de faire les liens entre les différents intervenants et le public – il s'agit là d'une logique systémique. Je viens du monde de l'entreprise, mais également de l'apiculture, et je compare souvent l'organisation humaine aux organisations biologiques, et notamment à celle, magnifique, des abeilles à miel.

J'ai grand plaisir à participer à cette journée, car je me rappelle les parties de chasse aux papillons de mon enfance, à la Combe à la serpent non loin de Dijon – la chasse aux papillons comme dans la chanson de Brassens aussi... Plus sérieusement, nous passerons cette journée à réfléchir sur le biomimétisme, à le définir, à le comprendre et à en mesurer les potentialités en vue de transformer notre monde, nos pratiques et notre humanité.

Le mimétisme est une stratégie adaptative d'imitation. Je me rappelle lors d'une promenade en forêt, avoir après de longues minutes d'observation, fini par discerner un hibou moyen duc dissimulé contre le tronc d'un arbre, totalement fondu dans son environnement. Telle était sa solution remarquable pour se protéger des prédateurs.

Le biomimétisme témoigne d'une logique adaptative. Cette notion se trouvera, me semble-t-il, au cœur des débats de ce jour.

Plusieurs intervenants se succéderont ce matin afin de nous éclairer sur cette notion de biomimétisme, puis se tiendra une table ronde. Vous serez ensuite invités à prendre la parole et à interagir avec les intervenants.



Philippe Bihoux est consultant et ingénieur, spécialiste des ressources non renouvelables, et auteur de plusieurs ouvrages, dont *L'Age des low tech*. Il se penchera sur la question de l'innovation dans un monde contraint en ressources.

Emmanuel Delannoy est le fondateur d'*INSPIRE*, société coopérative d'intérêts collectifs. Il présentera le biomimétisme sous l'angle de la réconciliation entre l'économie et l'écologie. Emmanuel Delannoy a également contribué à mettre en place l'Agence française de la biodiversité. Il est l'auteur d'un livre intitulé *La Permaéconomie*.

Conférences

Philippe BIHOUX

Quelle innovation dans un monde contraint en ressources ?

Je ne suis pas spécialiste du biomimétisme, mais j'ai pour mission de vous présenter la question des ressources, et de tracer la ligne jaune entre les « bonnes » et les « mauvaises » innovations, les innovations durables et les innovations non durables.

Les ressources ne posent pas de problème à la Nature, car celle-ci se sert essentiellement d'éléments présents en abondance dans la croûte terrestre – l'oxygène, l'azote, l'hydrogène, le carbone, le calcium, le magnésium, le potassium, et quelques oligo-éléments. Notre civilisation industrielle utilise quant à elle une soixantaine d'éléments métalliques. Si la nature maîtrise la synthèse de l'azote à partir de l'air, et transforme cet élément en nitrate qui sert d'engrais aux plantes, nous avons besoin de mettre en place des procédés lourds – chauffage à plusieurs centaines de degrés, sous haute pression, catalyse au platine et au rhodium – pour parvenir au même résultat. La nature a également inventé le sonar et le radar ; nous devons faire appel à des dizaines d'éléments différents et à des « poudres de perlimpinpin » compliquées puisant dans notre stock de ressources non renouvelables.

Nous avons un problème de ressources, indépendamment de nos problèmes d'énergie et de climat. Du point de vue de sa spécialité, un géologue ne considèrera pas la disponibilité des ressources comme un problème : elles sont stockées sous terre en quantité incroyable. En effet, si je ramasse une poignée de terre dans mon jardin, j'ai dans ma main presque tous les éléments non gazeux de la table de Mendeleïev. Évidemment les industriels n'extraient pas le cuivre de nos jardins, mais des lieux où la planète « vivante » l'a suffisamment concentré – vivante au sens de la tectonique des plaques, du cycle de l'eau, du cycle de l'oxygène, de l'érosion différentielle, qui ont concentré durant des dizaines, voire des centaines de millions d'années certaines ressources minérales. Nous implantons nos exploitations minières sur ces zones où les ressources ne se renouvellent pas à l'échelle de temps humaine.

Pour un géologue, le problème se résout donc facilement : il suffit de creuser de plus en plus profondément, ou de rechercher une ressource sous une forme de moins en moins concentrée – en effet, nos ancêtres ont logiquement commencé par utiliser les ressources les plus accessibles et les plus riches. Dans une mine de fer, une tonne de minerai contient environ 400 à 600 kilos de fer, contre 5 à 10 kilos de cuivre pour une mine de cuivre, et 3 à 5 grammes d'or pour une mine d'or. Si nous



extrayons actuellement 2 000 tonnes d'or par an à une concentration aussi ridicule, c'est parce que nous, consommateurs, sommes prêts à payer l'or plus cher que le fer et le cuivre. Et il est tout à fait possible d'accéder à d'autres ressources, considérables, à condition de creuser plus profondément, et donc de payer plus cher. Sur une épaisseur d'un kilomètre, la croûte terrestre contient par exemple de l'ordre d'un million d'années de réserve de cuivre au regard de notre consommation actuelle de ce métal.

Mais pour extraire les ressources enfouies de plus en plus profondément, ou de moins en moins concentrées, nous devons utiliser de plus en plus d'énergie. 10 % de l'énergie primaire mondiale est consacrée à la récupération des minerais et à leur transformation en métaux pour notre système industriel. Or les ressources en énergies fossiles subissent une tension de plus en plus grande ; et nous utilisons de plus en plus d'énergie et de métaux pour extraire les mêmes quantités de gaz et de pétrole. La quantité d'énergie dépensée pour extraire du pétrole sur une plateforme pétrolière type off-shore au large du Brésil ou dans le golfe du Mexique est largement supérieure à celle nécessaire dans les années 60 à l'extraction du pétrole dans les champs supérieurs de l'Arabie saoudite ou en Irak (on-shore).

Les énergies renouvelables quant à elles font également appel à des quantités de métaux de plus en plus importantes, étant moins concentrées que les énergies non renouvelables, et plus intermittentes. Nous devons par conséquent utiliser davantage de cuivre, d'acier, etc. pour produire la même quantité d'électricité qu'une centrale à charbon ou à gaz. Nous parviendrons peut-être un jour à fabriquer des panneaux photosynthétiques¹, mais à ce jour, nous tentons d'augmenter le rendement de nos panneaux photovoltaïques, soit leur taux de conversion de l'énergie incidente, en fabricant des panneaux pourvus de multiples couches faite d'éléments comme l'indium, le gallium et le sélénium, qui sont relativement rares ; de même on utilise certaines des fameuses terres rares² (néodyme, dysprosium...) dans les aimants des générateurs d'éoliennes de forte puissance.

Nous devons donc traiter de front les deux problématiques, énergie et ressources, sachant que l'une et l'autre interagissent : nous disposons de moins en moins de ressources et avons besoin par conséquent de plus en plus d'énergie.

Nous sommes face par ailleurs à une autre contrainte : les ressources une fois extraites de la croûte terrestre ne disparaissent pas, contrairement au baril de pétrole qui sera brûlé. Elles sont toujours disponibles dans la « technosphère », dans « l'anthroposphère », dans les objets qui nous entourent – voitures, bâtiments, etc. – sous la forme d'un stock. Le stock d'or physique disponible est d'ailleurs plus important au-dessus de la croûte terrestre que dans la croûte terrestre. 90 % de l'or extrait depuis le début de l'humanité est toujours disponible (dans les banques, chez les particuliers, etc.). Nous pourrions donc envisager d'instaurer une économie circulaire en s'inspirant de la nature, considérant la quantité de métaux déjà extraite – monumentale, compte tenu de la croissance des dernières décennies, liée à l'urbanisation, puis la motorisation de la Chine et de l'Inde notamment – comme une dotation initiale pour l'humanité, soit un stock de base pour notre économie circulaire.

Mais cette solution s'avère très compliquée à mettre en œuvre, et ce en raison des usages dispersifs ou dissipatifs. En effet, la manière dont nous utilisons les ressources métalliques ne permet pas systématiquement le recyclage. Le titane sous forme métallique est très bien recyclé, mais il est utilisé à 95 % pour fabriquer un colorant blanc universel pour le papier, le dentifrice, les peintures. Le cobalt sert à produire le bleu, le molybdène, l'orange... Il en va de même pour le cuivre présent dans la bouillie bordelaise qui sert au traitement de la vigne. De fait, le métal ne pourra pas être recyclé. Une partie de nos ressources est donc gaspillée.

De plus, le recyclage tel que nous le pratiquons entraîne des pertes fonctionnelles, car nous utilisons les métaux sous des formes mélangées (alliages) : une portière de voiture en acier contient une dizaine de métaux différents. Or le recyclage ne prévoit pas autant de filières qu'il existe d'alliages,

1 Inspirés du mécanisme de photosynthèse des plantes

2 Les terres rares désignent 17 métaux : le scandium, l'yttrium, et les quinze lanthanides. Ces matières minérales aux propriétés exceptionnelles sont utilisées dans la fabrication de produits de haute technologie. Avec le boom du numérique et des nouvelles technologies vertes, aujourd'hui, à l'échelle de l'économie mondiale, les terres rares sont considérées comme des métaux stratégiques. Sources : GEO environnement

bien sûr. Les métaux ferreux sont ainsi broyés puis fondus, et forment un mélange de qualité plus faible, qui sera généralement utilisé comme ferraille pour les bâtiments. Tous les éléments présents dans la portière de la voiture seront bien recyclés physiquement, mais ils ne le seront pas d'un point de vue fonctionnel. L'électronique fait appel à des dizaines de métaux différents, dont seuls les plus précieux sont récupérés. Le reste se trouve mélangé à d'autres éléments et « perdu ». Moins de 1 % des métaux des nouvelles technologies (terres rares, gallium pour les LED, germanium pour le WiFi, indium pour les écrans plats) est recyclé, faute de conception et de technologie adéquate.

L'usage dispersif des métaux et les difficultés fonctionnelles liées au recyclage de ces ressources sont aggravés par la croissance verte – par exemple dans notre lutte contre le réchauffement climatique : nous cherchons à fabriquer des voitures toujours aussi performantes, mais émettant de moins en moins de CO₂. La seule solution consiste donc à alléger les voitures et donc à faire appel à des aciers de plus en plus haut de gamme, qui nécessitent de plus en plus de métaux non ferreux. Nous tendons par ailleurs à construire des bâtiments à énergie positive ou neutre et dans ce but, nous les remplissons de matériel électronique et provoquons un gâchis de ressources irrémédiable.

Les matériaux composites sont également très mal recyclés, de même que les nanomatériaux. Nous n'en sommes qu'au début, avec la multiplication des drones et des divers objets connectés – dont le bikini connecté qui vous alerte pour éviter les coups de soleil ! Tous ces objets forment ensuite des déchets non recyclables et contribuent à ponctionner fortement nos ressources. Ainsi, la possibilité de créer une voiture autonome, basée sur des *data centers*³, des capteurs, des calculateurs, etc., se heurtera à cette problématique de matières premières.

Face à ce constat, nous ne pouvons plus nous contenter de fermer le robinet après nous être brossés les dents et de laisser travailler les chercheurs, car la quantité d'énergie et de ressources que nous consommons pose un réel problème. Nous devons la réinscrire dans les limites de notre planète. La chimie minérale a par exemple permis, à partir du XIX^{ème} siècle, de fabriquer de la soude pour produire des détergents et du verre en quantité industrielle, en s'exonérant des contraintes de production « surfacique » des plantes et des algues. Si nous voulons nous réinscrire dans ces limites avec des énergies renouvelables, des biomatériaux, le recours à la photosynthèse – alors nous devons diminuer considérablement notre niveau de consommation. C'est la seule façon pour nous de nous inscrire dans une logique (réellement) durable.

Nous en venons par conséquent aux *lows tech*⁴, qui nous alertent sur les dangers liés à la *high tech* en termes de durabilité. Cette démarche consiste d'abord à nous questionner sur les raisons pour lesquelles nous produisons, et débouche sur la notion de sobriété. La voiture durable n'existe pas, elle consomme trop d'énergie et de matières. Nous ne pouvons plus utiliser un objet qui pèse une tonne pour déplacer un corps de quatre-vingts kilos, et ce même avec une énergie propre, renouvelable et disponible, car une voiture a besoin de pneus, de peinture, de plastiques... Seul le vélo est un moyen de transport durable. Il est certes difficile de tous nous déplacer en vélo dès demain, notamment parce que l'urbanisme s'est adapté à la voiture, mais nous devons au plus vite changer nos modes de fonctionnement, en construisant par exemple des voitures qui consomment de moins en moins d'énergie, étant de moins en moins lourdes, et roulant de moins en moins vite. La voiture qui consomme en moyenne un litre de carburant aux cent kilomètres existe déjà : elle pèse entre trois cents et quatre cents kilos et ne dépasse pas les soixante-dix kilomètre-heure. Certains penseront qu'il est impossible d'imposer cette voiture, qu'une telle mesure serait liberticide. Mais l'État a déjà réglementé la taille et le poids maximal des véhicules. Il est donc tout à fait envisageable de passer à des véhicules de moins en moins lourds, pour arriver dans un futur assez proche à une voiture qui consomme peu et donc un peu plus durable, avant d'adopter le vélo pour tous.

Il en va de même dans le domaine du bâtiment. Nous devons nous demander pour quelle raison nous construisons. Or à la lumière de cette réflexion, il apparaît que nous construisons sur des surfaces trop grandes. Nous faisons par exemple un mauvais usage des écoles. Leurs surfaces sont en effet très peu utilisées. Nous pourrions imaginer que les écoles soient ouvertes le soir et le week-end pour accueillir des clubs de loisirs ou des associations. Autre exemple de sobriété dans le bâtiment : le

3 Centre de données, regroupant généralement des serveurs

4 Philippe Bihoux, *L'Âge des low tech. Vers une civilisation techniquement soutenable*, Éditions du Seuil, collection Anthropocène, 2014

meilleur moyen de se chauffer consiste avant tout à enfiler un pull. Le Japon a d'ailleurs appelé ses salariés récemment à s'habiller plus chaudement, afin de réduire la consommation d'électricité, le redémarrage du nucléaire post-Fukushima étant compliqué.

Après avoir déterminé quels objets demeurent malgré tout indispensables selon cette logique de sobriété, la démarche *low tech* nous pousse à en revoir la conception. Il vaut ainsi mieux se servir d'un moulin à café plutôt que d'une machine à expresso, car cette dernière est composée de matières composites et d'électronique non recyclables, contrairement à l'acier du moulin à café qui pourra être transformé si nécessaire. Mais une écoconception n'est pas envisageable pour des produits trop complexes comme les smartphones, qui contiennent une foule d'équipements – station météorologique complète, accéléromètre, gyroscope, etc. Nous devons donc revoir nos usages et déterminer quelles fonctions et quels équipements nous sont réellement nécessaires. L'accès permanent à l'énergie par le seul fait de presser un interrupteur, et ce quelles que soient les conditions météorologiques, pourrait également être remis en question. Ce besoin donne lieu en effet à d'énormes contraintes par rapport au déploiement des énergies renouvelables. Nous pourrions imaginer d'utiliser certaines machines uniquement lorsque les conditions météorologiques se prêtent à la production d'énergies renouvelables (vent, soleil). Cette solution induirait certes des conséquences sociétales importantes, mais pas forcément ingérables ; il s'agit d'un arbitrage entre le temps / la performance et les ressources. .

Enfin, les *low tech* nous poussent à nous interroger sur la façon dont nous produisons. Actuellement, une seule ville en Chine fabrique 80 % de la production mondiale de boutons-pression et de fermetures éclair. Grâce à un coût de l'énergie et des transports très bas, nous faisons l'aller-retour entre la France et la Chine pour nettoyer des coquilles Saint-Jacques ou des boyaux de porc vides, avant de les garnir de farce, et ce pour des raisons de normes environnementales, de coût de la main-d'œuvre.

A l'heure où l'on nous annonce une nouvelle vague de robotisation, nous devons réfléchir à la place de l'humain dans la production et à la manière dont nous arbitrons entre les enjeux d'énergie et de ressources d'une part et le travail humain d'autre part. Il est courant désormais de remplacer un guichetier par une borne de libre-service, mais pour ce faire on remplace du travail par de la consommation d'énergie et de la perte de ressources non renouvelables (écran, électronique, etc.).

Pour conclure, je soulignerai que nous utilisons tous aujourd'hui le terme « innovation ». Francis Bacon⁵, le premier à avoir théorisé le fait que l'application des connaissances scientifiques, la technique, allait améliorer le sort du genre humain, aurait été horrifié par ce mot, auquel il aurait préféré celui de « progrès ». Mais aujourd'hui, nous n'osons plus employer ce mot, trop teinté d'on ne sait quoi sans doute. L'innovation peut quant à elle s'appliquer à une organisation, à un système, une société, ou à une technologie. Pour qu'il y ait progrès d'après Francis Bacon donc, rien de ce qui avait été acquis préalablement ne doit être perdu.

Si nous appliquons cette définition à notre époque, considérant la perte de biodiversité que nous provoquons par exemple, nous en concluons que nous sommes bien loin du progrès tel que Francis Bacon le concevait. Nous devons par conséquent revoir notre façon d'innover afin que celle-ci s'inscrive désormais dans une logique de progrès.

Henry DUCHEMIN

Merci de nous avoir éclairés et d'avoir en même temps imposé un niveau d'exigence individuelle et collective aussi élevé, dans le but d'innover de façon plus durable. Emmanuel Delannoy s'apprête à nous éclairer davantage sur cette possibilité.

5 Scientifique et philosophe anglais (1561-1626)

Emmanuel DELANNOY

Le biomimétisme, pour réconcilier économie et écologie

Pour me présenter, je préfère le terme d'éclaireur à celui d'expert. Il désigne celui qui part un peu en avant pour chercher un chemin, et qui revient vers les autres pour leur raconter ce qu'il a trouvé. Cette position plus modeste me plaît davantage, d'autant plus qu'en France, nous devenons un peu trop facilement un expert, et il faut parfois se méfier des experts !

Nous avons à plusieurs reprises entendu parler de changement de paradigme dans les interventions précédentes, mais il me semble que plus nous employons ce mot, moins nous savons ce qu'il désigne. Pour cette raison, je tenterai d'éclairer quelques pistes et de faire quelques propositions.

Après avoir traité la notion de progrès avec Philippe Bihoux, je pense que nous devons également aborder celle de prospérité. Nous avons souvent perdu le sens profond de ce mot. En chinois, il signifie littéralement « avoir un bel avenir ». Tel est précisément son sens en français, qui vient des mots grecs « *pro* » et « *spero* », désignant la capacité à se projeter vers l'avant. Cette capacité repose sur la confiance – confiance en nous-mêmes, les uns envers les autres, et en l'avenir. Or nous sommes face à un glissement sémantique terrible : en effet, notre société est riche en termes d'accumulation financière, de consommation matérielle et énergétique, mais elle a perdu la confiance en elle-même et en l'avenir. Ses composantes ne se font plus confiance entre elles. Le public n'a plus confiance en la recherche, les électeurs n'ont plus confiance en leurs élus, les salariés n'ont plus confiance en leur patron et inversement. Il suffit de constater la prolifération actuelle des dispositifs technologiques de surveillance. Il est donc urgent de renouer avec la confiance.

Je voudrais ici faire un clin d'œil à Jacques Weber, l'anthropologue et économiste qui nous a quitté il y a quelques années. Jacques Weber définissait la richesse, la pauvreté et la misère par le rapport au temps. Une personne riche a en effet la capacité de construire des projets, de se projeter dans l'avenir. Il a des provisions et un panier bien garni. Une personne pauvre n'a pas la maîtrise de son avenir, quant à une personne dans la misère, elle ne maîtrise même pas son présent. Or il me semble que nos sociétés, même matériellement riches, sont paradoxalement pauvres, car incapables de se projeter dans l'avenir.

Hubert Reeves, pour sa part, disait que « *nous sommes tous des poussières d'étoiles* ». Il y a des invariants dans l'organisation du monde, quelle que soit la discipline à laquelle on s'intéresse, et ces invariants sont notamment la thermodynamique, la complexité et l'émergence.

Tout ce que nous faisons se rapporte à la thermodynamique, l'évolution des espèces et l'écologie étant liées à une transformation d'énergie, de même que toute l'activité économique, y compris l'activité de services – l'envoi d'une requête sur un moteur de recherche induit une transformation d'énergie, laquelle passera d'un état disponible à un état dispersé. C'est donc l'énergie, bien avant les ressources en métaux, qui constitue le premier facteur limitant dans l'économie circulaire, car s'il est possible d'améliorer son utilisation, nous ne pouvons pas la recycler.

La complexité est souvent associée, dans le langage politique et journalistique, à une situation figée sur laquelle il est impossible d'agir. Or c'est tout le contraire. Dans les systèmes vivants, la complexité – grâce à l'émergence, ce principe de la systémique qui veut que le tout est plus que la somme des parties – permet un foisonnement et une inventivité sans fin. Un être humain n'est pas que la somme de quelques milliards de cellules. Un écosystème est bien davantage que la somme des espèces qui le



composent. Enfin, une société humaine n'est pas que la somme des humains qui la composent, car à celle-ci s'ajoutent ses innombrables interactions. Ce sont ces interactions qui permettent l'évolution des systèmes complexes, sociétés humaines incluses. A l'inverse, une complication inutile peut brider la capacité d'adaptation de notre société. Nous devons donc adopter une vision positive de la complexité, qui est une richesse. Le biomimétisme est une voie pour y parvenir, car le vivant est le modèle même de la complexité créatrice. L'écologie, qui est la science des relations entre les êtres vivants, humains et non humains, peut nous aider à comprendre, mais aussi à aimer la complexité..

Notre peur de la complexité s'explique par notre culture qui, durant plus d'un siècle et demi, était dominée par des sciences réductionnistes, et par l'idée qu'en décomposant les systèmes complexes en éléments les plus simples possible, le fonctionnement du système serait plus facile à comprendre. Or au contraire, nous le perdons de vue.

De plus, la compétitivité érigée comme le Graal de la modernité exige des résultats à court terme, alors que l'émergence a besoin de temps pour se mettre en œuvre, même si le système qui la contient sera plus résilient sur le long terme. Le principe est le même lorsqu'il s'agit de créer un système de production agricole en permaculture. Ce mode de fonctionnement nécessite du temps au démarrage et beaucoup de connaissances, mais une fois que la culture a atteint son niveau de productivité, elle est beaucoup plus stable et résiliente qu'un autre type de culture.

Nous sommes tous individuellement aptes, de manière inconsciente et innée, à naviguer dans la complexité. C'est ce que nous faisons en nous déplaçant en vélo, par exemple. Utiliser son vélo pour aller travailler revient à avoir en tête son objectif, à maîtriser les délais, bien plus qu'avec un autre mode de transport, même si tout peut arriver. Nous interagissons avec les aléas, sans qu'il soit nécessaire de tout comprendre en détail. Nous devons apprendre à retrouver, collectivement, cette aptitude à naviguer avec aisance, et même avec une certaine grâce, dans la complexité.

Je vous laisse lire la citation suivante de René Descartes⁶, extraite du *Discours de la méthode* (1637) :

*« Sitôt que j'ai eu acquis quelques notions générales touchant la physique, et que, commençant à les éprouver en diverses difficultés particulières, j'ai remarqué jusques où elles peuvent conduire, et combien elles diffèrent des principes dont on s'est servi jusques à présent, j'ai cru que je ne pouvais les tenir cachées sans pécher grandement contre la loi qui nous oblige à procurer autant qu'il est en nous le bien général de tous les hommes : car elles m'ont fait voir qu'il est possible de parvenir à des connaissances qui soient fort utiles à la vie ; et qu'au lieu de cette philosophie spéculative qu'on enseigne dans les écoles, on en peut trouver une pratique, par laquelle, connaissant la force et les actions du feu, de l'eau, de l'air, des astres, des cieus, et de tous les autres corps qui nous environnent, aussi distinctement que nous connaissons les divers métiers de nos artisans, nous les pourrions employer en même façon à tous les usages auxquels ils sont propres, et ainsi **nous rendre comme maîtres et possesseurs de la nature.** »*

Ce texte est considéré comme l'un des axes fondateurs de la modernité, laquelle consiste à s'affranchir du hasard et des caprices de la nature en mobilisant les forces de la raison, et notamment de la science et de la technologie. Cet affranchissement apparaissait particulièrement nécessaire à l'époque de Descartes, en plein petit âge glaciaire, alors que les rendements agricoles étaient catastrophiques, que les gens mourraient par millions d'épidémies ou de famines. Sur cette lancée, nous continuons à ce jour cette quête de maîtrise de la nature. Mais nous devons bien nous résoudre à accepter que nous ne sommes ni maîtres ni possesseurs de la nature. Nous créons de nouveaux problèmes à chaque fois que nous tentons d'en résoudre, car notre vision réductionniste et technologique du monde nous empêche de comprendre les interactions entre les éléments qui le composent.

Cette situation nous invite donc à revoir notre positionnement en tant qu'espèce dans ce monde et notre façon d'interagir avec le vivant. Elle nous invite peut-être même à abandonner cette quête de maîtrise de la nature entamée avec le néolithique et poursuivie avec la révolution industrielle. Ce nouvel âge, appelons-le « post-néolithique », consisterait à accepter le fait que nous évoluons dans un monde en mouvement que nous ne maîtrisons pas. L'attitude à adopter serait donc plus proche de celle du surfeur, dont tout l'art réside dans sa capacité à se maintenir debout sur la crête de la vague.

6 Mathématicien, physicien et philosophe français (1596-1650)

Ainsi, nous devrions plutôt tenter de vivre en harmonie avec le vivant, et continuer à surfer sur la crête de l'évolution. Cette nouvelle approche, plus humble, pourrait-être la clé de la durabilité.

Du haut de nos deux-cents mille ans d'existence, nous sommes une espèce jeune. Nous devrions avoir du temps devant nous, mais nous avons utilisé notre savoir-faire et notre intelligence à créer des problèmes et à nous mettre en conflit avec la nature. Il serait donc temps de changer de mode de fonctionnement.

L'évolution n'est pas un long fleuve tranquille. Elle est ponctuée de périodes de crise avec notamment des extinctions biologiques majeures. Les courbes de croissances du PIB (produit intérieur brut) témoignent elles aussi de phases de relative croissance et de phases d'effondrement. Selon la période, il vaut mieux tantôt être rapide et performant, tantôt être agile et en mesure de coopérer, d'innover, d'accomplir des performances en dehors des sentiers battus. Or c'est précisément ce que nous aurons à réaliser durant cette période non pas de crise, mais plutôt de transition de phase.

Nous faisons actuellement face à l'inversion des raretés. Tout ce qui était abondant et qui a fait le socle de notre richesse – les ressources fossiles, les métaux, les sols – est en voie de raréfaction du fait d'une surexploitation. A l'inverse ce qui était rare au moment de la première révolution industrielle – la capacité de travail, les savoirs, la capacité à coopérer – est devenu extrêmement abondant. Le véritable enjeu de l'économie consiste à créer de la richesse en valorisant ce qui est abondant, tout en étant beaucoup plus frugal par rapport à ce qui est devenu rare. La recherche de gain de productivité doit donc changer de domaine : elle ne doit plus porter sur le travail, mais sur l'énergie et les matières premières. De nouveaux modèles économiques sont à inventer.

La réponse du vivant à l'inversion des raretés existe depuis très longtemps, pour des raisons thermodynamiques. Dans un contexte de rareté de l'énergie mobilisable, le vivant mise sur l'information, cette « matière noire » du vivant. Stockée et transmise dans l'ADN (acide désoxyribonucléique), l'information circule aussi sous forme de signaux non verbaux dans les chaînes trophiques et dans les écosystèmes. Cette information structure les dynamiques de coopération et les échanges au sein de la biosphère. Elle permet une utilisation frugale des matériaux du vivant. Nous devons donc nous inspirer de ce modèle afin de construire une véritable économie de la connaissance.

Le biomimétisme consiste, comme nous l'avons déjà dit, à s'inspirer des formes et des structures de la nature pour inventer des objets, des matériaux plus soutenables et plus adaptés à leurs fonctions. Mais il est possible également de s'inspirer de procédés, ainsi que du fonctionnement même des écosystèmes, ce qui revient à imaginer des modèles de production industrielle ou agricole, des villes, dans lesquels les interactions créent davantage de valeur.

La biosphère est un système fermé, fonctionnant depuis plusieurs milliards d'années avec une source d'énergie unique, la lumière du soleil. Or ce type de fonctionnement apparaît comme un réel défi pour l'humanité. Nous pourrions pourtant tout à fait imaginer une économie qui repose sur des ressources renouvelables et fonctionne dans ce système fermé qu'est la biosphère. Si les araignées et les fourmis y parviennent, nous devrions pouvoir le faire également. Il convient dans ce but de raccourcir les différentes boucles de cette économie. Il s'agit de se concentrer sur ce qui crée réellement de la valeur pour le client et pour la société, et de lutter contre le gaspillage et les pertes de valeur. Cette démarche relève de l'innovation systémique et non plus de la seule innovation technologique.

Depuis Darwin⁷, nous savons que les espèces évoluent en permanence et qu'elles s'adaptent à leur environnement changeant. Notre défi consisterait donc à innover tout en nous inspirant de la manière dont les organismes et les systèmes vivants innoveront eux-mêmes. L'exaptation est un des processus par lequel les systèmes vivants innoveront. Ces derniers réutilisent des structures préexistantes, mais dans un contexte nouveau et donc de manière radicalement nouvelle. L'exaptation est donc un accélérateur d'innovation. Je citerai comme exemple les plumes des dinosaures qui sont des isolants, qui permettaient de réguler la température de ces animaux. Aujourd'hui, les plumes des oiseaux (qui en sont leurs descendants directs) sont indispensables au vol. La vessie natatoire des poissons, qui est un organe sensoriel permettant de détecter la pression de l'eau et de naviguer dans un milieu à trois dimensions, est un ancien poumon primitif. Partant d'une même structure de base, cet organe

7 Naturaliste anglais (1809-1882)

respiratoire est donc devenu un organe sensoriel. Cette même structure a radicalement changé de fonction avec l'évolution.

Dans une phase de transition écologique rapide, nous devons rechercher les gisements d'exaptation, ces éléments qui peuvent être réutilisés dans les savoir-faire, les compétences, les infrastructures, les modes de production. Sans forcément tout réinventer, en étant plus agiles. Nous n'avons parfois pas besoin de réinventer l'objet, mais de réinventer l'usage de l'objet. Beaucoup de nouveautés doivent ainsi être imaginées pour l'urbanisme de demain.

Il est temps de revisiter nos classiques, pour, notamment, critiquer de manière radicale le développement durable. Non pas en tant que concept, qui se justifie évidemment pleinement, mais parce qu'il n'est pas aujourd'hui opérationnalisé. Nous devons passer à l'action et concrétiser ces principes de durabilité. Durant quarante ans, nous avons pensé que nous pouvions continuer en apportant quelques ajustements marginaux à l'existant, et faire confiance à l'innovation technologique pour le reste. En réalité, nous devons reconfigurer globalement notre système. René Passet⁸ nous avait invité, il y a quelques années, à observer comment nos trois systèmes écologiques – biosphère, humanité et industrie – s'emboîtent ensemble. La biosphère constitue le pilier de cette construction. Si nous la perdons, nous perdons tous les autres. Mais il est également essentiel de comprendre les interactions entre chaque système. Nous pouvons donc agir sur l'ensemble en agissant sur ces interactions, une fois que celles-ci ont été identifiées et comprises. Il est possible d'agir sur les impacts de l'économie. En raisonnant ainsi, et en comprenant à quel point son activité dépend des écosystèmes, tout acteur économique comprendra que la biodiversité n'est pas un sujet externe au système, mais un élément central.

Je propose donc, à travers la permaéconomie⁹, d'agir sur ces interfaces : de même que la permaculture entretient la diversité biologique et la richesse fonctionnelle des sols ; la permaéconomie réinvestit dans ses facteurs de production que sont les humains, la société et la nature. Cette économie doit pouvoir maintenir les équilibres en réinvestissant dans le capital social, le capital naturel et le capital humain, c'est-à-dire en restaurant la confiance, la cohésion sociale, mais aussi la fonctionnalité et la capacité d'évolution des écosystèmes.

Nous allons devoir nous adapter à une situation qui reste encore largement incertaine. Il est essentiel pour cela de maintenir ouvert le champ des possibles et de nous garder des marges de manoeuvre.

Aldo Leopold¹⁰ disait que le secret d'un bon bricolage consiste à conserver toutes les pièces. L'économie de l'avenir se verra miser sur la diversité – humaine et biologique. La perte d'une espèce aujourd'hui équivaut à la perte d'une source d'inspiration pour demain. Chaque espèce que nous perdons aujourd'hui est peut-être la clé de notre capacité d'adaptation aux changements de demain.

Henry DUCHEMIN

Merci à Philippe Bihouix et à Emmanuel Delannoy de nous avoir éclairés. Il semble que face à la complexité, nos liens soient finalement plus importants que nos biens. Cette formule m'a été inspirée par les abeilles. En effet, c'est les liens entre les abeilles qui font la puissance du système de la ruche, sans l'empêcher pour autant de produire des biens magnifiques.

Échanges avec la salle

Philippe MOUGEL, sociologue au CNAM

Est-il pertinent d'opposer la *high-tech* et la *low-tech* ? En effet, je me demande si les deux ne se complètent pas en fonction des problèmes.

Par ailleurs, dans les lieux de grande innovation, comme dans la *Silicon Valley*¹¹, nous constatons que les investissements, qui étaient auparavant destinés à la recherche sur l'informatique ou l'électronique,

8 Économiste français

9 Emmanuel Delannoy. Permaéconomie. Éditions Wildproject, 2016

10 Forestier, écologue et écologiste américain (1887-1948)

11 Pôle des industries de pointe en Californie

se tournent désormais massivement vers le biologique, ce qui n'est pas sans soulever de problèmes, mais correspond en même temps à un saut dans l'innovation. En outre, je crois que le biomimétisme se développe pour nous accompagner dans ce saut.

Philippe BIHOUX

Je ne préconise évidemment pas de retirer les ordinateurs qui permettent d'assurer de nombreux services, en particulier ceux nécessaires du fait que nous vivons aujourd'hui très concentrés sur nos territoires, comme l'assainissement, l'eau potable ou encore les systèmes de réservation de transport. En revanche, je m'insurge contre les dizaines de milliards d'objets qui seront sans doute intégrés dans le quotidien d'un consommateur standard, à un horizon 2020 ou 2025 selon les prévisions, et qui généreront autant de déchets.

Par ailleurs, le *big data*, qui représente plusieurs zettaoctets¹², doit être stocké dans des *data centers*³. Des constructions de *data centers* ont donc lieu tous les jours et partout dans le monde. Ces derniers sont de plus en plus efficaces et font l'objet de nombreuses améliorations, notamment au travers du *green IT*¹³. Toutefois, ces améliorations sont mises à mal par un formidable effet rebond lié à l'intrusion du numérique dans l'ensemble des éléments de la vie quotidienne et non plus seulement où cela s'avère nécessaire.

En outre, mon propos n'est pas de dire que nous ferons à nouveau rouler les trains ou voler les avions sans ordinateur. Je souhaite simplement souligner qu'un consommateur achète un distributeur de croquettes pour chat connecté parce qu'il n'est plus capable de parler à ses voisins pour leur demander de nourrir son chat quand il part en vacances.

S'agissant des innovations biologiques, elles posent selon moi un énorme problème et représentent la ligne rouge. Le débat sur les OGM (organisme génétiquement modifié) s'est cristallisé autour de la question des plantes, mais il y a aussi, par exemple, les biotechnologies blanches (fabrication de matières premières chimiques), et même les biotechnologies « réparatrices », tout cela à partir de bactéries modifiées. Nous sommes en train de manipuler la vie, mais malgré toute notre connaissance et notre capacité de recherche et développement, ces manipulations font figure de bricolage face à des milliards d'années d'essais-erreurs intelligents. Nous pouvons également évoquer les kits CRISPR Cas9¹⁴ qui permettent à tout un chacun, pour 200 dollars, de manipuler la vie chez soi. Pour ma part, je pense que nous ferons face prochainement à d'importantes désillusions.

Emmanuel DELANNOY

L'innovation biologique pose finalement une question sociologique plus large. Le penseur Ivan Illich¹⁵ évoquait l'ambivalence de tout nouvel instrument mis à notre disposition. Pour chaque instrument, nous devons nous demander si celui-ci nous sert ou nous asservit. Aujourd'hui, les instruments nous asservissent davantage qu'ils ne nous libèrent malheureusement. Lors du CES¹⁶ qui s'est tenu à Las Vegas (2017), j'ai pu observer le gratin politique français s'extasier devant des brosses à dents connectées ou ce type d'objets et encourager la France à prendre part à ces innovations, alors qu'elles ne représentent aucun progrès social ou humain.

Aujourd'hui, l'expérimentation n'est plus cantonnée aux laboratoires et est réalisée au sein même de la biosphère, au travers les technologies CRISPR évoqués par Philippe Bihoux notamment. Nous sommes aujourd'hui en capacité de programmer sur plusieurs générations l'extinction d'une espèce et donc d'intervenir de manière irréversible sur le cours de l'évolution.

Nous entrerions ainsi dans un réel cauchemar dystopique. De plus, cette évolution pose la question de la gouvernance de l'innovation. Les citoyens disposent-ils de moyens pour agir sur cette évolution ? La représentation des citoyens peut-elle se saisir de ces sujets, dont personne ne parle actuellement ?

12 Valant 10²¹ octets

13 « Informatique verte » visant à réduire l'empreinte écologique

14 « Ciseaux à découper l'ADN », invention franco-américaine de 2012

15 Penseur autrichien naturalisé américain - prêtre catholique jusqu'en 1967 (1926-2002)

16 « Consumer Electronics Show », salon de la haute technologie et des innovations technologiques

Nous nous préoccupons uniquement des enjeux de croissance à court terme. Or, si au nom de la croissance, nous devons accepter toutes les innovations sans analyser leurs conséquences pour demain ou après-demain, alors je pense que notre espèce court à sa perte.

Michel COTTET, éco-interprète

Vous avez évoqué dans vos réponses une dimension qui ne figure pas dans le diagramme de présentation des concepts de développement durable projeté tout à l'heure, et que j'ai déjà suggéré d'introduire à plusieurs reprises, à savoir la dimension éthique. Qu'en pensez-vous ?

Emmanuel DELANNOY

Il est difficile de matérialiser la dimension éthique dans le schéma (les trois sphères de l'économie, du social et de l'environnemental en intersection), mais celle-ci est présente dans l'anthroposphère et interagit ainsi avec l'économie. Quand je discute avec des économistes, ils me répondent que l'éthique n'a rien à voir avec l'économie. Selon eux, l'économie correspond à un langage descriptif et non à un projet social. Or, je considère pour ma part que l'économie est une manière dont nous, humains, nous organisons pour produire et distribuer les richesses dont nous avons besoin pour vivre. L'économie date donc du paléolithique, au travers de l'économie de chasse et de cueillette, et s'est adaptée aux progrès technologiques.

En outre, l'éthique devrait précéder la technologie alors qu'elle la suit, avec un retard d'environ une génération. Toutefois, le progrès technologique s'accélère tellement aujourd'hui que ce temps de retard n'est plus supportable. Une vraie réflexion de fond doit être menée sur ces enjeux.

André Louis ROY, Les Amis de la Terre

Les Amis de la Terre tiendront leur colloque national au printemps prochain à Dijon.

Les politiques, les commerçants et les journalistes sont généralement ceux qui nous informent et qui décident dans nos sociétés, alors même que ces personnes n'ont bien souvent aucune connaissance scientifique en matière d'écologie. J'ai eu l'occasion de lire des propos sidérants sur l'écologie tenus par des personnalités politiques. Nous devons au contraire laisser s'exprimer les personnes compétentes en la matière afin d'élargir le champ des possibles.

Emilie MAUROY, chargée de mission économie circulaire au SIEEEN (Nièvre)

Quels sont les arguments pour adapter le biomimétisme à l'aménagement du territoire ? Les loups ou les abeilles, par exemple, vivent en groupe. Dès que le groupe devient trop important, il essaime formant ainsi des petits groupes interconnectés. Les politiques d'aménagement du territoire opèrent le schéma inverse en concentrant les populations dans les villes. Pour ma part, j'ai choisi de vivre à la campagne. Certains me le reprochent, arguant que vivre à la campagne entraîne des coûts importants en termes de déchets et d'énergie. J'entends ces arguments. Toutefois, valoriser les vieilles pierres et vivre de manière moins concentrée me semblent plus en phase avec la nature. Qu'en pensez-vous ?

Philippe BIHOUIX

Sur la question de la métropolisation, je recommande la lecture des œuvres *Une question de taille* d'Olivier Rey¹⁷, qui s'inspire de la pensée d'Ivan Illich et de E.F. Schumacher¹⁸ (*Small is beautiful*), et remet ces questions d'échelle à l'ordre du jour. Les problèmes se manifestent souvent lorsque « quelque chose est trop gros ».

La tendance absurde à l'hypermétropolisation ne nous permet absolument pas de régler nos problèmes d'énergie, d'eau ou de réseau. Ces questions sont en effet plus simples à appréhender et à gérer dans un bourg de 10 000 habitants que dans une métropole. Une réflexion doit être menée sur l'aménagement du territoire et sur la capacité de notre république jacobine à se décentraliser. En effet, je pense que nous avons commis une erreur d'interprétation en considérant que l'urbain est moins

17 Olivier Rey, *Une question de taille*, Stock, 2014

18 Ernst Friedrich Schumacher, *Small is beautiful. Une société à la mesure de l'homme*, Contretemps/Seuil, 1978

consommateur d'énergie et de déplacements que le campagnard. *La tentation du bitume*¹⁹ explique très bien que l'urbain ou l'hyperurbain consomment également de l'espace à l'extérieur de la ville au travers des zones logistiques mises en place pour livrer les marchandises consommées. Il faudrait donc recalculer le périmètre réel de l'impact écologique de l'urbain.

Emmanuel DELANNOY

Cette question rejoint celle de la diversité et de la résilience. Le territoire doit être considéré comme un écosystème. Plus il est spécialisé, et malheureusement les politiques territoriales menées au cours de ces 40 dernières années ont favorisé cette spécialisation, plus le territoire est vulnérable lorsque les conditions changent. Aussi, nous devons injecter de l'agilité et de la redondance dans nos territoires afin qu'ils soient capables de s'adapter.

Nous savons que les espèces les plus menacées d'extinction sont les espèces les plus spécialisées, à l'image des papillons dont les chenilles ne mangent qu'une seule espèce de plante. A l'inverse, une espèce qui a des ressources alimentaires plus diverses aura plus de chances de se prolonger et de coloniser.

Nous devons imaginer des systèmes à échelle maîtrisable, mais interconnectés, pour ne pas arriver à des systèmes féodaux dans lesquels la solidarité n'est plus possible. L'interconnexion est un facteur essentiel.

Marc CARVIN, LPO Côte-d'Or

Monsieur Delannoy a indiqué qu'il ne fallait pas craindre la complexité, la nature sachant très bien construire des systèmes extrêmement complexes avec de nombreuses interactions. Néanmoins, il ne faut pas oublier que, sur l'ensemble des systèmes qui existent ou qui ont existé dans la nature, de nombreux échecs se sont produits et nous sommes uniquement témoins des systèmes qui ont réussi.

Emmanuel DELANNOY

Évidemment, la nature a disposé de 3,8 milliards d'années pour procéder par essais-erreurs. Face aux défis auxquels nous sommes confrontés, nous ne disposons pas d'autant de temps. En nous inspirant du retour d'expérience de ces 3,8 milliards d'années d'évolution et en analysant les systèmes qui ont fonctionné et ceux qui n'ont pas fonctionné, nous pouvons peut-être accélérer cette évolution.

Sandrine BADIA, écocitoyenne

Emmanuel Delannoy, pensez-vous que la permaéconomie passe par une modification des modes de gouvernance ? Le cas échéant, vers quel mode de gouvernance faudrait-il s'orienter ?

Emmanuel DELANNOY

La permaéconomie passe en effet par une évolution des modes de gouvernance, notamment en adoptant une approche ascendante, dite *bottom-up*, qui consiste à mettre en place des expériences et à ne les diffuser que si elles fonctionnent, plutôt que de se baser sur des schémas imposés d'en haut et généralisés à tous, ce qui stérilise la diversité des solutions. Ces dernières doivent être adaptées pour répondre aux enjeux spécifiques de chaque territoire.

Par ailleurs, nous devons miser sur l'intelligence collective et donc sur la capacité des acteurs à trouver eux-mêmes les solutions à leurs problèmes et à coopérer. En outre, nous réalisons que notre système éducatif forme des individus qui sont performants seuls, alors que dans le contexte professionnel, la capacité à coopérer prime sur la performance individuelle. Nous devons donc favoriser l'éducation à la coopération et à la performance collective.

Henry DUCHEMIN

L'intelligence collective est une piste intéressante que le biomimétisme nous inspire.

19 Eric Hamelin et Olivier Razemon, *La tentation du bitume*, éd. Rue de l'Échiquier, 221 p.

De la salle

Nous avons parlé de la croissance verte. Quel point de vue portez-vous sur la décroissance ? L'Homme a parfois des besoins différents des autres espèces, comme se divertir ou créer par exemple. Ces besoins sont-ils compatibles avec le fait de s'inspirer de la nature, qui a besoin de se reproduire et de pérenniser les espèces ?

Emmanuel DELANNOY

La croissance verte correspond à un bricolage sémantique qui ne permet pas une analyse profonde des causes des problèmes auxquels nous sommes confrontés aujourd'hui. Nous pouvons faire mieux que la croissance verte. Aussi, je propose d'autres manières de réfléchir. Nous devons nous diriger vers une innovation qui crée du sens, réinvestit dans le capital naturel et entretient la capacité du système à se pérenniser. La croissance que nous visons est donc qualitative et non seulement quantitative comme aujourd'hui.

Je vous rejoins concernant la notion de diversité des besoins. Le modèle imposé par la révolution industrielle repose sur notre capacité à produire en grosse quantité au plus faible coût possible, afin d'inonder le marché en imaginant que tout le monde a les mêmes besoins. Aujourd'hui, nous évoluons vers une approche d'individualisation et de servicialisation et considérons plutôt que chaque individu, ou chaque entreprise, a un besoin différent. La performance des acteurs économiques repose alors sur leur capacité à s'adresser à ces besoins individuels de manière contextualisée et donc à sortir d'une production de masse.

Philippe BIHOUIX

Une décroissance de la consommation d'énergie et de ressources s'avère nécessaire dans les pays riches. Certains considèrent que la décroissance entraîne nécessairement la société vers la récession et la crise quand d'autres estiment que la décroissance permet, en diminuant le nombre de biens, de favoriser les liens. Pour ma part, je suis davantage sensible au raisonnement des seconds.

La décroissance effraie car, depuis les Trente Glorieuses, les politiques nous répètent que la croissance favorise l'emploi. Or, nous connaissons aujourd'hui un problème d'emploi, et ce malgré la croissance verte. Ce problème s'aggravera dans les prochaines années avec l'arrivée de la nouvelle vague de robotisation qui mettra des cols blancs, et non plus seulement des cols bleus, au chômage. Je pense que nous devons inventer un système post-croissance de pleine activité, permettant aux personnes de réaliser des activités diverses, salariées et non-salariées.

Les solutions qui doivent être mises en place pour économiser les énergies et les ressources permettraient de créer de très nombreux emplois. Nous pouvons par exemple encourager l'évolution des exploitations agricoles en petites fermes de polyculture-élevage, permettant de refermer les cycles du phosphore, qui nécessiterait la création de centaines de milliers voire de millions d'emplois. En outre, nous pouvons inventer et agir localement, mais un arbitrage doit également avoir lieu au niveau de l'État entre le travail et les ressources, notamment en termes de fiscalité. L'instauration d'une taxe équivalente à la taxe carbone en remplacement des charges sociales sur les salaires peut par exemple être envisagée.

S'agissant de la question de la consommation, elle s'apparente à la question de la rivalité mimétique. Sur ce sujet, je vous invite à lire Kempf²⁰ qui explique dans *Comment les riches détruisent la planète* comment la rivalité mimétique ruisselle tout le long de la pyramide sociale. En effet, les milliardaires rivalisent entre eux concernant la taille de leur yacht tandis que les classes moyennes rivalisent entre eux sur la taille de leur voiture.

Eric MONNOYER, MG Concepts

Monsieur Bihouix, vous expliquez que nous devons évoluer vers la *low-tech* progressivement, sans abandonner complètement la *high-tech*. Concrètement, comment passer de l'un à l'autre dans la vie quotidienne ?

20 Hervé Kempf, *Comment les riches détruisent la planète*, Seuil, Paris, 2007, 148 p.

Par ailleurs, Monsieur Delannoy, vous proposez trois étapes, trois concepts. Comment inciter le citoyen à être porteur de cette transformation ?

Emmanuel DELANNOY

Depuis maintenant de nombreuses années, on nous parle de prise de conscience. Nous devons désormais passer au stade de « l'agir conscient ». Actuellement, la technologie nécessaire à nos actions est dissimulée. Or, nous devons prendre conscience que nos actions ne sont pas anodines et mobilisent des ressources considérables. Pour chaque décision du quotidien, comme faire la vaisselle ou se déplacer, et chaque décision plus structurante, comme un projet entrepreneurial ou citoyen, nous devons nous interroger sur le sens et l'objectif de cette décision. Avoir conscience de ces enjeux constitue déjà un premier pas.

Philippe BIHOUIX

Il me semble que nous avons là quatre niveaux d'action.

Le premier correspond au niveau individuel ou familial, où de nombreuses actions peuvent être prises, comme composter ou se lancer dans une démarche zéro déchet. Évidemment, nous ne pouvons pas demander à chacun de prendre des douches froides et de parcourir 35 kilomètres en vélo pour se rendre au travail. La démarche individuelle comporte donc ses limites, particulièrement dans notre système économique et social, où faire ses courses avec des critères durables se transforme vite en sport de combat.

Le second niveau d'action se situe à l'échelle territoriale. De nombreuses actions sont également possibles à ce niveau, comme imposer le bio à la cantine de vos enfants ou monter une recyclerie-ressourcerie ou encore un atelier de réparation. Dans ce cadre, la puissance publique doit jouer son rôle en soutenant ce type d'innovation, ce qui n'est pas nécessairement le cas actuellement – on préfère les start-ups numériques. En outre, le niveau territorial est celui où les actions doivent être entreprises afin d'expérimenter, de donner à voir, de créer un effet d'entraînement.

Le troisième niveau d'action se situe à l'échelle de l'État. Il est plus compliqué de mettre en place des actions à ce niveau, car notre système électoral ne favorise pas l'émergence de propositions très innovantes. Pour autant, la puissance publique s'avère encore très importante. L'État peut par exemple prendre des décisions fiscales, ou se servir du poids des achats publics : si l'État décide par exemple d'imposer le bio dans toutes les cantines scolaires à partir du 1^{er} janvier 2019, la filière du bio en profitera d'une manière ou d'une autre.

Enfin, le dernier niveau correspond à l'échelle supra-étatique. Bien évidemment, nous devons donc encourager et poursuivre les initiatives diplomatiques telles que les COP²¹, ou la création d'une Organisation mondiale de l'environnement, ou l'instauration d'une taxe carbone mondiale.

Mais pour ma part, je pense que nous ne parviendrons pas à agir à ce niveau, tout du moins pas à la vitesse nécessaire, car il est très difficile de se mettre d'accord à 180 pays. Il faut donc agir par petits groupes de pays et assumer une telle politique en revoyant les barrières douanières. Ces barrières douanières ne sont pas nécessairement financières, elles peuvent être normatives. La France peut par exemple décider de ne plus appeler « poulet » le poulet trempé dans le chlore qui arrive du Brésil. Le Bangladesh s'est spécialisé dans l'industrie du cuir alors que le pays ne dispose ni de vaches, ni d'industrie chimique pour les colorants, ni de tanins. Il dispose simplement d'une capacité à polluer et d'une main-d'œuvre bon marché qui peut s'abîmer la santé. Des barrières normatives peuvent donc être instaurées pour interdire à la vente les produits fabriqués dans de telles conditions. En outre, le consommateur achète ce qui est disponible en rayon, ce qui ne correspond généralement pas à ce qu'il recherche.

Henry DUCHEMIN

Je vous remercie, Monsieur Bihouix, de nous avoir apporté vos éclairages. Ceux qui le souhaitent pourront prolonger cette réflexion à travers son livre⁴.

Table ronde : pourquoi et comment favoriser l'approche biomimétique ?

Ont participé à cette table ronde :

Louis Albert de BROGLIE, Créateur du Conservatoire national de la Tomate

Kalina RASKIN, Chargée du développement scientifique du Ceebios

Stéphane WOYNAROSKI, Conseiller régional de Bourgogne-Franche-Comté, délégué à l'Agenda 21 et à la Biodiversité

Thibault PREVOST, Chargé de mission Recherche au ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer

Emmanuel DELANNOY, Contributeur du Rapport de la mission de préfiguration de l'Agence française pour la biodiversité

Henry DUCHEMIN

Monsieur Thibault Prévost, vous êtes ingénieur des ponts, des eaux et des forêts et polytechnicien, titulaire d'un doctorat en science et génie des matériaux du MIT (Massachusetts Institute of Technology). Par ailleurs, vous êtes actuellement chargé de mission scientifique au ministère de l'Environnement.

À vos côtés se trouve Kalina Raskin, chargée du développement scientifique de Ceebios. Vous nous expliquerez que ce pôle de coopération, basé à Senlis, représente une des initiatives les plus significatives dans notre pays sur le biomimétisme.

Louis Albert de Broglie, auparavant banquier, vous avez depuis créé le Conservatoire national de la Tomate et êtes connu sous le nom de « Prince Jardinier ». Vous êtes également permaculteur et aurez ainsi l'occasion de nous présenter vos projets dans ce domaine.

Monsieur Prévost, pourquoi et comment favoriser l'approche biomimétique ? Je suppose qu'en travaillant dans un ministère, vous êtes amené à répondre à ce type de questions.

Thibault PREVOST

Lorsque nous évoquons le biomimétisme il y a encore six ou sept ans auprès d'un certain nombre d'ingénieurs, de chercheurs ou d'industriels, nous prêchions dans le désert. Aujourd'hui, le sujet n'est plus tabou, ce qui est plutôt positif.

J'appartiens à la Direction de la recherche et de l'innovation du ministère en charge de l'Environnement. Nous ne sommes pas une agence de financement de la recherche. Nos missions, à la charnière entre recherche et politiques publiques, sont essentiellement de trois ordres : de traduction de priorités de politiques publiques en questions scientifiques et techniques ; d'écoute et de prise en compte dans la décision publique de besoins, de problématiques ou d'avancées issus du monde de la recherche académique et du monde de l'entreprise ;



d'animation et de coordination, sur le long terme, de communautés pluridisciplinaires de chercheurs et d'industriels dans les domaines de compétences du ministère.

À ce titre, notre direction soutient par exemple le montage de partenariats entre entrepreneurs et chercheurs. Elle contribue également à la définition stratégique et/ou au pilotage de programmes de recherche publics mis en œuvre par des opérateurs comme l'Agence nationale de la recherche, BPI France ou encore l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. Nous menons par ailleurs un certain nombre d'actions ponctuelles, notamment l'organisation de colloques et manifestations diverses ou la publication d'ouvrages de synthèse à destination de publics très variés.

Notre intérêt pour le biomimétisme remonte aux années 2010-2011. Nous avons d'ailleurs organisé à cette époque un colloque au Muséum national d'Histoire naturelle avec pour objectif de remettre cette démarche au goût du jour. Si la pratique du biomimétisme est aussi ancienne que *Homo sapiens* existe, le fait que cette approche puisse être désormais prise en compte de manière plus systématique comme outil de résolution de problèmes pratiques (techniques ou organisationnels) est relativement nouveau. C'est une démarche qui est, pour nous, porteuse d'espoir parce qu'elle offre aux acteurs économiques une occasion tangible et privilégiée de se réapproprier le vivant dans une perspective de soutenabilité sur le long terme. Le vivant y devient une source de richesse à préserver, une bibliothèque de solutions durables aux défis de société qui nous sont posés.

La démarche biomimétique, j'aime à le rappeler, est exigeante. On ne se réapproprie pas le vivant avec des connaissances superficielles sur sa complexité ; autrement dit, s'inspirer du vivant dans une perspective de durabilité demande des efforts de longue haleine, notamment en recherche et en acquisition de nouvelles connaissances, efforts nécessaires à la prise de recul qui permettra de s'approcher d'un développement humain durable. Ce n'est pas une nouvelle science, c'est une démarche pluridisciplinaire et trans-sectorielle.

Henry DUCHEMIN

Le service de recherche d'un ministère réalise-t-il de la recherche ou la finance-t-il ?

Thibault PREVOST

Nous ne faisons pas de recherche, mais en faisons faire. En outre, nous ne représentons qu'un petit atome dans une très grande organisation. Notre contribution reste donc modeste.

Nos actions, comme je l'ai rappelé, sont pluriformes : aide au montage de partenariats entre les entreprises et les organismes de recherche, instruction et suivi de projets de R&D soumis dans le cadre de programmes publics, appui à la définition de priorités stratégiques de recherche pour les pouvoirs publics, etc.

Henry DUCHEMIN

Kalina Raskin, pourquoi et comment favoriser l'approche biomimétique ?

Kalina RASKIN

Je suis ravie de constater que ces initiatives se multiplient au niveau national. Au cours de ces trois dernières années, nous avons en effet pu observer un accroissement significatif de l'intérêt pour ce sujet de la part de la communauté académique, du politique, du monde économique ainsi que de la société civile.

Le biomimétisme, qui existe depuis presque l'aube de l'humanité, connaît un regain d'intérêt relativement récent parce que nos connaissances en biologie se sont énormément enrichies. Par ailleurs, face aux enjeux sociétaux, s'inspirer des autres espèces apparaît de plus en plus comme une évidence. En effet, si nous prenons conscience de notre condition animale, s'inspirer du reste du vivant pour repenser la société d'Homo sapiens fait figure de bon sens.

La littérature scientifique portant sur le biomimétisme s'est largement développée à travers le monde au cours de ces quinze dernières années. De la même manière, la multiplication des brevets liés au biomimétisme montre l'intérêt du monde économique pour ces sujets. Nous observons également une prise de conscience des États, notamment en Europe. L'Allemagne, par exemple, dispose depuis quinze ans maintenant d'une feuille de route du biomimétisme, même si, malheureusement, celle-ci ne s'inscrit pas nécessairement dans une perspective de développement durable. En France, nous sommes ravis de constater que le ministère de l'Environnement représente le premier acteur d'État à s'être saisi de cette thématique, ce qui permet, de notre point de vue, de poser un périmètre vertueux à cette approche.

Lorsque nous analysons les stratégies élaborées actuellement en faveur de l'énergie, à savoir développer les énergies renouvelables, plus spécifiquement le solaire, décentraliser les énergies ou encore mettre en œuvre des procédés sobres et agiles en fonction des ressources disponibles, nous constatons que tout système vivant sur terre a déjà développé ce type de stratégies. Nous souhaitons également développer les écomatériaux et produire dans des conditions douces. Or, les matériaux naturels sont produits dans ces conditions. En outre, les chimistes de l'ère industrielle ont énoncé les principes de la chimie verte dans les années 1990. Ces principes s'appliquent également à la chimie du vivant. Par ailleurs, notre société évolue vers une société de l'information. Emmanuel Delannoy a présenté un diagramme tout à l'heure sur le fait que le vivant misait justement sur l'information pour optimiser ses ressources.

Aussi, nous sommes en train, par nos réflexions, notre évolution, nos essais-erreurs commis en tant que société d'Homo sapiens, de converger vers ce que le reste du monde vivant a déjà réalisé, mais sans nous en rendre compte. Toutefois, comme nous l'avons déjà souligné, le temps presse. Nous devons donc prendre conscience du potentiel de cette bio-inspiration.

Henry DUCHEMIN

Comment favoriser l'approche biomimétique ?

Kalina RASKIN

Pour mettre en œuvre le biomimétisme, nous devons mettre les différents acteurs en mouvement de manière éclairée. Nous devons donc expliquer en quoi consiste le biomimétisme. Les événements tels que celui-ci remplissent cet objectif.

Une étude récente a démontré que 15 % de la population française a entendu parler du biomimétisme, ce qui ne s'avère pas suffisant au regard des enjeux. Il relève donc de notre responsabilité de faire progresser ce sujet dans la société en démultipliant la communauté d'ambassadeurs portant ce sujet.



J'évoquais une mise en mouvement éclairée. Nous devons donc non seulement sensibiliser les personnes à ce sujet, mais également les former. Par ailleurs, la mise en mouvement de ces actions doit également être coordonnée afin de tirer profit des complémentarités entre les acteurs issus de différents secteurs.

Le Ceebios a été créé pour répondre à ces objectifs. Nous fonctionnons comme un pôle de compétitivité. Je préfère toutefois qualifier le Ceebios de pôle de coopération, qualification qui correspond davantage à ce que nous essayons de promouvoir. Nous participons ainsi à la cartographie des acteurs du territoire sur cette thématique. La France compte environ 150 laboratoires travaillant sur le biomimétisme et une centaine d'entreprises qui s'approprient la démarche. Une fois cet état des lieux réalisé, nous réfléchissons à la manière de faire travailler ces différents acteurs ensemble et d'accélérer le processus d'appropriation. Pour ce faire, nous avons initié des groupes de travail, sur l'habitat ou les matériaux. Nous envisageons également de lancer prochainement des groupes de travail sur l'agriculture et la formation. Enfin, nous accompagnons des projets d'entreprises ou de territoires. À titre d'exemple, la région Nouvelle-Aquitaine a fait appel au Ceebios afin d'identifier les acteurs du territoire qui travaillent sur les enjeux du biomimétisme et élaborer une feuille de route opérationnelle.

Henry DUCHEMIN

Le Ceebios est donc à la fois vulgarisateur, chercheur et créateur de liens entre les acteurs.

Je cède la parole à Louis-Albert de Broglie.

Louis-Albert de BROGLIE

Plusieurs sujets ont été abordés ce matin. L'un des plus importants, de mon point de vue, est la notion d'effondrement. Nous avons en effet évoqué l'effondrement de la biodiversité. Nous pouvons y ajouter l'effondrement culturel ou encore l'effondrement des identités, au niveau des territoires comme des personnes. Nous devons donc répondre à cette notion d'effondrement, car elle produit des effets catastrophiques sur les rapports humains.

La seconde notion majeure est la mutation. Nous avons parlé ce matin de la robotisation croissante de notre société et de l'arrivée prévue d'une nouvelle vague de robots qui entraînera probablement la destruction de nombreux emplois et nous amènera à repenser l'organisation de nos entreprises, sur le plan logistique, du transport ou de la mobilité.

Madame Raskin, vous avez évoqué le sujet de l'agriculture, rarement discuté, qui illustre bien ces notions d'effondrement et de mutation. En outre, l'agriculture est devenue politique et non plus économique. Le modèle d'agriculture que nous connaissons aujourd'hui correspond d'ailleurs au résultat de décisions prises au cours de ces cinquante dernières années.

L'approche biomimétique doit donc être favorisée afin de répondre à ces deux questions. Pour ce faire, nous devons revenir aux besoins essentiels de chacun, à savoir bien se nourrir et être en bonne santé ainsi que s'éduquer. L'éducation, constitue, selon moi le volet le plus important. La maison Deyrolle, dont je suis propriétaire, était un des partenaires officiels de la COP21²¹, dont l'un des objectifs était l'éducation. Pourtant, l'éducation représente le grand perdant des différentes COP. En outre, la maison Deyrolle n'est jamais parvenue à trouver un accord avec l'Éducation nationale ou le ministère des



21 COP : Conférence internationale sur le climat – COP21 : 21^e conférence, qui s'est tenue à Paris en 2015

Affaires étrangères sur ce sujet au moment de la COP21, alors même que nous avons produit un livre et du matériel pour les écoles.

Nous devons trouver les moyens de répondre aux deux enjeux que constituent l'effondrement et la mutation. Répondre à ces enjeux au travers des sujets permaculturels revient à faire prendre conscience que l'extraordinaire mutation que nous vivons représente également l'occasion d'intégrer cette nouvelle révolution technologique dans les métiers les plus simples, y compris ceux de la microagriculture dont les composantes économiques, écologiques et sociales s'avèrent fondamentales pour les territoires.

Henry DUCHEMIN

Stéphane Woynaroski, comment et pourquoi favoriser l'approche biomimétique, du point de vue de la Bourgogne-Franche-Comté ?

Stéphane WOYNAROSKI

En préambule, je souhaite souligner que je ne suis pas expert en la matière. Ma contribution à cette table ronde est celle d'un élu local, en charge de la biodiversité, et d'un enseignant, puisque j'enseigne également la biologie-écologie dans un lycée agricole.

Les raisons de la nécessité de favoriser l'approche biomimétique ont déjà été largement évoquées dans les propos des intervenants précédents, propos auxquels j'adhère intégralement. En outre, nous devons favoriser cette approche, car l'espèce humaine se doit de trouver un mode de fonctionnement qui ne détruit pas la biosphère, dont nous avons tous besoin pour vivre. Afin de favoriser l'approche biomimétique, nous devons garder à l'esprit l'importance de la biodiversité, grâce à laquelle nous mangeons, buvons, respirons, mais aussi grâce à laquelle nous pouvons nous évader, rêver et créer. La biodiversité est donc non seulement une source de richesse, mais également d'inspiration.

En tant qu'élus de Région, nous devons afficher la volonté de préserver et de valoriser la biodiversité, en assumant des choix politiques et budgétaires, qui peuvent être critiqués, mais qui ont le mérite d'exister, en faveur des acteurs du territoire, comme Alterre Bourgogne-Franche-Comté ou la Maison de l'Environnement de Franche-Comté, qui travaillent à la protection et la valorisation de la biodiversité. Nous devons également agir en faveur de la protection et de la valorisation des espaces et des espèces naturels présents sur le territoire. S'agissant de l'éducation, qui est une question majeure, nous devons mener des politiques favorisant l'amélioration et la diffusion de la connaissance.

Favoriser l'approche biomimétique se traduit également par faire des choix encourageant des politiques plus globales et transversales, qui font en sorte que la biodiversité ne demeure pas une simple composante de la transition écologique, mais bien un tout. Nous appuyons donc la mise en place de structures et de stratégies, qui, à l'échelon régional, sont importantes. Nous avons évoqué tout à l'heure l'Agence française pour la biodiversité. Celle-ci dispose de ses déclinaisons locales avec les Agences régionales de la biodiversité. Nous pouvons aussi citer les stratégies régionales de la biodiversité ou encore les observatoires régionaux de la biodiversité. Ces trois actions me semblent intéressantes, car elles fonctionnent en lien étroit avec les collectivités, l'État et les citoyens, dans une approche de co-construction que j'estime primordiale. Les élus de Bourgogne-Franche-Comté sont impliqués et volontaires au regard de ces sujets, comme dans d'autres régions, pas dans toutes malheureusement.

Enfin, personnellement, j'essaie de concilier chaque jour ma passion pour le vivant et la biologie, dont j'ai fait mon métier, et l'exercice de mon mandat. J'opère des choix et je tente de convaincre mes



collègues élus, du même bord politique ou non, de me suivre dans ces choix. Je fais en sorte, à mon niveau, de montrer que le vivant est indispensable, que nous en faisons partie et que nous portons une réelle responsabilité par rapport aux espèces, aux espaces, à la biosphère.

Ce discours est assez facile à porter dans cette assemblée. Il l'est un peu moins dans d'autres assemblées, ce qui représente tout l'enjeu de mon mandat.

Henry DUCHEMIN

Emmanuel Delannoy a participé à la constitution de l'Agence française de la biodiversité. Il peut donc probablement nous apporter des réponses à la question qui nous intéresse dans cette table ronde : pourquoi et comment favoriser l'approche biomimétique ?

Emmanuel DELANNOY

Il s'agit bien de l'Agence française « pour la biodiversité » et non « de la biodiversité », ce qui laisserait penser que la biodiversité constitue un problème.

Il existe deux manières de présenter le sujet. La première consiste à dire que la préservation de la biodiversité est une nécessité et qu'il faut agir urgemment. La seconde présente la préservation de la biodiversité comme une opportunité et fait état d'une impatience à agir. Il est préférable de considérer ce sujet comme une opportunité que comme une injonction, plus anxiogène.

De mon point de vue, la prise en compte de la biodiversité représente une opportunité formidable, comme le biomimétisme, d'entraîner de manière positive l'ensemble des acteurs à réfléchir à notre avenir, à la manière dont nous allons interagir avec les écosystèmes et dont nous devons gérer nos territoires et l'ensemble des filières, parmi lesquelles l'agriculture.

Le rôle de l'Agence française pour la biodiversité consiste à sensibiliser les différents acteurs sur ces sujets, à l'image du travail réalisé par l'ADEME concernant la maîtrise des déchets ou les consommations énergétiques. L'Agence française pour la biodiversité a la chance extraordinaire de pouvoir le faire avec des messages positifs.

Nous avons tous été enfants et avons observé des fourmis ou regardé des oiseaux, portant un regard émerveillé sur la biodiversité du quotidien. En effet, la biodiversité nous est proche et nous touche profondément. L'un des axes de travail de l'Agence vise à favoriser le contact au quotidien avec une « nature » plus ou moins spontanée, y compris en ville. En outre, nous constatons que les jeunes générations souffrent de plus en plus de déficit expérientiel, c'est-à-dire d'un manque de contact avec des vivants non humains, ce qui impacte la qualité de nos relations sociales et le développement des enfants. Nous nous habituons à vivre dans un monde de plus en plus artificialisé qui entretient l'illusion que les humains peuvent se passer du reste de la biodiversité. L'Agence réalise ainsi un travail formidable dans ce domaine.

En 3,8 milliards d'années, la nature a eu l'occasion de s'adapter à de nombreuses situations extrêmement diverses et de résoudre d'innombrables problèmes. Elle constitue donc une source d'inspiration pour tout entrepreneur qui souhaite se lancer dans un projet et créer de la richesse.

Henry DUCHEMIN

Je m'attacherai désormais à parler de l'Agence française pour la biodiversité.

La nature dispose en effet de cette capacité à nous émerveiller. Or, la pédagogie de l'émerveillement est une pédagogie magnifique.



Cette conférence a été nommée : « *Biomimétisme : l'innovation nature !* » Quelle définition du biomimétisme proposeriez-vous ? Pour ma part, je définirais le biomimétisme comme le *chant* des possibles, afin d'apporter de la poésie et de la culture dans cette démarche.

Louis-Albert de BROGLIE

Nous aurions pu également nommer cette conférence « *Biomimétisme : l'inspiration nature !* »

Chez les biologistes, la notion de coopération prime sur celle de compétition. Face à ce monde qui nous contraint de plus en plus et nous interroge sur l'avenir, le biomimétisme doit partager cette extraordinaire idée que la coopération représente probablement le mode d'expression esthétique et artistique, mais également scientifique, que nous devons adopter en tant que modèle de pensée.

Stéphane WOYNAROSKI

Je reprendrais la citation de Louis Aragon, qui définit bien, selon moi, le biomimétisme : « *Rien, moins que rien, pourtant la vie* »²². Nous pourrions également définir le biomimétisme de la manière suivante : s'inspirer de la vie pour faire durer la vie.

Thibault PREVOST

L'approche biomimétique permet d'abord de repenser notre rapport à la nature pour imaginer un progrès qui doit être soutenable. Elle s'inspire du vivant en prenant en compte les limites physiques de la planète pour progresser ou innover. En outre, l'éducation et l'information seront essentielles, à l'avenir, afin d'encourager cette curiosité que nous devons porter sur le vivant, curiosité que nous avons peut-être perdue.

Emmanuel DELANNOY

Je vous suggère la lecture d'*Effondrement* de Jared Diamond²³, dont le sous-titre « *Comment les sociétés décident de leur disparition ou de leur survie* » est très évocateur. Selon moi, nous sommes dans un moment où nous avons le choix. Je propose donc la définition suivante du biomimétisme : le vivant est une chance à saisir, à nous de savoir saisir cette chance.

Kalina RASKIN

Le biomimétisme pourrait être défini de la manière suivante : le vivant comme modèle pour des futurs souhaitables. La première partie de cette définition se réfère à l'ouvrage *Le vivant comme modèle* de Gauthier Chapelle²⁴, dont je vous recommande la lecture. Quant à la seconde partie de ma définition, elle fait référence à l'Institut des futurs souhaitables, structure de formation avec laquelle nous avons le plaisir de travailler, qui fait intervenir des penseurs, des prospectivistes, dont Emmanuel Delannoy ou d'autres présents dans cette salle, pour faire réfléchir le monde sur le futur que nous souhaitons dessiner collectivement.

Échanges avec la salle

Christophe ESPANEL

Vous avez évoqué l'importance de favoriser la coopération plutôt que la compétition. Pourtant, nous constatons que de nombreux brevets sont déposés dans le domaine du vivant, y compris par des universitaires. Comment encourager l'*open source* au profit des brevets ?

22 Tiré du poème *Pourtant la vie*

23 Jared Diamond, *Effondrement. Comment les sociétés décident de leur disparition ou de leur survie*, Gallimard, 2006

24 Gauthier Chapelle, Michèle Decoust. *Le vivant comme modèle : la voie du biomimétisme*. Albin Michel, 2015

Louis-Albert de BROGLIE

Lorsque j'ai créé le Conservatoire national de la tomate en 1992-1993, je cultivais une trentaine de variétés. En 1995-1996, je disposais de 300 ou 400 variétés. Aujourd'hui, nous cultivons 700 variétés à la Bourdaisière.

À l'époque, l'entreprise Limagrain²⁵ avait proposé de financer la rénovation de ce potager. Toutefois, Limagrain avait demandé à ce que soient retirés des partenaires Philippe Desbrosses (auteur de *Le Krach alimentaire*²⁶, un des fondateurs de l'agroécologie et créateur de la Ferme de Sainte Marthe) et Dominique Guillet (qui a créé l'association Terre de Semences devenue Kokopelli), arguant qu'ils étaient des agitateurs militants et qu'ils ne partageaient pas les mêmes valeurs. Alors que ce sont eux justement qui contribuent à préserver la diversité du vivant ! Limagrain n'a donc finalement pas financé le projet. J'ai alors eu l'occasion de discuter avec Pierre Lefebvre, Directeur Général de Limagrain à l'époque. Je lui ai expliqué que Limagrain avait besoin de la diversité du vivant. Les semenciers cherchent en effet à produire des variétés réunissant les meilleures caractéristiques d'une plante. Or, l'évolution a déjà créé un catalogue exceptionnel de variétés qui s'adaptent à des sols, des territoires et des climats. Quelques années plus tard, Pierre Lefebvre a reconnu cette erreur de stratégie. Toutefois, cette erreur de stratégie est commise par des groupes qui possèdent des milliards d'euros pour investir. En 1949, au moment de son indépendance, plus de 33 000 variétés de riz étaient cultivées en Inde. En 2000, nous ne cultivons plus que 13 variétés de riz, brevetées, ce qui s'avère absurde. Aujourd'hui, nous sommes à nouveau à la recherche de variétés anciennes, qui sont adaptées aux conditions climatiques changeantes du pays. L'adaptabilité constitue, en outre, un enjeu majeur pour l'agriculture.

Des brevets sur le vivant continueront d'être déposés, pour des raisons évidentes. Toutefois, un autre message est également porté, notamment par Vandana Shiva²⁷ en Inde, considérant que personne ne peut nous empêcher de cultiver dans notre territoire des variétés identitaires qui sont intéressantes. L'émergence des micro-fermes s'inscrit dans cette démarche. Avec l'association Fermes d'avenir, que j'ai cofondée avec Maxime de Rostolan, nous avons créé une micro-ferme en agrologie, inspirée par la permaculture, dont le principe a pour objectif de mesurer les externalités positives. L'un des enjeux, au regard de ces externalités positives, est la science *open source*²⁸. En outre, nous devons être un modèle pour le monde, qui a besoin de cette science *open source*.

Michel COTTET

Les définitions du biomimétisme proposées par les différents intervenants m'ont évoqué plusieurs autres pensées d'auteurs déjà anciens, mais qui méritent d'être rappelées. Buffon a déclaré la phrase suivante : « *Dans la nature, il ne faut s'étonner de rien, s'attendre à tout et considérer que tout ce qui peut être est.* » Ce propos est très riche de sens et de contenus, tout comme la biodiversité. Je vous propose également une citation tirée des *Pensées* de Blaise Pascal, qui permet de nous resituer dans l'univers : « *L'Homme est un milieu entre rien et tout.* » Enfin, Albert Jacquard a proposé une définition de la science, qui peut s'appliquer au biomimétisme : « *La science est une suite d'erreurs rectifiées.* »

De la salle

Permettez-moi d'ajouter cette citation de Léonard de Vinci : « *Va prendre tes leçons dans la nature, c'est là qu'est notre futur.* »

Louis BIGNAND, Terre de liens

Le film documentaire *Demain* a réalisé plus d'un million d'entrées en France, ce qui montre une aspiration des citoyens à se tourner vers cette innovation nature dans l'agriculture, mais également dans les liens sociaux.

²⁵ Groupe spécialiste des semences et produits céréaliers

²⁶ Philippe Desbrosses, *Le Krach Alimentaire: Nous redeviendrons paysans*, Édité par Le Rocher, 1988

²⁷ Écologiste, écrivaine et féministe indienne

²⁸ « Science ouverte », les données et résultats ne sont ni confidentiels ni payants

Ce film présente plusieurs éléments qui nous interpellent. Par exemple, Tony Barnosky, paléontologue, prévient que nous ne disposons que de vingt ans pour prendre la bonne direction, soit celle du biomimétisme et de l'innovation nature. Rob Hopkins, quant à lui, évoque l'effondrement des civilisations par manque de nourriture. Enfin, Pierre Rabhi explique que tout le drame de la civilisation humaine est que l'Homme, au contraire du lion, ne se contente pas de détruire pour manger, mais a besoin d'accumuler. Face à ces propos, pouvons-nous avoir espoir ? Si oui, comment faire pour s'en sortir ?

Nous tous ici présents sommes prêts à adopter le mécanisme mental de l'innovation nature. Toutefois, les forces contraires, comme la brevetabilité du vivant, sont si nombreuses qu'il est difficile de garder espoir en l'avenir.

Henry DUCHEMIN

Faut-il être majoritaire pour arriver à ses fins ? Avez-vous des alternatives à proposer ?

Kalina RASKIN

Le biomimétisme constitue peut-être une des solutions permettant de repenser le monde de demain de manière positive, en prenant le vivant comme grille de lecture du monde qui nous entoure. Par ailleurs, nous avons évoqué ce matin de nombreuses actions qui peuvent être réalisées au quotidien.

En outre, une mise en mouvement collective des citoyens, et non seulement des experts, s'avère nécessaire. Il faut surtout ne pas perdre espoir. Je pense que suffisamment d'acteurs sont désormais impliqués dans ces sujets pour permettre une prise de conscience collective qui entraînera cette mise en mouvement. Celle-ci doit toutefois se produire rapidement.

Louis-Albert de BROGLIE

En Chine, entre 400 et 500 millions de personnes ont migré dans les villes, considérant que la croissance dans les villes favorisait le bien-être. Nous constatons évidemment que le contraire se produit aujourd'hui. En outre, le niveau de pollution rend la ville invivable. À présent, les élites chinoises, au sens des consommateurs, qui représentent 400 à 500 millions de personnes s'interrogent quant au cadre de vie dans lequel ils souhaitent élever leurs enfants. Il y a quinze jours, 30 % de la Chine affichait des niveaux de pollution entre cinq et sept fois supérieurs aux seuils admis par l'OMS (Organisation mondiale de la santé), et ce pendant une semaine.

La question qui nous est posée est donc globale. Elle peut ainsi soit favoriser l'émergence, selon le principe thermodynamique, d'une explosion sociale à différents endroits de la planète, soit entraîner les politiques à changer de paradigme et à s'interroger quant à un nouveau modèle de société qui émerveille. Par quel modèle les citoyens sont-ils émerveillés ? De nombreuses études soulignent l'importance que les citoyens accordent à la nature ou encore à une nourriture de bonne qualité.

Nathalie PINAULT, Conseil départemental de la Nièvre

Je souhaite revenir sur la question de la compétition et de la coopération, qui me tient à cœur. La compétition se manifeste également dans la nature. Elle représente malheureusement encore, trop souvent, le modèle dominant. Pourquoi ne pas partir de la compétition afin de glisser progressivement vers la coopération ?

Emmanuel DELANNOY

J'aime bien cette idée.

Jean-Marie Pelt disait : « *Dans la nature, la coopération crée, la compétition trie* »²⁹. Les deux phénomènes sont donc présents et se succèdent, mais ne s'opposent pas. Pour autant, nous devons trouver un nouvel équilibre entre les deux phénomènes dans nos sociétés. En effet, nous avons, dans

29 Jean-Marie Pelt, Franck Steffan, *La solidarité chez les plantes, les animaux, les humains*, Éditions Livre de Poche, 2006, 154 pages

nos systèmes éducatifs par exemple, énormément mis l'accent sur la compétition et négligé la coopération.

En outre, la notion d'émulation peut servir de pont entre les deux ou de troisième voie face à la contrainte, la réglementation ou l'incitation économique. Elle est notamment illustrée dans le *Nudge*³⁰, concept anglo-saxon qui consiste en des « coups de pouce » permettant de faire évoluer les comportements. À titre d'exemple, vous pouvez distribuer des tracts dans un quartier indiquant que le quartier voisin trie déjà 80 % des déchets. Les personnes qui ont reçu le tract se diront alors que si leurs voisins y parviennent, ils le peuvent également.

Hubert TAIEB, Grenoble INP – Phelma

Comment favoriser l'approche biomimétique alors que la France ne propose aucun cursus universitaire portant sur le biomimétisme ? En tant qu'étudiant ingénieur, je dois partir à l'étranger pour poursuivre mes études sur ce sujet.

Kalina RASKIN

Vous avez parfaitement raison, cette situation est extrêmement frustrante. Nous enregistrons chaque année une hausse des demandes d'étudiants qui souhaitent être formés au biomimétisme, mais sommes contraints de les diriger vers l'Allemagne et l'Autriche, qui proposent des cursus de formation.

Néanmoins, la situation en France évolue rapidement. En juin dernier, le Ceebios a réuni une vingtaine d'écoles d'ingénieurs et d'universités françaises pour réfléchir à la création de cursus spécialisés ou à la mise en œuvre de collaborations interuniversitaires afin de permettre aux étudiants de se former, non seulement d'un point de vue théorique, mais surtout par la pratique. Le biomimétisme repose en effet sur la pratique et l'interdisciplinarité.

La question des moyens se pose également. L'Allemagne a décidé de financer à hauteur de 100 millions d'euros, sur quinze ans, la recherche et l'enseignement dans le biomimétisme. L'Allemagne propose ainsi une dizaine de cursus de formation. Nous ne connaissons pas, pour le moment, le même niveau d'investissement en France. Nous avons, en outre, candidaté à des programmes de financement nationaux et européens afin de développer des plateformes de formation sur ce sujet. À ce jour, nous proposons uniquement des formations de sensibilisation, extrêmement courtes, qui s'adressent à des professionnels. Nous espérons être en capacité d'apporter des solutions à nos étudiants français d'ici 2018.

Olivier DESCAMPS, journaliste

Madame Raskin, vous avez évoqué le fait que le biomimétisme n'était pas toujours synonyme de développement durable en Allemagne. Avez-vous davantage d'informations à nous communiquer sur ce sujet ?

Kalina RASKIN

L'Allemagne a adopté une approche très technique au regard du biomimétisme. Ainsi, les solutions développées sont purement techniques et ne répondent absolument pas aux exigences d'écoconception et n'intègrent pas le cahier des charges du vivant.

Thibault Prévost et moi avons contribué au travail de normalisation sur le biomimétisme, initié par les Allemands. Dans ce cadre, nous avons fortement milité afin que les différentes définitions qui s'appliquent à la terminologie de la bio-inspiration intègrent les principes de l'écoconception et du cahier des charges du vivant dans l'innovation. Nous avons également proposé, avec le ministère de l'écologie, une norme expérimentale sur le biomimétisme et l'écoconception, qui n'a pas de vocation à contraindre, mais au contraire à apporter de la vertu à une approche qui risque de connaître le même

30 Richard Thaler, Cass Sunstein, *Nudge. Improving Decisions about Health, Wealth, and Happiness*, New Haven, Yale University Press, 2008. Traduction française, *Nudge, La méthode douce pour inspirer la bonne décision*, Vuibert 2010

écueil que le « vert ». Nous essayons en outre d'empêcher qu'au *greenwashing* (l'éco blanchiment) succède le *biomimwashing*.

Henry DUCHEMIN

Je vous propose à chacun de conclure cette matinée.

Stéphane WOYNAROSKI

Je souhaite remercier Alterre de nous accorder ce temps qui nous permet de réfléchir sur des sujets plus qu'émergents, comme nous avons pu le constater dans les interventions de ce matin. En outre, je réalise en tant qu'élu, enseignant et citoyen que nous devons nous emparer de ce sujet.

Enfin en tant qu'apiculteur amateur, j'espère que les idées qui ont été partagées ici vont essaimer et s'installer dans de nombreux lieux et esprits.

Henry DUCHEMIN

En effet, les abeilles préfèrent le développement à la croissance éternelle. Lorsqu'une ruche compte plus de 60 000 abeilles, un essaim se forme. Cette logique de développement montre que la croissance n'est pas la seule réponse possible.

Emmanuel DELANNOY

Je souhaite revenir sur l'approche systémique, le fait de s'intéresser davantage au lien entre les entités qu'aux entités elles-mêmes. Cette approche doit à la fois être poétique et constituer le fondement d'une nouvelle réflexion éthique.

S'agissant de la dimension poétique, je voudrais citer cette phrase de François Cheng que je trouve très jolie : « *Ce qui se passe entre les êtres est parfois au moins aussi important que les êtres eux-mêmes.* »

Quant à l'éthique, en remplaçant le plus possible les « ou » de notre vocabulaire par des « et », nous réalisons que nous n'avons jamais raison tout seul et nous pouvons alors réfléchir en termes de complémentarité plutôt que d'alternative, ce qui peut s'avérer très riche et fécond. Lorsque nous raisonnons en termes d'éthique, nous avons tendance à exclure, à l'image de l'anthropocentrisme, l'écocentrisme, le biocentrisme etc. Aussi, pourquoi ne fonderions-nous pas une nouvelle éthique des liens entre les humains et le monde vivant non humain plutôt qu'une éthique des humains ou une éthique écocentrée des mondes non humains ?

Kalina RASKIN

Je profite que cet événement a lieu au Conseil régional pour rappeler l'importance que les territoires et les Régions se saisissent et s'approprient cette démarche du biomimétisme.

Les acteurs académiques se sont déjà approprié ce sujet. L'acteur économique manifeste un intérêt avéré pour cette approche. Il est donc temps que le politique se saisisse également de cette opportunité de développement de connaissances et d'approches alternatives sur leurs territoires.

Avec le ministère de l'écologie, nous avons lancé une mission de coordination interrégionale afin de créer ces *nudges* interrégionaux. Dans une période incertaine au regard des changements qui interviendront dans quelques mois au niveau de l'État, dans une période difficile opérationnellement dans les régions après les fusions, nous devons réfléchir collectivement à la manière d'intégrer ces approches qui nous semblent vertueuses dans les stratégies régionales d'innovation et de développement durable à l'échelle du territoire national.

Thibault PREVOST

J'ai foi en la recherche. En outre, je constate qu'un certain nombre de laboratoires, d'entrepreneurs et d'industriels s'approprient la démarche biomimétique. Nous faisons donc potentiellement face, dans un avenir que j'espère proche, à une formidable mobilisation du monde académique et du monde entrepreneurial pour (re-)découvrir le vivant. C'est peut-être la porte ouverte à des innovations

totallement surprenantes, non anticipées aujourd'hui et qui seront en rupture avec ce que nous connaissons actuellement.

Louis-Albert de BROGLIE

Dans les sociétés préneolithiques, soit entre 30 000 et 12 000 ans avant Jésus-Christ, c'est-à-dire avant l'époque de l'Homme dit moderne, les Hommes coopéraient déjà.

Pierre Rabhi a parlé de la sobriété heureuse. Je crois qu'il est urgent de repenser notre économie avec un véritable souci de sobriété afin de mieux coopérer. J'ai habité de nombreuses années dans un pays où quand vous étiez malade, les médicaments vous étaient distribués un par un. En outre, nous devons retrouver cette sobriété dans toute l'économie. Nous devons donc faire en sorte que nos élus et nos entreprises pensent un mode de production plus sobre qui permette de prélever uniquement ce dont nous avons besoin.

La consommation raisonnée s'apprend, au travers, je le crois, des lois de la nature et du potager. Quand vous cultivez votre potager, vous pouvez vous émerveiller avec très peu de choses et vous êtes témoin d'une diversité culturelle. Or, malheureusement, la consommation actuelle s'apparente à une monoculture.

Discours d'ouverture de l'après-midi

Myriam NORMAND

Directrice régionale de l'ADEME Bourgogne

Après l'Agence pour la biodiversité, je vais vous parler de l'ADEME, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, que chacun ici connaît, je pense. Des complémentarités existent entre les deux agences. Nous aurons d'ailleurs bientôt des intérêts communs supplémentaires, puisque l'ADEME sera en charge d'un certain nombre de fonds nationaux sur les investissements d'avenir dédiés à la biodiversité. Aussi, nous espérons, et nous avons défendu cette idée auprès de la préfète ce matin avec Blandine Aubert, Directrice régionale, favoriser la régionalisation des investissements d'avenir, à condition que la Région soit partie prenante des programmes portant sur la biodiversité et la transition énergétique.

Depuis de nombreuses années, nous sommes engagés sur des questions de préservation de l'espèce humaine, au travers de programmes qui préservent notre environnement au sens général.

Je reviens sur les termes de croissance verte et d'économie circulaire, qui ont été employés ce matin. Je travaille depuis des années dans le monde de l'énergie et des matières premières et sais que nous devons nous emparer de ces termes à la mode afin d'embarquer de nouveaux acteurs, tous ceux qui ne sont pas présents dans cette salle, sur des programmes et ainsi atteindre nos objectifs.

J'ai noté ce matin l'emploi d'un certain nombre de termes forts, sur la question du plaisir notamment. J'espère qu'en menant des actions liées à la maîtrise des énergies, aux énergies renouvelables, aux matières premières et aux déchets, nous prenons du plaisir à travailler avec nos partenaires, ce qui nous donne envie d'avancer.

J'ai noté également l'utilisation de termes importants tels que la coopération, le faire ensemble, l'intelligence collective ou encore l'interdisciplinarité. J'espère que le positionnement de l'ADEME en Bourgogne-Franche-Comté permet cette posture d'intelligence collective afin de nourrir de nouvelles réflexions. Je souhaite, en outre, que les discours que nous portons fassent preuve d'optimisme plutôt que de pessimisme. Aussi, j'espère que nous sortirons tous de cette journée avec de nouvelles idées et de nouveaux contacts nous permettant de faire progresser ces idées collectives. Par ailleurs, j'attends de vous, et je me permets de le dire, que vous proposiez des actions qui embrassent d'autres champs que ceux sur lesquels vous intervenez habituellement afin d'aller chercher de nouveaux acteurs.

Alors, comment pouvons-nous agir ? Nous ne disposons pas de solution toute faite, auquel cas nous ne serions pas ici. Individuellement et collectivement, nous devons rompre avec nos façons habituelles de fonctionner et partager nos connaissances, nos succès et nos échecs. Je remercie bien évidemment Alterre de l'organisation de cette nouvelle journée de qualité. Chacune de ces journées vise à créer des points d'intersection pour se rencontrer, partager, proposer et bien entendu avancer ensemble. Nous pouvons en effet nous améliorer, réfléchir différemment. Nous en avons le droit et j'espère que la posture de l'ADEME dans la région le permet. Si vous estimez que l'ADEME n'encourage pas assez cette dynamique, je vous invite à nous le signifier.

Le rôle de l'ADEME, en apportant ses moyens et son expertise, consiste également à vous aider à transformer vos idées en actions concrètes sur le territoire, de façon à pouvoir capitaliser sur ces actions et ainsi les démultiplier.



Comme vous le savez, l'ADEME œuvre sur un certain nombre de sujets tels que l'économie des matières premières, la finitude des ressources et de notre monde, les questions de l'énergie, l'air, le bruit, l'alimentation ou encore les déchets. L'ADEME s'adresse également à tous les secteurs de l'agriculture, notamment au niveau des enjeux énergétiques et des intrants, fortement consommateurs d'énergie et source de pollution et d'appauvrissement des sols. De plus, l'ADEME intervient auprès des entreprises, qui doivent toutefois s'impliquer davantage.

Une des stratégies de l'ADEME, en partenariat avec le Conseil régional, consiste à donner la main aux collectivités afin qu'elles puissent porter de nouvelles actions, transverses, en système, selon une approche qui ne se veut pas verticale. Nous apportons ainsi notre expertise et des financements à l'ingénierie territoriale pour traiter les questions d'énergie, de climat, de matières premières et d'adaptation au changement climatique, en embarquant tous les acteurs.

L'ADEME se positionne également sur les sujets liés au biomimétisme et à l'inspiration du vivant. Au niveau national, l'Agence soutient la recherche et le développement et finance des thèses et des laboratoires. Comme je vous l'annonçais précédemment, la question de la biodiversité fait son entrée dans le cadre du Programme d'investissements d'avenir (PIA) de l'ADEME. Nous gérons toutefois d'ores et déjà un certain nombre de PIA relatifs aux questions de recherche et de développement de nouvelles activités. Je pense notamment aux questions d'écoconception, d'économie de la fonctionnalité ou encore des biosourcés. Au niveau régional, nous reconduirons cette année un appel à projet, en partenariat avec la Région, BPI France (Banque publique d'investissement) et les chambres de commerce, pour soutenir des programmes de co-innovation.

En outre, l'ADEME souhaite incarner un rôle de facilitateur aux côtés des acteurs pour les faire progresser sur ces questions de transition énergétique et écologique ainsi que sur le biomimétisme.

Je vous remercie.

Les écosystèmes, source d'inspiration et de solutions pour l'industrie

Ont participé à cet échange :

Ludovic PERRIDY, Expert Zones Humides, Groupe Suez

Jean-Michel SCHEUREN, Co-fondateur de Novobiom

Emmanuel DELANNOY, Directeur de l'Institut INSPIRE

Henry DUCHEMIN

« La nature est un gigantesque laboratoire, vieux de milliards d'années, riche d'autant de solutions. »
Je souhaitais partager avec vous ces propos de Gauthier Chapelle qui dans une démarche de coopération, a beaucoup écrit sur les logiques du vivant et nous a tant appris.

Ce début d'après-midi sera consacré aux témoignages d'acteurs qui se sont inspirés de la logique du biomimétisme pour réparer le vivant.

Catherine Lejolivet n'ayant pas pu être présente, nous avons proposé de donner la parole à Emmanuel Delannoy pour présenter La Marcotte, une ferme urbaine dans la région de Marseille, qui est le résultat d'une démarche créatrice de l'Institut INSPIRE, qu'il dirige.

Nous aurons également l'occasion d'entendre le témoignage de Jean-Michel Scheuren. Il est ingénieur de gestion et est engagé en Belgique dans la promotion du biomimétisme. Il dirige la société Novobiom, spécialisée dans les solutions bio-inspirées.

En premier lieu, je céderai la parole à Ludovic Perridy, ingénieur écologue, expert des zones humides, à la Direction ingénierie environnementale du Groupe Suez.

Projection du film « Une agriculture naturelle », La Belle Société Production

Film sur la permaculture à la ferme du Bec Hellouin (Normandie). Sur le principe des écosystèmes naturels qui optimisent les interactions entre espèces, développer une agriculture manuelle, durable et autosuffisante, sans pesticides ni hydrocarbures.

Ludovic PERRIDY

Je suis l'expert pour le Groupe Suez sur le sujet des zones humides et des zones de rejet végétalisées, c'est-à-dire des espaces tampons situés entre les stations d'épuration et le milieu récepteur. Mon travail consiste en de la conception, de l'assistance et du conseil en gestion de ces espaces.

Les premiers projets de Zones de Rejet Végétalisées (ZRV), appelées les Zones Libellules, ont été portés au sein du Groupe Suez par Eric Blin en 2009. Le concept s'appuie sur les mécanismes existants au sein des zones humides et permettant l'épuration de l'eau, au travers de la filtration, de l'activité bactérienne ou encore de l'exposition à la lumière. Nous avons donc eu l'idée de créer un espace permettant de regrouper ces mécanismes sur une surface restreinte. Nous avons ainsi lancé le projet pilote de la Zone Libellule de Saint-Just, dans l'Hérault, en 2009.

Pendant près de trois ans, un suivi de la Zone Libellule de Saint-Just a été réalisé et les résultats obtenus ont été prometteurs en termes d'élimination des polluants. Toutefois, pour mieux comprendre les mécanismes à l'œuvre dans ce système, le projet de recherche ZHART (Zone Humide ARTificielle) a été lancé.

Dans le cadre du projet ZHART, nous avons mis en place le suivi de cinq zones de rejet végétalisées, dont celle de Saint-Just. Ce projet, qui a été mené entre 2012 et juin 2016, était piloté par le Centre International de Recherche Sur l'Eau et l'Environnement, qui est le principal centre de Suez. Des PME étaient également impliquées dans ce projet, telles Nymphaea (spécialisée en production/plantation d'espèces de milieux humides et aquatiques), ou Rive (un bureau d'études en génie écologique). Nous avons également travaillé avec des universités pour les analyses des polluants et la problématique socio-territoriale.

Afin de comparer les systèmes, différents protocoles ont été mis en place selon les zones, dont les surfaces pouvaient s'établir entre 2 000 mètres carrés et environ 30 hectares. Nous avons par exemple étudié le fonctionnement d'une roselière naturelle, sur la commune de Portiragnes. En parallèle du suivi de ces cinq zones, il a été réalisé des microcosmes sous serre. Ceux-ci ont été alimentés avec de l'eau concentrée en polluants afin d'observer l'effet du sol et des plantes sur l'épuration des eaux. L'observation de ces microcosmes nous a permis de mieux comprendre les différents mécanismes existants au sein des Zones de Rejet Végétalisées.

S'agissant des polluants, le suivi a porté sur les macro-polluants traditionnels traités par les stations d'épuration, tels que les matières en suspension (MES), la Demande Chimique en Oxygène (DCO), etc. Un suivi bactériologique a également été effectué. Par ailleurs, pour déterminer une garantie d'élimination des micropolluants en provenance de stations d'épuration, 33 molécules ont été étudiées. Il a été observé des mécanismes d'élimination et des abattements différents selon les molécules. Par



exemple, certaines molécules, comme les métaux, étaient adsorbées par les sédiments de la zone de rejet ou partiellement absorbées par les végétaux. Quant aux phénols ou pesticides, il a été constaté que les zones de rejets n'étaient pas très efficaces contre ces polluants. En effet, la dégradation de certains polluants nécessite du temps, alors que le temps de séjour de l'eau dans les zones suivies s'établissait en moyenne entre trois et vingt jours.

Il a été déduit que l'efficacité de ces zones de rejet dépendait d'une conception et d'un dimensionnement adaptés à l'effluent de la station d'épuration. Si une station d'épuration rejette un débit d'eau traitée trop important et que la zone présente une surface non adaptée, alors le temps de séjour de l'eau dans le système ne permettra pas une épuration par des mécanismes ciblés. Parmi les nombreux mécanismes naturels, nous pouvons citer la photodégradation, l'absorption ou encore les prélèvements par les plantes. Dans les ZRV, les mécanismes clés sont ceux liés à l'hydraulique en favorisant notamment la décantation par l'allongement du cheminement hydraulique.

Enfin, le projet ZHART a permis d'observer l'influence de la gestion de ces espaces sur leur efficacité épuratoire. En effet, sur les cinq sites audités, certains disposaient d'un plan de gestion particulier quand d'autres étaient en gestion autonome. Nous avons ainsi constaté qu'une gestion adaptée permettait de garantir un abattement plus efficace et durable des micropolluants et des macropolluants.

Henry DUCHEMIN

Vous avez donc étudié le fonctionnement d'un système biologique, naturel, complexe, de manière comparative sur cinq sites, ce qui inscrit votre démarche dans une logique biomimétique.

Le Groupe Suez s'est-il inspiré de ces travaux pour modifier ses pratiques d'ingénierie de l'eau ?

Ludovic PERRIDY

Les zones de rejet végétalisées ne pourront jamais remplacer les stations d'épuration et représentent un outil supplémentaire. Il s'agit d'un traitement tertiaire, réalisé en aval d'un système d'épuration. Il faut savoir que les stations d'épuration n'ont pas l'obligation de traiter les micropolluants, sauf dans des cas particuliers. En outre, d'autres systèmes de traitement tertiaire des micropolluants existent, tels que le charbon actif ou l'ozonation. La zone de rejet végétalisée constitue donc une alternative verte à ces systèmes.

Henry DUCHEMIN

Je vous remercie. Je cède à présent la parole à Jean-Michel Scheuren, qui abordera le sujet du travail avec le vivant dans le but de réparer les erreurs que nous aurions commises, par des logiques industrielles notamment.

Jean-Michel SCHEUREN

Je travaillais auparavant au sein d'un bureau de conseil qui accompagne les entreprises dans une démarche biomimétique, fondé par Gauthier Chapelle. Nous avons créé, avec un collègue de ce bureau de conseil, le projet Novobiom.

David Holmgren³¹, l'un des pères fondateurs du mouvement de la permaculture, explique que si le vivant est un gâteau au chocolat, alors les animaux, les plantes, en outre les organismes complexifiés du vivant sont la crème chantilly sur le gâteau. Ainsi, le gâteau représente tous les microorganismes présents sur terre, qui assument la majorité



31 La permaculture a été formulée dans les années 1970 par les Australiens Bill Mollison et David Holmgren

des fonctions fondamentales de la biosphère et permettent à cette dernière d'être un espace vivant.

Parmi ces microorganismes, les champignons ont été parmi les pionniers de la colonisation de la vie sur terre. Nous estimons à quinze millions le nombre d'espèces vivantes sur terre, dont six millions sont des champignons. Parmi ces six millions d'espèces, seules 75 000 ont été identifiées à ce jour, et seule une centaine est utilisée dans les applications humaines et une dizaine à des fins alimentaires. Nous faisons donc face à un monde que nous connaissons finalement peu, alors que les champignons constituent des organismes clés au sein des écosystèmes. En effet, sans eux, la vie ne serait probablement pas possible. Ces organismes décomposent près de 90 % de la matière sur terre. En outre, 90 % des plantes vivent en symbiose avec un champignon.

Ces champignons sont tous interconnectés, ce qui leur vaut la qualification anthropocentrée d'internet du vivant. Ainsi, dans une forêt, les arbres communiquent entre eux. Un flux d'informations et de nutriments s'établit entre les arbres d'une même espèce, mais aussi d'espèces différentes. De plus, les arbres d'une même famille disposent d'un lien préférentiel dans l'échange de nourriture, même s'ils sont distants de plusieurs mètres. Le vivant a donc déjà inventé une forme de sécurité sociale.

Le plus large organisme vivant répertorié sur terre est un champignon, qui vit dans l'Oregon aux États-Unis et dont l'âge est estimé à plus de 8 000 ans. Sa surface s'établit à environ dix kilomètres carrés.

L'objectif de Novobiom consiste à développer des technologies bio-inspirées à finalité environnementale. Le premier sujet sur lequel nous travaillons concerne le traitement des polluants. En quoi les champignons sont-ils intéressants pour le traitement des polluants ? Comme évoqué, ils sont les organismes clés pour le recyclage de la matière. Il y a quelques millions d'années, les champignons ont découvert comment décomposer une des molécules les plus récalcitrantes produites par le vivant, à savoir la lignine, un des principaux composants du bois. Lorsque nous observons la structure moléculaire de la lignine, celle-ci est très similaire à celle de polluants organiques issus des activités industrielles.

Notre développement industriel a été dominé par l'idée que la terre serait toujours assez grande pour absorber toutes nos activités, ne prenant pas en compte les conséquences écologiques de nos développements. Or, ces dernières décennies, nous réalisons que ce n'est pas le cas. Aussi, nous nous retrouvons à présent avec un héritage industriel important à traiter en termes de pollution des sols notamment. En Europe, il est estimé que 3,5 millions de sites sont potentiellement contaminés, dont 257 000 en France. Sur ce constat à l'échelle européenne, environ 500 000 ont été traités. En outre, le traitement de ces sites représente un coût annuel estimé de plus de 6 milliards d'euros. Nous faisons donc face à des enjeux sociétaux et économiques majeurs.

Parmi les techniques utilisées actuellement pour la dépollution des sols, la première solution est le confinement. Ainsi, lorsque le sol est trop pollué ou que la dépollution s'avère trop coûteuse, l'espace est confiné. La seconde solution est l'incinération. Vient ensuite le traitement physico-chimique, issu du génie minier, qui consiste à laver les terres et séparer les grosses particules, les sables ou les graviers réutilisables des particules fines, où est concentrée la pollution. Ces particules fines contaminées sont alors mises en décharge. Cette solution ne permet donc pas de traiter la pollution, mais plutôt de concentrer les polluants dans un plus faible volume de terre. Enfin vient la solution biologique qui permet de traiter les polluants organiques en travaillant avec le vivant.

Le traitement biologique classique s'avère efficace pour éliminer les pollutions dites simples comme les hydrocarbures légers. En revanche, celui-ci n'est généralement pas adapté pour les pollutions complexes. Novobiom propose d'appliquer des solutions issues du vivant afin de réhabiliter ces sites dégradés de manière plus douce et dans le respect de l'environnement. En effet, les champignons permettent de dégrader cette pollution complexe sur site, ce qui permet d'éviter le transport des terres, réduisant ainsi l'impact environnemental du traitement. En outre, le traitement biologique que nous proposons se déroule en sept étapes et permet une élimination effective de la pollution et une réhabilitation du sol. Nous travaillons également avec un gisement de déchets verts issus des municipalités. En Europe, ce gisement est estimé à 50 millions de tonnes de déchets verts présents au niveau des plateformes de compostage. L'utilisation des déchets verts des municipalités permet ainsi d'inscrire la démarche de Novobiom dans une logique circulaire d'écologie industrielle.

Nous travaillons depuis trois ans sur ce projet avec un industriel en charge de la gestion d'un site lourdement contaminé. Nous avons débuté le projet par une première phase de recherche afin

d'identifier les souches fongiques les plus appropriées pour la dépollution du sol. Nous avons ensuite réalisé des pilotes, à petite échelle, sur plusieurs dizaines de kilogrammes de sol. Après 53 jours de traitement, des taux de dégradation des différents types de contaminations de l'ordre de 70 à 90 % ont été obtenus.

Comme souvent dans les problématiques liées au biomimétisme, nous nous inscrivons dans une approche innovante, de rupture. Les temps de développement sont donc relativement longs. Aussi, l'enjeu pour l'année à venir consistera à identifier le moyen d'appliquer ce traitement à des échelles de tailles industrielles, sachant que la taille commerciale d'implémentation de notre approche devra atteindre plusieurs centaines de tonnes.

Henry DUCHEMIN

Novobiom est une société privée. Votre modèle économique vous permet-il d'afficher un équilibre financier ?

Jean-Michel SCHEUREN

Les pouvoirs publics belges jouent un rôle majeur en soutenant l'innovation environnementale. Nous avons donc pu réaliser cette première étape de recherche grâce au soutien des pouvoirs publics. En parallèle de ce projet, nous réalisons des activités de conseil afin de valoriser nos propres compétences.

En outre, l'équilibre financier de Novobiom est précaire pour le moment. Toutefois, l'objectif de la société vise à monter en puissance dans les prochains mois afin de disposer des capitaux suffisants permettant de poursuivre notre développement.

Henry DUCHEMIN

Je vous remercie. Je cède à présent la parole à Emmanuel Delannoy.

Emmanuel DELANNOY

L'Institut INSPIRE avait le souhait d'évoluer progressivement du concept vers des réalisations concrètes et des démonstrateurs.

Je me réjouissais d'écouter Catherine Lejolviet parler de l'aquaponie, sujet sur lequel nous avons beaucoup travaillé. L'aquaponie s'inscrit dans une démarche biomimétique et d'économie circulaire puisqu'elle combine l'aquaculture et l'hydroponie, qui séparées, sont deux formes deux cultures qui génèrent des déchets, alors que si elles sont combinées, ces déchets s'annulent..

Nous avons choisi le thème de l'agriculture urbaine afin de mettre en pratique les travaux sur l'aquaponie que nous réalisons depuis plus de deux ans ainsi que les idées que nous avons émises au regard de la permaculture. De plus, nous souhaitons favoriser une approche systémique. Aussi, nous avons décidé de travailler sur les fermes urbaines en essayant d'intégrer plusieurs dimensions à ce projet.

Afin que cette ferme urbaine favorise la production de connaissance et de lien social ainsi que l'appropriation des enjeux écologiques, nous l'avons ouverte au public. Ce lieu a en effet été conçu, fabriqué et animé avec les riverains. Par ailleurs, nous avons constaté, en ville, ce déficit expérientiel que j'évoquais ce matin. Nous souhaitons donc donner une nouvelle place au vivant en ville dans un espace que les scolaires pourraient s'approprier en le visitant et en découvrant, avec l'aide d'un animateur, comment fonctionne un écosystème.



Enfin, nous souhaitons utiliser la matière à notre disposition. Nous récupérons donc les déchets d'élagage et les résidus alimentaires que nous compostons, dans des plateformes spécifiques, afin de fabriquer notre propre matière organique.

La Marcotte³² a donc été conçue pour s'intégrer dans une démarche d'économie circulaire. Elle est également fabriquée avec des matériaux pour l'essentiel recyclés et approvisionnés de manière locale, dans une approche intégralement réversible. La simplicité du montage de la structure permet de recourir à un chantier participatif, à l'image de ce qui a été réalisé sur le site de Gardanne.

Par ailleurs, nous souhaitons concevoir La Marcotte selon une approche modulaire. Ainsi, elle dispose d'un bâtiment principal, dont 50 % de l'espace est dédié au compost et à la serre à semis, et d'un espace tertiaire accueillant des activités sociales et associatives en milieu urbain. À l'extérieur, les bacs de culture ont été aménagés et conçus pour être utilisables par des enfants, des seniors et des personnes à mobilité réduite. La structure étant modulaire, nous pouvons imaginer des déclinaisons à d'autres échelles dans lesquelles les espaces tertiaires sont plus importants. En effet, La Marcotte est organique et peut grandir avec les usages.

S'agissant du prototype construit à Gardanne, nous avons utilisé du bois local. De plus, les conteneurs dans lesquels sont placés les modules aquaponiques ont été fournis par un industriel situé à proximité du site. Nous travaillons, en outre, avec un lycée agricole qui se sert de cette Marcotte comme projet pédagogique.

Notre ambition vise à disposer d'un réseau de marcottes et de marcotteurs en France, réseau qui serait animé par retour d'expériences.

Henry DUCHEMIN

À quel stade en est La Marcotte ?

Emmanuel DELANNOY

Le prototype a été ouvert mi-mai 2016. Par ailleurs, nous avons identifié cinq projets sérieux, que nous espérons conclure cette année afin d'évoluer vers une phase de commercialisation, l'objectif étant que chaque marcotte soit rentable et autonome sur le plan financier, c'est-à-dire que le porteur du projet local, une fois le transfert de compétences réalisé, gagne sa vie ou au moins équilibre son budget avec l'exploitation de La Marcotte.

Échanges avec la salle

Michel COTTET

Alors que j'étais Directeur de la Fédération des associations de protection de la nature à Besançon, j'ai eu l'occasion d'accompagner une papeterie réputée polluante. En outre, cette entreprise, qui fabriquait du papier sulfuré à usage alimentaire, n'était plus aux normes. Faisant face à d'importantes difficultés économiques, elle a modifié son mode de fabrication afin de fabriquer des emballages en carton ondulé. Toutefois, dès sa reprise de fonctionnement, elle s'est mise à émettre une forte pollution, notamment dans le Doubs. J'ai donc pris contact avec cette entreprise qui m'a, contre toute attente, bien reçue. Les dirigeants de l'entreprise souhaitaient en effet conclure des partenariats avec des associations, des élus et des universités.

Nous avons ainsi lancé un premier partenariat avec une association spécialisée dans la récupération de vieux papiers, en mettant en place un contrat de stabilité de prix de reprise au bénéfice de cette association. J'ai ensuite réussi à obtenir de la part de cette entreprise la mise en service d'un système permettant de prélever et d'analyser les effluents, accessible à l'administration et aux associations de pêche et d'environnement. Puis, nous avons développé des actions favorisant la transparence à l'occasion des journées du Printemps de l'environnement.

32 <http://www.lamarcotte.com>

Après quelques années, un lien de confiance s'étant établi avec l'entreprise, j'ai proposé, en m'inspirant des stations d'épuration domestiques, de transposer une roselière dans leur système d'épuration pour traiter complémentirement les effluents de la papeterie. Ces installations ont commencé à fonctionner en 2000 et ont permis d'atteindre les objectifs que nous nous étions fixés en termes d'épuration. En parallèle, nous avons travaillé sur la biodiversité en mettant en place un rucher, un murger pour les amphibiens et les reptiles ou encore des nichoirs pour les oiseaux.

Catherine SCHMITT, Présidente de France Nature Environnement Bourgogne

Je souhaite attirer votre attention quant à la possibilité de signer, en tant que citoyen, une pétition visant à obliger l'Union européenne à reconnaître nos sols d'un point de vue juridique. Vous pouvez accéder à cette pétition « Appel du sol », jusqu'au 17 septembre 2017, à l'adresse suivante : www.fne.asso.fr.

De la salle

Monsieur Delannoy, pouvez-vous nous apporter des précisions concernant La Marcotte ? En effet, vous avez indiqué que La Marcotte peut se commercialiser. Or, nous avons accès, grâce à internet notamment, à de nombreuses ressources permettant de réaliser en toute autonomie de la permaculture. Nous en réalisons d'ailleurs avec le Cercle Laïque Dijonnais sur un site à proximité de Dijon.

Emmanuel DELANNOY

En effet, les particuliers et les associations peuvent se lancer par eux-mêmes dans la permaculture grâce aux nombreuses ressources disponibles sur internet, l'objectif étant d'apprendre en pratiquant. En revanche, pour les entreprises, les campus ou encore les collectivités, qui disposent de foncier à réhabiliter et qui souhaitent se lancer dans la permaculture dans des projets relativement complexes, un accompagnement peut s'avérer souhaitable.

En outre, il n'existe pas une permaculture, mais des permacultures. La Marcotte consiste en une transposition et une application des principes de la permaculture en milieu urbain.

Biomimétisme et architecture

Ont participé à cet échange :

Estelle CRUZ, École centrale de Lyon, diplômée en architecture et élève ingénieur

Marine JACQUES-LEFLAIVE, Architecte DESA, Gérante associée de l'Atelier Zéro carbone Architectes

Iswann ALI BENALI, Direction du développement durable - pôle Construction et Énergie du Groupe Eiffage

Henry DUCHEMIN

Nous allons maintenant tourner une nouvelle page de cette découverte du biomimétisme. Après avoir visionné un film, nous entendrons une série de témoignages sur le thème du biomimétisme et de l'architecture. Nous avons vu tout à l'heure comment « réparer le vivant ». Il s'agit désormais pour nous d'envisager la meilleure manière de l'habiter et de vivre avec.

Projection du film « Des algues dans nos villes », La Belle Société Production

Les biofaçades ou comment cultiver des micro-algues qui, en utilisant les eaux usées, le CO2 et les déchets organiques des bâtiments, vont produire de la biomasse et générer un système de chauffage et de refroidissement naturel.

Henry DUCHEMIN

La première de nos intervenantes à l'occasion de cette nouvelle série de témoignage sera Estelle CRUZ, architecte et élève ingénieur à l'École Centrale de Lyon. Estelle Cruz a accompli un tour du monde du biomimétisme et débutera bientôt une thèse en architecture sur la multi-régulation, performance énergétique et régénération des écosystèmes via l'approche biomimétique.

Marine Jacques-Leflaive, architecte à Nuits-Saint-Georges et spécialiste dans l'utilisation des matériaux naturels, les bâtiments passifs et l'utilisation des énergies renouvelables, nous donnera un exemple concret d'un bâtiment tout à fait original tout en étant typiquement bourguignon.

Enfin, Iswann Ali Benali, nous parlera d'un projet de R&D mené par le laboratoire Phosphore pour le compte du Groupe Eiffage.

Estelle CRUZ

De par ma formation d'architecte et d'ingénieur, je me suis intéressée au biomimétisme après avoir assisté à une conférence de Gauthier Chapelle. J'ai trouvé les réalisations présentées tellement fascinantes que j'ai décidé d'investiguer le champ du biomimétisme en architecture via un tour du monde. L'objectif de ce tour du monde était donc de partir pendant un an à la rencontre de différents acteurs pour pratiquer et contribuer à l'essor du biomimétisme. Mes partenaires étaient un centre de recherche technologique français, Nobatek ainsi que le Groupe Vicat.

La première étape m'a conduite au Zimbabwe. Mick Pearce est un architecte qui s'intéresse plus particulièrement aux termitières. Il faut savoir que les termites ont besoin de cultiver un champignon qui vient extraire la cellulose des végétaux, ce champignon nécessitant lui-même des conditions d'humidité très particulières. Ces conditions doivent notamment être constantes toute l'année, quelles que soient les variations climatiques. Or, le Zimbabwe se caractérise par un climat tropical avec des températures très chaudes pendant les trois mois que dure la saison des pluies puis des températures plus froides le reste de l'année.

Les termites ont donc pour challenge de maintenir un taux d'humidité constant quelles que soient ces variations. Elles développent pour cela différentes stratégies, la première consistant à construire des cheminées qui vont permettre d'accentuer le tirage thermique et donc d'apporter un effet de ventilation. Comme dans le vivant, tout est multifonctionnel, ces cheminées permettent également d'évacuer l'humidité, jouer avec l'inertie thermique du matériau, etc.

Mick Pearce a donc extrait tous ces processus d'analyse de la termitière pour les appliquer à un bâtiment, l'Eastgate Building. Il y reprend le principe du système de ventilation où l'air est pris en partie basse du bâtiment avant d'être acheminé dans les espaces collectifs puis évacué par des cheminées sur le toit. Ce bâtiment de bureaux datant de 1996 représente 55 000 mètres carrés et est encore pleinement opérationnel et efficace aujourd'hui. Mick Pearce a développé ce thème sur plusieurs



bâtiments - trois édifices au total dont un hôpital qui reprend exactement le même système. L'un des enjeux est d'intégrer ces bâtiments dans les écosystèmes pour essayer de régénérer ces derniers.

Un travail est mené par l'université de Kyoto sur les fractales, à savoir la répétition par motifs à différentes échelles. Cette géométrie fractale permet une ventilation transversale tout en générant des microturbulences en périphérie. L'objectif était donc d'abstraire ces processus géométriques pour leur trouver une application dans les bâtiments. L'ensemble a été rendu possible grâce à un objet mathématique, le Tétraèdre de Sierpinski, qui était déjà connu à l'époque et qui présente exactement les mêmes propriétés que l'arbre par sa géométrie fractale.

Les Japonais ont donc cherché à améliorer le Tétraèdre de Sierpinski pour lui intégrer un angle permettant de répondre à la position du soleil aux heures les plus chaudes en été afin d'ombrer certains espaces urbains. Le principe va probablement être appliqué dans le cadre des Jeux Olympiques de Tokyo en 2020. Des réflexions sont également menées autour de l'utilisation de matériaux à changements de phases.

Ces deux premières démarches se caractérisent par leur caractère spontané, en ce sens que Mick Pearce a remarqué que les termitières venaient ponctuer le paysage de manière variable selon les saisons tandis que les Japonais ont constaté que les phénomènes d'ilots de chaleur permettaient de conserver des températures relativement basses dans les espaces ruraux. Nous devons composer, de notre côté, avec des challenges bien déterminés dans nos différents bâtiments. Il s'agit donc pour nous de sélectionner le ou les systèmes vivants correspondant à une problématique donnée.

Tel est précisément le sens du travail mené par deux chercheuses, l'une au MIT (Massachusetts Institute of Technology) et l'autre en Nouvelle-Zélande, autour des méthodologies du biomimétisme appliquées à l'architecture.

La première méthode s'intéresse à la peau du bâtiment en tant qu'organe régulateur de la lumière, de l'eau, de l'air et de la chaleur, par exemple en s'inspirant de la fourrure de certains animaux vivant dans des climats très froids.

La réflexion menée par l'université de Victoria (Nouvelle Zélande) s'attache, de son côté, à la façon dont les écosystèmes peuvent nous inspirer pour repenser le bâtiment. Il s'agit de s'appuyer sur une méthodologie qui s'inspire de la façon dont fonctionnent les écosystèmes. Des bâtiments pourront notamment être conçus de telle manière qu'ils permettront de recycler aussi bien l'eau que l'air tout en stockant le carbone et en contribuant à régénérer les écosystèmes plutôt que les affecter. On peut citer en exemple un bâtiment aux États-Unis ayant obtenu le label Living Building Challenge³³.

Ce tour du monde du biomimétisme m'a donc permis de contribuer à l'état de l'art dans le domaine du biomimétisme. Il convient d'aller encore plus loin et de promouvoir davantage de bâtiments exemplaires et qui serviront de référence dans cette approche. La communauté internationale des chercheurs est encore assez éparpillée et aurait besoin d'être plus fédérée. Il conviendrait également de développer des méthodes d'accompagnement des projets d'architecture en biomimétisme. C'est plus particulièrement ce à quoi s'attache le Ceebios à Senlis, que je viens de rejoindre ces tout derniers jours.

Henry DUCHEMIN

Quel regard portez-vous sur la place de la France dans ce mouvement international autour du biomimétisme ?

Estelle CRUZ

De nombreuses entreprises et de nombreux centres de recherche sont en train d'avancer sur toutes ces questions en France. Il n'existe pas vraiment de politique générale à l'échelle d'un pays. Par exemple, il serait abusif d'affirmer que le Zimbabwe est engagé dans le biomimétisme, alors que la démarche est clairement portée par Mick Pearce de façon individuelle.

33 « le défi du bâtiment vivant », label de construction durable aux États-Unis

Henry DUCHEMIN

Nous pouvons donc en conclure que cette dynamique est entretenue par différents acteurs disséminés un peu partout sur la planète et qui s'engagent dans cette logique.

Je vais maintenant donner la parole à Marine Jacques-Leflaive, qui va nous livrer un exemple de bâtiment bio-inspiré.

Marine JACQUES-LEFLAIVE

Je pilote avec mon conjoint une agence d'architecture de huit personnes à Nuits-Saint-Georges. En attendant l'arrivée de tous ces matériaux extraordinaires qui sont annoncés dans les futures années, je m'efforce déjà de composer avec l'existant, c'est-à-dire que j'essaie d'utiliser la matière la plus naturelle possible pour réaliser des bâtiments.

Parmi les bâtiments que nous avons créés, je vais vous présenter ici l'exemple d'une cave que nous avons implantée en Bourgogne à proximité de Beaune. Le principe est de se rapprocher autant que possible des caractéristiques d'une cave enterrée, avec 90 % d'humidité et aux alentours de 13°C toute l'année, ce qui constitue les conditions idéales pour la conservation et l'épanouissement du vin. Or, nous nous sommes aperçus que dans certains secteurs de la Bourgogne, la nappe phréatique était trop proche pour prévoir des caves enterrées. Du coup, des hangars ont été construits avec d'importantes climatisations très consommatrices d'énergie fossile.

C'est la raison pour laquelle une viticultrice nous a contactés pour nous demander de construire une cave qui offrirait le même « cahier des charges » qu'une cave enterrée. Nous avons donc conçu une cave hors-sol, passive et sans climatisation. Pour ce faire, nous sommes allés fouiller dans les matériaux naturels alentour en essayant de les assembler de la manière la plus intelligente possible.

L'une des difficultés du projet tenait précisément dans le caractère instable de la matière vivante. Le vin est tellement sensible que la moindre déviation organoleptique, c'est-à-dire un composé chimique perturbateur dans l'atmosphère, peut le perturber et lui conférer ce que l'on appelle le « goût de bouchon ». Ces perturbateurs sont nommés les TCA (trichloroanisole), que nous retrouvons dans les matériaux ayant subi à la base une pollution atmosphérique, terrienne ou aquatique. Or, les matériaux naturels sont justement ceux qui sont les plus exposés à toutes ces pollutions puisqu'en tant que matière vivante, ils ont tendance à absorber ces polluants et à les restituer dans les bâtiments.

Dans le cas présent, le terrain était très restreint, 9 mètres de large pour 18 mètres de long. Nous y avons créé une voûte, deux portes permettant de se raccorder aux caves existantes et qui avaient été construites dans les années 60. La voûte en question s'inspire des voûtes nubiennes. En tant qu'architectes, nous souhaitons parvenir à une solution esthétique tout en étant structurellement intéressante et en travaillant sur le principe du nombre d'or. La voûte reprend le tracé de Ptolémée et les proportions du nombre d'or. Cette forme en œuf permet énergétiquement d'élever les vins dans de meilleures conditions cosmo-telluriques, c'est-à-dire que nous allons donner au vin la capacité de mieux entrer en relation avec le ciel et la terre.

Des dégustations à l'aveugle ont été organisées entre les vins issus des caves existantes et ceux qui ont été installés dans cette Cave de l'Œuf. Il en ressort une différence notable du point de vue des œnologues.

Les matériaux principaux sont le bois s'agissant de la structure, la paille pour l'isolation et la terre pour la finition intérieure et l'inertie thermique. Nous n'avons évidemment pas choisi une paille pleine de



pesticides telle que nous en trouvons trop souvent dans nos agricultures conventionnelles. Nous avons préféré nous rapprocher d'un agriculteur pionnier en matière d'agriculture biodynamique et extrêmement en conscience par rapport au vivant. Quant au bois, nous avons opté pour une structure qui n'utilisait pas du tout de colle. Nous avons utilisé pour cela une méthode dite du « bois massif reconstitué par clouage », qui consiste à prendre des planches de bois naturel en les clouant tous les 50 millimètres pour obtenir de grandes arches qui vont former la structure de la Cave de l'Œuf.

Comme la paille nous est parvenue sous forme de ballots mais non pas de bottes, nous l'avons installée sous un hangar avant de la dérouler dans des champs en pente pour la botteler.

Un tableau nous a permis d'analyser chacun des matériaux en termes de tenue des TCA afin de les valider avant leur installation.

Il nous a fallu quatre mois pour trouver un artisan capable de concevoir des fondations à l'ancienne en pierre mais les normes et les DTU³⁴ ont fini par nous décourager. Nous avons donc dû nous résoudre à couler des longrines en béton.

Les allées de travail sont en pierre de Bourgogne. Le sol n'est pas isolé, le principe étant de récupérer la fraîcheur de la nappe phréatique pour conserver la cave à un niveau constant de fraîcheur toute l'année.

Je souhaitais utiliser le liège pour l'isolation afin de profiter de son lien avec la nappe phréatique mais il est devenu quasiment impossible de trouver du liège qui ne soit pas issu de chênes lièges artificiellement grandis avec l'aide de pesticides. Nous avons donc utilisé de la mousse de pierre à la place.

Un filtre frein/vapeur a été installé sur les caissons de bois une fois ceux-ci posés, sachant que les principaux ennemis de la paille sont l'humidité et le froid. Il s'agit là d'une membrane plastique mais nous n'avions pas vraiment d'autres choix. Nous avons toutefois fait en sorte de trouver une membrane sans couche d'aluminium.

La brique de terre crue en pied de murs joue un rôle de « déphasage thermique » en ce sens qu'elle permet à la fraîcheur issue de la nappe phréatique de s'accumuler et d'être restituée lorsqu'il fait un peu plus chaud ou plus frais.

Des panneaux de roseau ont été placés au-dessus de la voute. Ces panneaux servent de support à l'enduit de terre prévu pour la finition et qui permet de jouer le même rôle que les briques pour le déphasage.

Le bardage extérieur est peint à l'ocre, avec une peinture composée d'huile de lin, de farine, de savon de Marseille, d'eau et d'ocre rouge. La voute constituée de seize couches nous permet d'obtenir un bâtiment passif, simple et uniquement construit en matériaux naturels. En outre, le bâtiment ne consomme absolument pas d'énergie fossile (ni d'énergie renouvelable d'ailleurs puisqu'il n'a tout simplement pas besoin d'énergie).

Nous avons également ajouté des rupteurs de champs électromagnétiques qui permettent à la cave de ne pas subir de rayonnements lorsque la lumière est éteinte.

La cave a été livrée en septembre 2013 et a aussitôt pu accueillir ses premières vendanges.

Henry DUCHEMIN

Merci de cette belle illustration.

Je vais maintenant donner la parole à Iswann ALI BENALI, qui travaille au sein de la Direction Développement Durable et Innovation Transverse du Groupe Eiffage et qui va témoigner des démarches de R&D autour du biomimétisme.

34 Document Technique Unifié. Ce document est la synthèse des règles de l'art concernant les ouvrages

Iswann ALI BENALI

Je vous propose de « dézoomer » notre champ de réflexion et de passer de l'échelle du bâtiment à celle de l'écosystème urbain.

Car, si le groupe Eiffage s'intéresse de près à l'approche biomimétique, c'est parce qu'il est engagé depuis 2007 dans une réflexion profonde sur l'aménagement et la construction des villes de demain.

Le biomimétisme constitue, en effet, pour nous un accélérateur de l'innovation, appelant à repenser nos modes de construire et d'aménager l'espace urbain.

La ville : creuset des enjeux du 21^{ème} siècle

Concentré de problèmes et en même temps formidable territoire d'innovations et d'expérimentations, la ville cristallise les plus grands défis du 21^{ème} siècle. Deux chiffres à retenir : 2/3 de la population mondiale sera urbaine en 2050. 80% des émissions mondiales de gaz à effet de serre sont concentrées par les villes en 2017.

Où trouver nos sources d'inspiration ?

Face à ces défis, la question que tous les acteurs de l'aménagement se posent c'est : comment trouver les réponses à cette crise écologique systémique qui impose un changement de cadre de référence dans notre façon de concevoir, de construire, d'habiter la ville de demain ?

Le pari du biomimétisme appliqué à l'urbain

La réponse que propose le biomimétisme c'est finalement un retour aux sources, une approche de bon sens puisqu'elle consiste à se tourner vers ce qui existe déjà et qui fonctionne depuis 3,8 milliards d'années. L'approche biomimétique met en effet à mal un postulat de base qui a consisté à opposer depuis des siècles nature et culture, génie du vivant et génie urbain, biosphère et technosphère. Le biomimétisme propose une réconciliation de ces antithèses en nous invitant à prendre la nature non pas comme « un gisement de ressources à exploiter sans limites mais bien comme un gisement de connaissances à explorer » comme l'explique si bien Janine Benyus³⁵.

Eiffage et l'approche biomimétique : un processus

Trois grands projets viennent illustrer l'intégration progressive de l'approche biomimétique dans la stratégie de recherche et développement d'Eiffage depuis :

- le laboratoire de prospective sur la ville durable Phosphore
- en passant par l'engagement du Groupe dans la Stratégie Nationale pour la Biodiversité,
- jusqu'à la première expérimentation du biomimétisme sur l'un de nos chantiers.

Phosphore ou les prémices du biomimétisme

Les prémices de la démarche biomimétique apparaissent au sein du Groupe avec la création du laboratoire de R&D interne « Phosphore » en 2007. Ce laboratoire de prospective a été initié par la Direction développement durable dans le but d'anticiper l'évolution de la pratique des métiers du Groupe face aux conséquences du changement climatique. Des conséquences environnementales et sociétales qui imposent de nouveaux modes de construire plus écologiques et plus en adéquation avec des modes de vie également en constante évolution. Pendant 7 ans, une centaine de collaborateurs du Groupe se sont réunis pour imaginer l'avenir post-carbone des villes de Marseille, Strasbourg et Grenoble, en proposant des scénarii urbanistiques innovants et dont les solutions imaginées



35 Scientifique américaine connue pour ses travaux sur le biomimétisme

conceptuelles ou techniques irriguent aujourd'hui l'approche d'innovation du Groupe pour l'ensemble de ses métiers.

Des similitudes méthodologiques

Si l'on peut dater la première marche d'Eiffage vers le biomimétisme avec Phosphore, c'est parce que Phosphore a tout d'abord adopté (sans le savoir) une démarche d'innovation très proche de celle du biomimétisme :

- l'ambition d'initier une innovation en rupture conceptuelle et technique en se projetant à horizon 2030-2050 dans un contexte totalement prospectif et libéré de tout carcan juridique, économique ou technique pour laisser place à la créativité. C'est également cette ambition de changement de cadre de référence que porte l'approche biomimétique.
- la pluridisciplinarité ou encore la fertilisation croisée des compétences qui constitue un autre point commun avec l'approche biomimétique. Une volonté délibérée d'ouvrir la culture ingénieure du Groupe à d'autres domaines notamment issus des sciences humaines. Réconcilier des disciplines qui ne se parlent pas, casser la culture des silos : un autre grand défi du biomimétisme.
- Enfin, l'analyse systémique. L'ADN de notre laboratoire : une vision à 360 degrés des enjeux de développement urbain durable pour prendre en compte toutes les composantes de l'écosystème urbain et des interactions entre nature, énergie, habitat, services, usages, mobilités. C'est bien ici la notion de fonctionnement écosystémique que l'on retrouve dans le biomimétisme pas seulement limité à la copie de la forme mais aussi des fonctions et processus du vivant.

Un changement de regard sur les liens entre nature et ville : première entrée dans l'approche biomimétique d'Eiffage

De cette manière, les réflexions du laboratoire Phosphore nous ont conduits à complètement revoir notre conception limitée, bien souvent figée et anthropocentrée de la nature et des liens qu'elle pourrait tisser avec la ville. En effet, dans les projets urbains, nature = bien souvent paysage = matière inerte à modeler au gré de nos désirs esthétiques. Pourtant, le laboratoire Phosphore nous a fait passer d'une nature « ornementale » à une nature « utile » susceptible d'apporter des services écosystémiques aux citoyens. Une réflexion approfondie a été menée en ce sens avec des écologues et des bureaux d'études spécialisés en biodiversité pour imaginer comment l'aménagement urbain de demain pourrait intégrer des espaces dédiés à la préservation de la biodiversité, connectés aux trames vertes et bleues du territoire, tissant des liens entre villes et campagnes, et apportant de nouveaux services : épuration de l'air, réduction de l'îlot de chaleur urbain, dépollution des sols, circuits courts d'approvisionnement en ville, etc. Cette conception écosystémique de la nature est à mon sens un premier pas vers la conception bio-inspirée ou biomimétique à proprement parler.

La Stratégie Nationale pour la Biodiversité : matérialisation d'un engagement stratégique

Ce changement total d'approche engagé par le laboratoire Phosphore s'est matérialisé et officialisé dès 2012, à travers l'engagement du Groupe dans la « Stratégie Nationale pour la Biodiversité » à l'initiative du Ministère de l'Environnement. Cette démarche invite tous les acteurs économiques à anticiper la transition écologique dans la pratique de leurs métiers et activités. Elle s'est traduite chez Eiffage par un programme de 23 actions volontaires qui visent toutes à maîtriser l'empreinte environnementale des activités du Groupe à travers, par exemple, la recherche de nouveaux matériaux de construction, la conception de bâtiments biodiversifiés ou encore l'intégration du biomimétisme dans la stratégie de recherche et développement du Groupe.

C'est en poursuivant cette dernière action que la Direction du développement durable d'Eiffage s'est rapprochée du CEEBIOS dès 2013 en tant que membre fondateur. L'objectif de ce partenariat est très clairement d'aider le Groupe à s'inspirer des formes et fonctionnalités de la nature pour améliorer ses procédés constructifs, matériaux et projets d'aménagement, en augmentant leur performance environnementale.

Pour ce faire, 3 grands axes de développement sont poursuivis. Je vous propose de les découvrir dans cette dernière partie de mon exposé.

1er axe : intégrer des porteurs de solutions biomimétiques dans nos projets de construction

En tant qu'ensemblier de la ville, avec ses branches multi-métiers, Eiffage est de plus en plus amené à être un intégrateur de solutions urbaines portées par un écosystème de partenaires innovants actifs sur toutes les composantes de l'écosystème urbain. Dans cette perspective, Eiffage envisage de pouvoir incuber des solutions biomimétiques portées par des acteurs externes à l'entreprise pour favoriser l'expérimentation. Trouver des terrains de jeu, rechercher des compétences complémentaires, cofinancer l'innovation sont autant de dispositifs d'accompagnement que le Groupe propose pour passer le cap de la première expérimentation.

Quelques exemples :

Les biofaçades de l'agence d'architecture XTU que le groupe Eiffage envisage d'intégrer sur un projet porté par l'une de ses branches en région parisienne afin de coupler bénéfice thermique et intégration d'une forme d'agriculture urbaine en façade dans une interaction symbiotique.

A l'instar de ce que nous avons vu ce matin avec les Fermes d'Avenir, les projets d'agriculture urbaine bio-inspirée du type agro-écologie/permaculture avec Topager, La Marcotte portée par l'Institut Inspire ou encore le projet Ufarm porté par Upcycle. Il s'agit ici de mettre en œuvre des modèles d'agriculture écologique bio-inspirée, valorisant par exemple dans une démarche d'économie circulaire les déchets humains comme le marc de café, c'est le cas d'Upcycle.

La phyto ou mycoremédiation qui consiste à dépolluer les sols avec l'aide de plantes ou de champignons. La mycoremédiation constitue la première expérimentation d'un procédé biomimétique sur l'un des chantiers d'Eiffage. Il s'agit d'une technique alternative de dépollution développée par Polypop sur l'écoquartier Smartseille. Une première en Europe que les équipes d'Eiffage Construction Méditerranée ont mise en œuvre sur 90 m³ de terre afin de tester une technique de dépollution alternative innovante et bien moins énergivore.

2ème axe : développer des formes d'habitat bio-inspiré

Le deuxième axe de réflexion s'oriente autour de la conception d'un habitat bio-inspiré. Ce projet s'inscrit dans un travail plus prospectif qui pourrait néanmoins donner lieu à des réalisations très concrètes à moyen terme. Nous avançons sur ce sujet au côté du CEEBIOS au sein d'un groupe de travail dédié à l'habitat bio-inspiré. Nos réflexions portent ainsi sur :

- de nouveaux procédés constructifs, notamment au travers de l'impression 3D ou de la construction robotisée ; nouvelles technologies sans lesquelles nous ne pourrions pas envisager de reproduire les formes complexes du monde vivant.
- Nos réflexions portent également sur la gestion alternative de l'énergie, à l'instar des réalisations de Mick Pearce au Zimbabwe qui s'inspire du système de ventilation passive des termitières pour concevoir son bâtiment.
- Nous travaillons également sur la question des enveloppes multifonctionnelles de bâtiment qui, tout comme la peau d'un organisme vivant, pourraient permettre à un habitat de respirer, de se réguler thermiquement, de maîtriser son hygrométrie, voire de capter de l'information pour la redistribuer à l'intérieur.
- Le sujet des matériaux nous intéressent également, des matériaux plus légers tout en étant plus résistants, des matériaux qui s'auto-réparent, qui sont isolants et perméables à la fois.

Bref, les sujets d'exploration se multiplient et donneront lieu à des expérimentations, pour commencer à petite échelle que nous envisageons de mettre en œuvre prochainement accompagnés d'architectes et bureaux d'études engagés dans la démarche.

3ème axe : un quartier conçu selon les principes du biomimétisme systémique ou écomimétisme

Cette approche à l'échelle du bâtiment pourrait être poussée à la conception d'un quartier biomimétique, bio-inspiré, on parle alors de biomimétisme systémique visant à construire un écosystème urbain fonctionnant selon les mêmes principes qu'un écosystème naturel.

Il s'agit de repenser notre aménagement urbain en s'efforçant de concevoir des écoquartiers autonomes en énergie, en mesure de recycler 100 % de ses déchets, d'intégrer le cycle naturel de l'eau, des écoquartiers loca-construits, évolutifs, résilients, etc.

C'est un axe de réflexion plus exploratoire que nous comptons appréhender en commençant par définir un cahier des charges de l'habitat bio-inspiré au côté du CEEBIOS.

Henry DUCHEMIN

Si j'ai bien compris, pour le Groupe Eiffage le développement durable est très lié à la Recherche & Développement puisque vous venez de témoigner d'un investissement assez significatif de votre entreprise. Est-ce bien cela ?

Iswann ALI BENALI

Tout à fait. La preuve la plus récente et sans doute la plus parlante, c'est que notre service vient d'être renommé par la Direction générale. La Direction développement durable d'Eiffage est, en effet, devenue en 2017 la Direction du développement durable et de l'innovation transverse, chargée de coordonner la stratégie d'innovation du Groupe pour l'ensemble de ses branches métiers. Contrairement aux Directions d'autres grands groupes bien souvent orientées sur des missions de communication ou de réponses réglementaires, la Direction développement durable d'Eiffage s'est positionnée dès sa création sur des missions stratégiques en prise avec les cœurs de métiers du Groupe. Le laboratoire Phosphore en est la première preuve, l'accompagnement opérationnels dans les réponses à appel d'offres ou développement de projets sur le volet développement durable et innovations en est une autre également. Il faut aussi avoir en tête que, chez Eiffage, la Direction développement durable est directement rattachée à la Direction Générale qui entend le développement durable comme un axe stratégique de développement, de différenciation par rapport à la concurrence et d'innovation au sein du Groupe.

Échanges avec la salle

Anne-Cerise TISSOT, d'Alterre Bourgogne-Franche-Comté

Vous avez surtout parlé de nouveaux bâtiments et de nouveaux quartiers mais des solutions sont-elles également examinées pour les bâtiments et les quartiers existants ?

Iswann ALI BENALI

Le parc existant représente effectivement 98 % du parc immobilier, donc oui, je vous rejoins totalement : là est le réel vecteur d'impact environnemental. Nos réflexions prospectives ou actuelles s'orientent sur cet enjeu majeur comme par exemple :

- Le travail sur les enveloppes dont j'ai parlé précédemment qui pourraient parfaitement venir s'intégrer sur des bâtiments existants pour augmenter leur performance thermique.
- L'enjeu biodiversité et intégration des services écosystémiques en ville s'appliquent également au parc existant pour participer à une forme de « renaturation » des espaces urbains actuels. Dans Phosphore, nous avons ainsi repensé l'aménagement d'un des principaux axes de la ville de Grenoble actuellement marqué par une circulation intense. L'idée était d'y installer un transport urbain par câble pour libérer l'emprise au sol et ainsi désimperméabiliser cet axe routier dans une dynamique de trames vertes à l'échelle du territoire.
- D'autres innovations (plus éloignées de la démarche biomimétique) mais complètement en phase avec cet enjeu existent ou sont en cours de développement également chez Eiffage : je pense au concept de logement évolutif, parking mutable, construction container bois, etc.

Emmanuel DELANNOY

Au-delà de la mise en place de cette cave que vous venez de nous décrire, avez-vous aussi des projets d'école, de crèche ou autres qui intégreraient le même type de réflexions ?

Marine JACQUES-LEFLAIVE

Nous sommes une petite équipe, de sorte que nous ne disposons quand même pas d'un panorama très étendu de projets. Pour l'instant nous avons été sollicités sur des dossiers de caves et de lieux de stockage. Nous avons aussi beaucoup de projets de réhabilitation de type « mouton à cinq pattes » avec des logements un peu singuliers mais il est vrai que j'aimerais beaucoup être contactée pour un projet d'école car il en va de l'enfance comme du vin : il faut en prendre le plus grand soin.

Hubert TAIEB, Grenoble INP - Phelma

Où le trouve l'écoquartier que vous venez d'évoquer à Marseille ?

Iswann ALI BENALI

Cet écoquartier est en cours de construction et sera achevé début 2019. Le phasage du chantier a déjà commencé et les premiers lots ont été finalisés. Une partie des bureaux destinés aux services de la Ville de Marseille sont déjà installés sur le site. Un hôtel est également livré et les premiers habitants arriveront à l'été 2017. Le chantier se situe dans EuroMéditerranée 2, en face du Port Autonome de Marseille, le long de la passerelle autoroutière.

Jean-Michel SCHEUREN

J'ai été très intéressée par l'exposé sur la cave de l'œuf. Je souhaite savoir si la combinaison terre/paille est désormais utilisée de manière systématique par votre cabinet, sachant que cette combinaison semble particulièrement satisfaisante en termes d'économie circulaire et de durée du cycle de vie des bâtiments.

Marine JACQUES-LEFLAIVE

J'appartiens à une génération d'architectes où ce type de combinaison est de plus en plus utilisé. Nous profitons là du travail des pionniers, c'est-à-dire que ce sont surtout les architectes de la génération précédente qui ont éprouvé les plus grandes difficultés, aussi bien financièrement dans leurs agences qu'en termes de mise au point de toutes ces combinaisons. Nous avons dans notre agence un architecte qui est devenu spécialiste des constructions en terre et avec laquelle nous essayons de mener des expériences tout en restant extrêmement basiques dans notre approche. Ceci ne nous empêche pas de trouver des innovations très intéressantes, ce qui montre bien que ce domaine est promis à un essor très rapide pour peu que nous sachions promouvoir nos avancées.

Gérard FAIVRE, CAUE Côte-d'Or

Le biomimétisme ne pourrait-il pas constituer le début de la rupture dont parlait Madame NORMAND en début d'après-midi pour lever les freins qui existent encore aussi bien sur l'urbanisme que sur la construction et parvenir à ce que la Cave de l'Œuf récupère son soubassement en pierre ?

Marine JACQUES-LEFLAIVE

Si le biomimétisme doit constituer la porte d'entrée pour valider un système constructif aussi ancestral, alors nous ne pourrions que nous en réjouir. Il faudrait déjà que l'on nous permette d'essayer et d'innover, sachant que très peu d'options sont autorisées en dehors du béton. Nous disposons pourtant aussi bien de l'envie que des matériaux voire même un peu de budgets mais nous sommes bloqués par les règles.

Eric MONNOYER

Avez-vous déjà des retours d'expérience sur la rénovation de bâtis anciens classiques ou classés en isolation durable ?

Marine JACQUES-LEFLAIVE

Nous essayons à chaque fois d'expérimenter de nouveaux systèmes d'isolation « perpirants », c'est-à-dire qui n'utilisent pas de frein/vapeur et qui font en sorte que la pierre ne soit pas déstructurée ni dans

son hygrométrie naturelle, ni dans quoi que ce soit d'autre. Nous avons déjà conçu de cette manière trois systèmes de réhabilitation écologique dont je pense qu'ils pourront nous servir d'exemples pour la suite. Surtout, ces systèmes nous permettent d'éviter d'avoir recours à l'ossature métallique ou le remplissage en laine de verre. Nous parvenons ainsi à réaliser des isolations en fibre de bois avec finition en terre, avec ici un retour d'expérience de près de cinq ou six ans et aucun dommage spécial rencontré. Ces systèmes impliquent toutefois de repenser tous les réseaux à l'intérieur de la rénovation puisqu'il n'est plus question de les faire passer par le doublage intérieur.

Madame PINAULT, Conseil Départemental de la Nièvre

Les différentes présentations ont fait état d'innovations très intéressantes et dont nous pouvons espérer qu'elles se multiplient. L'écoquartier de Marseille apparaît notamment assez novateur. Le tout est de savoir comment mobiliser les maîtres d'ouvrage publics ou privé sur des innovations aussi importantes et faire tomber les barrières face à ceux qui ne veulent pas prendre de risques. La tentation est grande de rester dans le normatif et de poursuivre comme cela a toujours été fait.

Olivier DECAMPE, journaliste

Dans le même ordre d'idée, comment un grand Groupe comme Eiffage entend-il passer d'une logique de simples tests et de projets ponctuels à une logique de systématisation de ces problématiques dans chacun des projets ?

Iswann ALI BENALI

Vous posez à travers ces deux questions les principaux défis d'une Direction du développement durable et de l'innovation transverse dans un grand groupe. Plusieurs éléments de réponse :

- L'évolution de la réglementation mais aussi de la commande publique vers des appels d'offres plus exigeants d'un point de vue environnemental et social me semble être le levier le plus évident. Comment promouvoir des démarches d'innovation au sein d'une entreprise si le client n'a aucune attente ou exigence en la matière ? L'émulation créée autour des enjeux de développement durable par des concours d'aménagement ambitieux est essentielle. Elle nous permet de légitimer notre approche, de montrer son intérêt économique, ses liens avec les cœurs de métier de l'entreprise.
- Au sein de l'entreprise, l'un des facteurs essentiels de réussite me semble être l'adhésion des fonctions opérationnelles à des projets dont l'ADN est le développement durable. Je pense notamment à la réussite au sein d'Eiffage du projet Phosphore qui a réuni une centaine de collaborateurs du Groupe bien au-delà des fonctions environnement. Ces collaborateurs bien souvent ingénieurs, commerciaux, chargés d'affaires ont participé activement au projet et ont pu comprendre de l'intérieur son caractère stratégique et différenciant. Ils sont ensuite devenus les ambassadeurs internes du développement durable dans l'entreprise avec une crédibilité du point de vue des opérationnels bien plus importante de fait.
- Sur la question du passage d'un pilote à une systématisation potentielle, je pense que le fait de s'appuyer sur des projets pionniers permet avant tout de convaincre en interne (comme en externe) et constitue la première marche vers la structuration de l'approche à travers des outils opérationnels de diffusion et d'accompagnement interne qui permettent dans un second temps la reproductibilité des expérimentations. Il ne faut pas négliger la portée des projets d'innovation qui peuvent jouer un rôle d'ambassadeur stratégique pour convaincre d'autres acteurs de s'inscrire dans cette même dynamique. L'enjeu consiste ensuite à mettre en place des dispositifs d'accompagnement, des facilitateurs pour dupliquer ces innovations : référents innovations, retours d'expérience, dispositifs financiers, partenariats stratégiques, etc.

Frédéric MAILLARD, ingénieur agricole

Vous avez parlé de « remettre la nature dans la ville » mais il ne faut pas non plus perdre de vue que nous avons d'abord commencé par installer des villes dans la nature. À cet égard, que pensez-vous de cette tendance à l'agrégation démographique qui conduira 90 % de la population à vivre dans des villes d'ici 2050 ? Considérez-vous qu'il s'agit d'une fatalité ou bien pensez-vous que l'architecture a un rôle à jouer pour repenser ces densités de population sur le territoire ?

Iswann ALI BENALI

L'explosion démographique urbaine au 21^{ème} siècle est une tendance de fond qui est, il me semble, une conséquence de paramètres pluriels économiques, sociaux, territoriaux, historiques, culturels qui dépassent largement notre périmètre d'action en tant qu'entreprise du BTP. De ce fait, notre principal défi est plutôt de limiter autant que possible l'expansion des villes sur les « territoires naturels » tout en garantissant une qualité de vie urbaine optimale aux citoyens. Comme vous le rappelez justement, l'aménagement urbain constitue une action anthropique dont l'empreinte environnementale est à limiter, en densifiant l'espace urbain intelligemment. La conduite des projets d'aménagement urbain, le choix des architectes, la répartition des fonctions urbaines, les procédés constructifs et matériaux employés, peuvent en effet, constituer une contribution nette à un processus de densification urbaine réussi parce que respectueux du territoire dans lequel il s'inscrit.

Clôture

Louis-Albert de BROGLIE, dit « le Prince Jardinier »

Cette journée a permis de mettre en exergue plusieurs sujets, avec en premier lieu ce fameux biomimétisme qui n'est autre que la capacité d'innovation de la nature. Ce phénomène nous montre que l'innovation est à la portée non seulement de beaucoup des acteurs publics ou privés mais aussi de ceux qui sont dans leur jardin et qui ont simplement envie de s'en inspirer pour se nourrir.

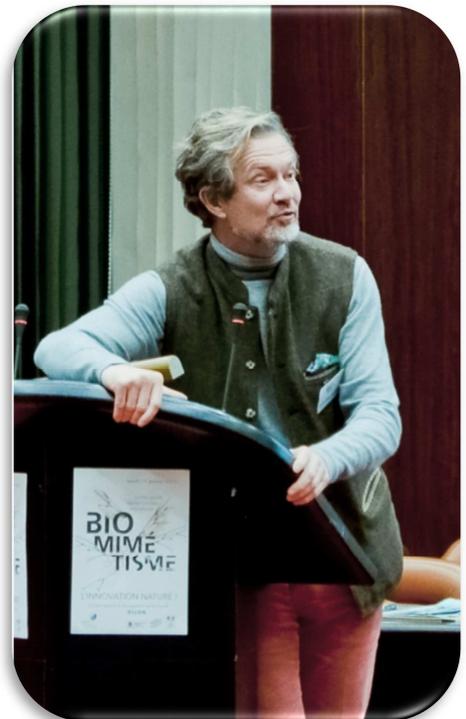
Tout cela nous conduit, en somme, à ce constat que l'écologie, c'est avant tout de l'économie. Or comme l'économie est ce qui semble porter le monde tel qu'il est, il est important de rappeler qu'elle comporte aussi une dimension sociale et humaine.

L'homme est aujourd'hui défiant vis-à-vis de ses gouvernants. Tous les articles de journaux nous disent d'une manière ou d'une autre que nous avons atteint les limites d'un système. Nous avons parlé ce matin du système agricole et je vais maintenant évoquer la notion de réponse à la défiance. Aujourd'hui dans le monde, cette réponse prend la forme d'une recherche d'identité. Dans un monde globalisé où l'information est accessible à tous, il y a comme une forme d'apaisement pour les personnes à retrouver leurs racines.

La réponse à cette défiance recoupe également l'idée d'une autonomie aussi bien alimentaire (pouvoir nourrir les siens) que sanitaire (ne pas tomber malade). La santé coûte aujourd'hui très cher aux États et chacun s'interroge donc sur ce qu'il en sera à l'avenir.

Le troisième enjeu est celui de l'éducation car c'est bien par ce biais que nous, comme nos enfants, pourrions devenir autonomes.

Il y a quatre ans, avec Maxime de Rostolan, qui avait participé avec moi pendant plus de six ans à la recréation des éditions Deyrolle pour l'Avenir, nous nous étions interrogés sur la fameuse notion de résilience alimentaire des territoires. Il s'agissait de faire en sorte de s'appuyer sur des micro fermes dans les territoires afin de répondre à la déshérence de l'agriculture, au sens de la qualité de la nourriture que chacun peut espérer trouver dans son assiette. Je rappelle, à cet égard, qu'en 1995, quand j'ai créé le conservatoire de la tomate, en pleines problématiques de dioxine, de vache folle, tout le monde s'étonnait de trouver autant de polluants mais sans savoir que la situation était bien pire encore puisque lesdits polluants se nichaient dans toutes les chaînes alimentaires.



Nous nous sommes évidemment inspirés dans nos recherches de plusieurs fermes dans le monde, avec en premier lieu la ferme du Bec-Hellouin autour du travail exceptionnel de Perrine et Charles Hervé-Gruyer. Ces derniers ont montré que des personnes qui n'étaient pas « héritières » de l'agriculture pouvaient lui permettre d'emprunter une autre voie.

L'agriculture à la sortie de la guerre représentait 3,5 millions de fermes ; aujourd'hui elle ne compte plus que 450 000 grandes fermes et 150 000 petites fermes. Parallèlement à ce mouvement de concentration s'est opéré un retournement fondé sur un certain nombre de certitudes. La première correspond à cette aberration par laquelle il nous faut désormais environ sept calories fossiles pour créer une calorie alimentaire quand il en fallait moins d'une calorie à la sortie de la guerre. Autrement dit, nous en sommes arrivés à détruire notre patrimoine commun pour nous nourrir.

L'expérimentation du Bec-Hellouin, tout comme d'autres dans le monde, avait permis de prouver qu'il était possible de ré-agrader³⁶ les sols et les écosystèmes en évoluant sur de petites surfaces tout en résolvant un certain nombre de problèmes autour de la notion d'agroécologie inspirée par la permaculture. Toutes les expérimentations dans le monde tendaient à démontrer que cette évolution était possible mais il restait un problème majeur, qui est celui de tous les élus et de tous les porteurs de projets de ces micro fermes, c'est-à-dire de savoir si elles étaient susceptibles de ne pas perdre de l'argent et de se trouver à l'équilibre.

Je me souviens, lors d'une de mes premières conférences, de ce fonctionnaire du ministère de l'agriculture qui m'avait enjoint à ne pas faire rêver les personnes vis-à-vis de « *quelque chose qui ne peut pas fonctionner* ». J'ai trouvé cette réflexion formidable venant d'une institution qui explique à tout le monde qu'il convient de pratiquer une agriculture chargée d'intrants et qui conduit les fermiers à s'endetter. Il m'a alors répondu que j'avais peut-être raison mais que « *rien n'est prouvé* »....

Effectivement la recherche de cet équilibre pose un problème très simple et qui relève quasiment de la comptabilité publique. Évidemment si la somme des externalités négatives, à savoir l'ensemble des destructions des sols, de la santé humaine, des emplois etc. n'est pas prise en ligne de compte, on peut s'interroger effectivement sur l'intérêt pour de nouveaux acteurs de pratiquer exactement le contraire, c'est-à-dire d'agradier les sols, de faire en sorte que l'on refixe le carbone, qu'il existe une biodiversité et que l'on filtre l'eau.

Indépendamment donc de la démonstration agronomique, l'expérimentation de la ferme de la Bourdaisière (Fermes d'Avenir) avait notamment pour objectif de parvenir à un équilibre économique tout en essayant d'établir les conditions d'essaimage de ce type de ferme et faire en sorte de trouver des porteurs de projets. Il existe, de fait, trois types de porteurs entre les particuliers, les entreprises et les collectivités, à savoir tous ceux qui disposent d'une friche (quelle qu'en soit la taille) et dont on peut s'interroger sur l'utilité pour eux de la conserver en l'état.

La troisième fonction de cette ferme était aussi de mieux comprendre les *externalités positives* liées à un tel projet, sachant qu'il s'agit bien là du mot-clé pour comprendre la démarche.

Nous avons ainsi défini six critères d'externalité positive.

Le premier renvoie à l'impact agronomique. Les expériences comme celle de Bec-Hellouin ont permis de constater que l'on était passé en cinq ans d'un équivalent d'abondance de 35 000 à 57 000 euros par 1 000 mètres carrés cultivés. Je rappelle que la règle fréquemment retenue dans le maraîchage est de 10 000 à 15 000 euros par hectare.

Le deuxième critère est celui de l'impact sur la santé et l'écologie des sols. Il s'agit de mesurer comment ces démarches vont permettre de dépolluer demain les sols et les nappes phréatiques tout en contribuant au retour du vivant.

Le troisième aspect, tout aussi fondamental, est celui de la santé des hommes. Il faut savoir notamment que les perturbateurs endocriniens en Europe représentent un coût annuel qui se situe, selon les calculs, entre 170 et 250 milliards d'euros dont 70 à 80 milliards d'euros pour la seule France. Tout cela recouvre notamment le coût des maladies de Parkinson, des cancers, des diabètes etc. mais aussi le coût des intrants.

³⁶ Par opposition à ce qui le dégrade

La dimension de santé revêt donc une importance majeure dans cette optique, puisque non seulement ces intrants coûtent une fortune mais ils obligent à dépenser des sommes folles pour soigner les personnes quand il faudrait davantage raisonner en termes de prévention.

Le quatrième sujet est celui de l'éducation. Il est fondamental de comprendre comment fonctionnent les sciences naturelles, pourquoi chacun peut se nourrir mieux etc. : il faut éduquer, aussi bien au travers de l'école mais aussi et surtout au travers de travaux pratiques.

J'ai eu l'occasion d'assister à une conférence formidable sur l'agroécologie de l'INRA (Institut national de la recherche agronomique). Il y avait là près de 600 personnes mais aussi bien les portes que les micros avaient été fermés. Pourquoi ? Parce que tous les scientifiques s'accordaient sur le constat que le choix de la chimie avait constitué une erreur fondamentale et qu'il fallait revenir à l'agroécologie. Vous pouvez imaginer la réaction d'un des agriculteurs présents, qui se souvenait très bien trente ans en arrière comment Lydia et Claude Bourguignon avaient été traités lorsqu'ils avaient alerté sur les risques d'appauvrissement des sols. Pendant 40 ans l'INRA a « vendu » la chimie comme seule solution... avant de reconnaître aujourd'hui qu'elle s'est trompée.

En tout cas, tout cela montre bien l'importance de la notion d'éducation, laquelle nous conduit ensuite à nous interroger sur ce que doit être le modèle à suivre désormais.

Je ne peux que vous encourager à lire le rapport "*Miser (vraiment) sur la transition énergétique*", rédigé collectivement par le *think thank* The Shift Project³⁷, dont l'un des grands chapitres est consacré à l'agriculture. Les auteurs nous disent que pour décarboner l'économie, il faut d'abord décarboner l'agriculture. Or, aujourd'hui, entre la production et le transport, l'agriculture représente plus de 30 % des émissions de gaz à effet de serre.

Cette décarbonisation passe par la mise en place de nouvelles fermes, sachant que les agriculteurs de demain ne seront évidemment pas ceux d'hier. Vous imaginez bien, en effet, que si les agriculteurs sont de moins en moins nombreux, ce ne sont certainement pas ceux qui diminuent qui vont créer ces nouvelles fermes. Ces créateurs seront des personnes non issues du monde agricole, c'est-à-dire nous tous qui, à un moment ou un autre, pouvons être amenés à nous dire « *pourquoi pas ?* ».

L'achat d'un hectare de terre ne représente pas une somme considérable. La question de la formation est plus complexe mais elle n'est pas insurmontable. Ces terrains et ces nouvelles ressources humaines disponibles pourraient potentiellement conduire à la création de 50 000 à 100 000 fermes en France. Ces personnes disponibles peuvent se trouver aussi bien parmi ceux qui n'ont pas d'emploi que parmi ceux qui ne trouvent plus de sens à leur travail. Ces fermes permettraient donc la création de l'ordre de 200 à 300 000 emplois.

Enfin, le sixième volet est celui de l'économie, partant du principe que ces fermes contribueraient à recréer de l'économie locale, que ce soit en termes de production ou de transformation. Il faut savoir qu'à l'heure actuelle, plus de 50 % de la production est perdue avant la production. Une transformation locale permettrait donc de limiter fortement ce gâchis.

Dès lors, qui est prêt à se lancer dans une telle aventure ? La réponse tient probablement dans les modalités d'aide qui pourraient être associées à une telle démarche. Nous savons tous qu'il faut de l'ordre de quatre à cinq ans avant qu'un fermier qui se lance dans ce type de projet puisse commencer à en vivre. Or pendant ces quatre ou cinq ans, le fermier a déjà commencé à agrader l'environnement et l'écosystème humain, social et environnemental.

Par conséquent, au même titre que la PAC (politique agricole commune) a financé le contraire, tout l'enjeu sera de trouver l'équation à apporter à l'État pour qu'il comprenne l'intérêt d'accompagner ces nouveaux fermiers. Autrement dit, ce sont les personnes mêmes du territoire qui aideraient ces personnes à s'implanter.

Tout cela demande évidemment du courage politique. Le groupe SOS a sorti un plaidoyer³⁸ de 150 pages qui est un concentré d'intelligence sur le plan scientifique et économique afin d'expliquer

³⁷ Alain Grandjean, Hélène Le Teno, rapport « cartographie de la transition carbone » téléchargeable sur le site TSP : <http://theshiftproject.org/fr/cet-article/cartographie-de-la-transition-carbone-un-projet-collectif-ambitieux>

³⁸ Disponible sur le site : <https://fermesdavenir.org/plaidoyer>

qu'il est désormais possible d'évaluer toutes ces externalités positives. Ce plaidoyer a été introduit par Nicolas Hulot le 6 octobre dernier. Il dit, en substance, qu'à présent que nous avons fourni l'abscisse et l'ordonnée de la réflexion de chacune des externalités positives, il nous faut maintenant passer à l'équation et aller voir les hommes politiques qui sont capables de courage et d'écoute. Ces politiques savent pertinemment que le système ne peut pas continuer à fonctionner comme il l'a fait jusqu'alors, sachant que les défiances dont ils font l'objet et dont j'ai fait état au début de mon exposé finissent par devenir ingérables pour les élus qu'ils sont.

En admettant qu'il nous faille 5 000 fermes dans chacune des 13 régions et en partant du principe de 3 hectares en moyenne par ferme, il faudrait donc trouver 15 000 hectares de microterritoires disponibles dans chacune des régions, ce qui paraît tout à fait réalisable. Nous aurons donc ici 5 000 entrepreneurs potentiels porteurs d'idées et dont il restera à savoir comment nous allons rémunérer ce qu'ils vont apporter au territoire. On s'apercevra dès lors très vite que les chiffres correspondants ne sont pas si considérables au regard du gain pour la collectivité, que ce soit en termes d'emploi, d'apport pour l'environnement, d'exemplarité vis-à-vis de la jeunesse etc. Au contraire, ceci ne constituerait qu'une goutte d'eau vis-à-vis d'autres dépenses.

Le grand sujet de la deuxième version du plaidoyer qui doit paraître en fin d'année va donc précisément consister à établir cette valeur afin de pouvoir l'expérimenter dans une région et faire en sorte de rémunérer les services écosystémiques.

Lorsque l'ONU (organisation des Nations Unies) a mis en place ses « mécanismes de développement propre » afin de compenser les émissions de carbone et qui permettent, par exemple, à l'Oréal de planter des arbres en Colombie pour se « racheter » des émissions qu'ils n'ont pas pu réguler, l'équation correspondante a été littéralement « sortie d'un chapeau ». *A contrario* ici, nous sommes en train de travailler sur une réponse à ces six interrogations sur la base d'éléments plus précis, même s'ils resteront encore un peu approximatifs. Le risque n'est pas de se tromper dès lors qu'il s'agit avant tout de poser les bases d'une autre vision de cette agriculture agradante pour les sols et pour le vivant. Le monde de demain ne sera meilleur que si les décisions sont prises dans les territoires.

Henry DUCHEMIN

Avant de clore cette journée, je voudrais remercier l'équipe d'Alterre Bourgogne-Franche-Comté, ses financeurs et administrateurs, les élus, ainsi que le Conseil régional qui nous a accueilli et l'ensemble des intervenants comme des participants. Merci beaucoup et bon retour.

Liste des inscrits

AGNOLA Pierre, Mairie de Sanvignes-les-Mines
ALGIS Simon, AgroSup Dijon
AMBLARD Jean-Baptiste, AFC
ASHTA Arvind, Burgundy School of Business
AUBERT Elodie, CEA Valduc
AUGUSTE Valérie, Conseil régional de Bourgogne-Franche-Comté
BADIA Sandrine, Ateliers Forme(s)
BAILLARD Olivier, Golf Norges Dijon Bourgogne
BALDE Cheikh Oumar, Syndicat mixte de haute Côte-d'Or
BALET Jean-Michel
BARBET Maurice
BARBIER Jean-Luc, Mairie de Painblanc
BARRE Olivier, BiblionTek SAS
BATAILLE Anne-Céline, Direction départementale des territoires de Côte-d'Or
BAUDOIN Didier
BÉGUINOT Jean, Société d'histoire naturelle du Creusot
BELTRAMI Sylvie, Adeny (Association de défense de l'Environnement et de la Nature de l'Yonne)
BEMBASSAT Philippe, Suez Centre Est
BIGNAND Louis, Terre de liens BFC
BOISNEAU Alain, Mairie de Marsannay-la-côte
BONDOUX Marinette, Fédération française des clubs alpins et de montagne
BONNAVAUD Hervé, FREDON Bourgogne
BONNIN Christine, Compagnons de l'Environnement
BORNECK Amandine, Université de Bourgogne
BOUCHARD Julien, Agence française pour la biodiversité
BOUCHET Véronique, DREAL Bourgogne-Franche-Comté
BOUCHIRE Fanny, AgroSup Dijon
BOUDARD Muriel, DREAL Bourgogne-Franche-Comté
BOUDIER Sandrine
BOULY Bernard, AGC Proman
BOYEUX Bernard, BioBuild Concept
BRAILLON Céline, DREAL Bourgogne-Franche-Comté
BRICE Marc-Antoine, PYXAIR
BRIEZ Eric, CROUS
BROCHOT Valérie
BRUNET Jean-Claude, DRAAF Bourgogne-Franche-Comté
BURGAT Olivier, Clinique Drevon
BUSSY Jean, Autun Morvan écologie
CAILLOT Damien, Bourgogne Énergies Renouvelables
CARVIN Marc, LPO Côte-d'Or
CASTRO Karine, Graines de Papilles
CHAMAILLE Yan
CHAMPIOT Pierre, Designer
CHAMPY Karine, Conseil régional de Bourgogne-Franche-Comté
CHANCE Eva
CHAUVIN Alan, Direction départementale des territoires du Jura
CHENAL Alain, Habitat et Humanisme 21
CHOPINET Bernard, Copropriété La Veuglotte
CLEMENCIN Gérard, UFC Que choisir Bourgogne
COCHARD Dorian, AgroSup Dijon
CODET-HACHE Oanez, Communauté urbaine du Grand Dijon
CODOU-DAVID Geneviève, Société des sciences naturelles de Bourgogne
COLSON Cécile, ADEME Bourgogne Franche-Comté
COMPAGNE Agnès, Conseil régional de Bourgogne-Franche-Comté
COTTET Michel, éco-interprète
COTTET Monique
COUILLAULT Jean-Paul, Adeny (Association de défense de l'Environnement et de la Nature de l'Yonne)
COUPAT Maurice, Communauté d'agglomération Le Grand Chalon
CURMI Pierre, AgroSup Dijon
DAMY Nathalie, Azur Découvertes
DANNER Garance, AgroSup Dijon

DE DORIGO Jean-Christophe, École normale supérieure
DE KORFF Marie, BioBuild Concept
DECLUY Joël, UFC Que Choisir
DECUP François
DEHOUCK Dominique, Mairie de Bray
DELEVAL Geoffroy, Suez Eau France
DELOBBE Pierre, Agriculteur bio
DESAMAIS Elisabeth, Grand Dijon
DESBROSSE Alain, Bureau d'études
DESCAMPS Olivier, Éditions législatives
DESSERTAINE Garance
DEVIENNE Frank, Suez Centre Est
DODET Marie-Françoise, Communauté urbaine du Grand Dijon
DOLIDZE Bénédicte, ARDIE
DUBOIS Marie-José, Club Unesco Le Castel
DUBREUIL Sophie, Chambre régionale d'agriculture Bourgogne-Franche-Comté
DUCLOUX Murielle, Conseil départemental de Côte-d'Or
DUFAUD Fabien, ADEME Bourgogne Franche-Comté
DUFRENE Marc, AgroSup Dijon
DUGAST Samuel, Communauté urbaine Creusot-Montceau
DUMAIT Pierre-Marie
DUPAS Thibaut, Association G.R.E.N.
DUPONT Thomas, PREMICE
DUROY Hélène, ARDIE
EGGENSCHWILLER Christophe, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse
ESPANEL Christophe
FAIETA Christelle, Université de Bourgogne
FAIVRE Gérard, CAUE Côte-d'Or
FAIVRE Bruno, Université de Bourgogne
FEDOR Jasmine, ARDIE
FERRIERE Gérard, Ville de Dijon / Grand Dijon
FIERS Marie, Urbanleaf
FOUGERON Agnès, Ville de Dijon / Grand Dijon
FRANCOIS Jean-Luc, GAEC du Pré Vaudrey
FROMONT Charlotte, Journal du Palais
FROSSARD Christelle, Suez Eau France
GAILLARD Xavier, Conseil départemental de Saône-et-Loire
GARNIER BORDERELLE Anne-Laure, AFB
GAUDIN Julie, Communauté de Communes Jura Nord
GAURIAT Monique
GAUTHEROT Elsa, Bourgogne Énergies Renouvelables
GEORGES Alban, Lycée Clos Maire
GILLET Sarah, BIVB
GINDRE Jean-Claude
GISLOT Alain, Arcade
GOURLAY Daniel, Commune de Pugey
GRANDGEORGES Myriam
GUENAT Jean-Marie, ACTE (Chalon)
GUEY Kilian, AgroSup Dijon
GUILLAUME Lawrence, Tussiliq
GURY Patrick, Cabinet d'expertise
GUYOTON Yolande, Tant qu'il y aura des rues en herbe
HACKEL Christian, M'CUB Architectes
HEBRARD Fabienne, DREAL Bourgogne-Franche-Comté
HESSEL Marie-Laure
HONORE Emmanuelle, SNCF
JACOTOT Pascale, Sequana Paysage
JACQUET Marie-Christine, Musée des Maisons comtoises
JANEX François, CRPF Franche-Comté
JANEX Nicolas, Étudiant TPE Biomimétisme
JEANMOUGIN Christine, Université de Bourgogne
JOLIVET Sophie, Jardin des sciences
KILANI Virginie, SNASUB-FSU

LABAUNE Josiane
LABBÉ Marie, UVSQ
LABEDAN Christian
LABREGERE Françoise, Connaissance de la santé
LABREGERE Roland, FOEVEN
LALLEMAND Arthur
LAMALLE Danièle, Conseil régional de Bourgogne-Franche-Comté
LAMBERT Bernard, CESER Bourgogne-Franche-Comté
LARDROT Julie, Atelier Ernest
LECLERCQ Bernard, Forestiers du Monde
LEGROS HEMELSDAËL Odile, Jardiniers de France
LEQUETTE Chloé, BiomimicryEuropa / Enzyme&Co
LERAT-GENTET Claude, Société des sciences naturelles de Bourgogne
LESTAGE Julie, CAUE Côte-d'Or
LEVY Anne-Marie, Slow food
LIBANORI Pierre, ville de Semur-en-Auxois
LOPEZ Dorine, Conseil départemental de Saône-et-Loire
LOUSTAUD Yvette
LUCAZEAU Frédéric, Conseil régional de Bourgogne-Franche-Comté
LURQUIN Léo
MAILLARD Frédéric
MANGIN-PHILIPPE Agnès, Direction départementale des territoires de Côte-d'Or
MARADAN Marie-France, Musée des Maisons comtoises
MARAGE Damien, DREAL Bourgogne-Franche-Comté
MARCOLIN Brigitte
MAROC Sabrina, Open BioFabrics
MARTIN Chantal, Domaine viticole Michel Martin
MARTIN Michel, Domaine viticole Michel Martin
MATHIEU Julien, DREAL Bourgogne-Franche-Comté
MAUROY Emilie, SIEEEN
MENEGON Françoise, Chambre d'agriculture
MERMET Didier, Grand Besançon
MILLOT Anne, Urbanalis
MIROY Delphine, Bourgogne Énergies Renouvelables
MONNOYER Véronique, ECO CAP sarl
MONNOYER Eric, MG Concepts
MORAL Lucie, LAB 71
MORAT Jean-Philippe, Ville de Longvic
MORELE Sandrine, Conseil départemental de Saône-et-Loire
MORLON Benoît, L'ail des ours
MOROT-GAUDRY Chantal, Conservatoire d'espaces naturels de Bourgogne
MOUGEL Philippe-Patrice, CNAM
MULOT Francine, AgroSup Dijon
MURGIA Reynald, Musée des Maisons comtoises
NOEL Alexandra, Communauté d'agglomération Le Grand Chalon
NORMAND Myriam, ADEME Bourgogne Franche-Comté
NOTTEGHEM Patrice, CEN Bourgogne
OFFER Anne-Claire, Université de Bourgogne
PAULIN Nicolas, clinique Drevon
PARMENTIER Hervé, GIP du futur parc national
PAYEN Gérard, Conservatoire d'espaces naturels de Bourgogne
PERETTI Gwendoline, LAB 71
PERNOT François, Quetigny environnement
PHILIPPE Jean-François, Jardins familiaux
PINAULT Nathalie, Conseil départemental de la Nièvre
PRETET Jocelyne, AgroSup Dijon
QUANTIN Paul
RAISSOUNI Bachir
RAMANANTSOA Hanta, Le Rougail sas
RAMBOURG Bruno, DREAL Bourgogne-Franche-Comté
RENIER Josée, LPO Côte-d'Or
RESTOUX Matthieu, AgroSup Dijon
RICAUD Elodie, Syndicat mixte du sud-ouest Côte-d'Or

ROBIN Samuel, Conseil départemental de Saône-et-Loire
ROCHET Béatrice, Maison de l'environnement de Franche-Comté
RONGET Fabrice, Centre Eden
ROY André Louis, Amis de la Terre
ROY Gérard, Communauté d'agglomération de Beaune
SALAGNAC Corinne, Communauté d'agglomération Le Grand Chalon
SANTENS Diane, DREAL Bourgogne-Franche-Comté
SCHMITT Isabelle, Direction départementale des territoires de Côte-d'Or
SCHMITT Catherine, Yonne Nature Environnement
SCHWEITZER Francis, Atmo Franche-Comté
SERVANT Hugues, CRPF
SFEIR Martine, ADEME Bourgogne Franche-Comté
SIMONIN Anne-Marie, Université de Bourgogne
SIMONIN Jean-Paul, Université de Bourgogne
SIMONOT Carole, Agence régionale de Santé
SIRUGUE Daniel, PNRM Association Bourgogne-Nature
SORY Hugues, DREAL Bourgogne-Franche-Comté
SOUTENET Claude, Baum'plantes
TAIEB Hubert, Grenoble INP - Phelma
TEKAYAK Deniz, Université de Bourgogne
TESTA Lidia
THIERY Marie, Homesweethome
THOMAS Jean-Noël, Conseil départemental de Côte-d'Or
THOMAS Marie, Conseil régional de Bourgogne-Franche-Comté
VEILLE Christian, Association Eco-Magny
VERMEIRE Véronique, LPO Côte-d'Or
VERSET Bernard
VINOT Marie-France, Conseil régional de Bourgogne-Franche-Comté
VOIRIN Marie-Josée, Jardins familiaux et collectifs
VOYE Luc Rézo'Fêt'Art
WEBER Lydia
WEROCHOWSKI Antoine, Conseil régional de Bourgogne-Franche-Comté
WOYNAROSKI Stéphane, Conseil régional de Bourgogne-Franche-Comté

Alterre en bref

Alterre Bourgogne Franche-Comté, agence régionale pour l'environnement et le développement soutenable, poursuit quatre objectifs : améliorer la **connaissance**, construire une **culture commune**, favoriser la mise en pratique du **développement durable**, et repérer les **enjeux** de demain. Ses domaines de compétences sont l'**observation**, l'animation de **réseaux d'acteurs**, l'**appui méthodologique** et l'**éducation** à l'environnement et au développement soutenable et l'**information-sensibilisation**.

Alterre intervient dans de nombreux domaines tels que la biodiversité, les déchets, l'énergie, le climat, l'écologie territoriale, l'eau, la santé-environnement et les démarches territoriales de développement durable en croisant, autant que possible, les aspects sociaux et économiques avec les aspects environnementaux.

Centre de ressources, Alterre est une association loi 1901, majoritairement financée par le conseil régional, l'ADEME, l'État et l'Europe à travers le fonds FEDER.

www.alterrebourgognefranchecomte.org



Alterre Bourgogne
La Bourdonnerie
2 allée Pierre Lacroute
21000 Dijon
Tél. : 03 80 68 44 30
contact@alterrebfc.org
www.alterrebourgognefranchecomte.org



RÉGION
BOURGOGNE
FRANCHE
COMTÉ

