



# PROMÉTĒSĒ

JOURNAL OFFICIEL DU CERCLE DES SCIENCES



# ÉT DEMAIN ?

# Edito

---

## *MARS 2020*

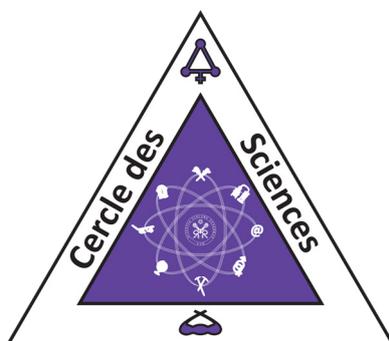
Durant cette période pour le moins bizarre, il nous tenait à cœur de maintenir ce numéro du Prométhée. Certes, le Festival du Film Scientifique de Bruxelles n'aura pas lieu au vu des circonstances actuelles, mais publier malgré tout ce Prométhée est notre (maigre) contribution à ce festival dans lequel les organisateurs et organisatrices ont placés tellement de temps et d'énergie.

On vous le répète sûrement déjà à tous les coins de rues, cependant c'est essentiel de ne pas le perdre de vue : s'il y a bien un moment pour être solidaires (même si, on s'entend bien, la solidarité doit être un mode de vie et pas uniquement un effort à faire qu'en de rares occasions), il s'agit bien de maintenant. C'est en pensant aux autres, en gardant en tête la chance/les chances qu'on a, en relativisant qu'on sera dans un bon état d'esprit pour appréhender au mieux ce mode de vie pour le moins « ralenti ».

Prenons l'analogie bien connue du colibri qui tente d'éteindre l'incendie avec de ridicules gouttes d'eau : si on fait tous et toutes ce qu'on peut à notre échelle, que nous faisons preuve d'altruisme et de générosité, ça fait la différence. Parfois nos efforts peuvent sembler insignifiants, on se dit que ça ne change rien, que si c'est pour faire si peu autant ne rien faire ; mais l'important c'est de faire sa part. La nôtre est notamment de vous fournir un Prom de qualité qui vous occupera l'esprit (on l'espère) en cette période d'isolement. Notre team est assez chanceuse pour le coup : les mesures de confinement prises actuellement n'affectent pas outre mesure le fonctionnement général de l'équipe (du moins pas de manière insurmontable), notre soutien va évidemment vers les cellules « les plus touchées » telles que la cellule Balev ou FFSB, qui ont investi tant pour des événements qui n'ont pas pu être menés à bien.

Le contenu de ce Prom est d'ailleurs d'actualité ; son thème général « Et demain ? » nous amène à réfléchir à des questions et des thématiques posant question pour les années à venir. Qu'en sera-t-il plus tard ? A l'avenir comment faire ? Tant de questionnements que nous soulèverons avec vous au fil des articles divers et variés proposés dans ce journal.

*Louis Cœugniet et Zoé Rousseau*  
*Co-délégué.es Prométhée*



# On peut tous rêver

## Manau, 2005

Tu croyais quoi, toi mon gars  
Que toutes les choses ont un prix  
Que tout s'achète ici  
Que rien n'est déjà acquis  
Que l'industrie, le grand dieu de  
l'économie  
Offre en option l'airbag, la vie, et  
puis l'état d'esprit  
Qu'il y a des gens sans face, bien  
noyés dans la masse  
Qui n'auront jamais de place pour  
être dans ta première classe  
Je vois que ton voyage se fait dans  
un autre univers  
Où les coins sont carrés comme les  
panneaux publicitaires  
On oublie peut-être de vivre, de  
regarder autour  
Lobotomisés, dirigés, même  
jusqu'aux actes d'amour  
On nous montre ce que l'on veut,  
surtout ce que l'on ne veut pas  
Et faire bouffer de la merde au  
bœufs, bien sûr non, ça n'existe pas  
Moi qui rêvais de nager, seul à  
contre courant  
Habitué à éviter le moindre petit  
sentiment  
Je me suis vu tomber, couler,  
jusqu'à toucher le fond  
Tout en imaginant un monde plus  
carré que rond

[Refrain]  
On peut tous rêver  
Seul en particulier  
Tous, tous on peut rêver  
Même les yeux bandés  
Tous on peut tous rêver  
  
Chacun de son côté  
Tous, on peut tous rêver  
Même les yeux fermés  
  
On met des tas de panoplies  
On fait tout pour s'habiller chic  
Voilà le hic, ça fait bien de craquer  
du fric  
On montre aux autres ce que l'on  
est, on fait ce que l'on est pas  
Une image qui saute et qui dépend  
de l'humeur que l'on a  
Nouvelle vague, nouvelle ère, nou-  
velle adaptation  
L'esprit est devenu sur terre le plus  
grand des caméléons  
  
Comme tous ces gens qui tueraient  
pour avoir du billet vert  
Et les week-ends ont un discours de  
révolutionnaire  
On oublie peut-être ce que l'on est,  
ou peut-être ce que l'on n'est pas  
Toutes les attitudes que l'on prend

*par rapport à tout ça  
Ces sourires et ces pleurs dans ces  
magazines  
Toutes ces stars qui font de nos vies  
quelques chose de vide*

*[Refrain]*

*Courir après des images éphémères  
Se prendre pour un autre et faire le  
voyage à l'envers  
Partir chercher juste un peu de  
lumière  
Et se voir faire la queue pour un  
billet de Millionnaire  
Moi qui aurait tant aimé être aussi  
différent  
Être juste un peu moins con ou  
peut-être juste un peu plus grand  
Comme tous ces gens super qui  
passent à la télé  
Mais ça ..*

*Je peux toujours rêver*

*[Refrain]*

# Sommaire

---

- 2 Edito
- 4 On peut tous rêver
- 7 The Imitation Game
- 9 Catalyses et climat
- 12 Tout est devenu flou
- 16 Titan
- 16 Une lune propice à la vie ?
- 21 « L'intelligence artificielle ne fait pas le poids face à la stupidité naturelle »
- 24 L'inattendue adaptation des coraux au réchauffement climatique
- 28 CLEAN : Combustion in Low-Emission And CO2-Neutral technologies
- 34 Les Maîtres des Eléments : Terre
- 36 Buée
- 38 Quels paysages pour l'Europe de demain ?



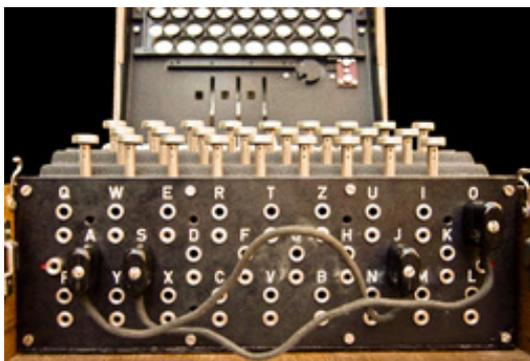
# The Imitation Game

Le film « The Imitation Game » qui devait être projeté lors de Festival du Film Scientifique de Bruxelles décrit l'histoire d'un fameux mathématicien et cryptologue britannique, Alan Turing. Ainsi que toutes les péripéties qui l'ont mené à devoir décrypter la célèbre machine de codage : Enigma. Il y explique le développement mental, relationnel de notre protagoniste ainsi que les horreurs qu'il a vécues et les décisions difficiles qu'il a dû prendre pour faire avancer cette guerre. Qui est Alan Turing ? Alan Mathison Turing est une des grandes figures du XX<sup>e</sup> siècle car il est le père des ordinateurs modernes (pour ce qui est de la partie théorique) et qu'il a grandement contribué à la victoire des Alliés lors de la Seconde Guerre Mondiale. Malheureusement, il n'a pas pu apporter tout ce qu'il pouvait au monde étant donné qu'il s'est, prématurément, suicidé. Ce suicide ayant « peut-être » été encouragé par les autorités britanniques de par son orientation sexuelle, homosexuelle, qui était très mal vue à l'époque. Cet éminent mathématicien britannique est né le 23 juin 1912 à Londres. Fils d'un père collecteur d'impôts aux Indes Julius Mathison Turing et de sa mère, fille d'ingénieur, Ethel Sarah Turing. Il fut abandonné par ses parents, âgé de 15 mois, car ils devaient retourner en Indes pour le travail du père. Turing passa la majorité de son en-



fance à changer de tuteurs et de pensionnats. Il n'a jamais été un élève très brillant dans les disciplines classiques de l'enseignement de l'époque (littérature, art, culture, physique). Cependant il a, dès le début, fait des prouesses dans les matières qu'il affectionne, particulièrement les mathématiques et la résolution de problèmes difficiles. S'ensuit un long parcours étudiant au King's College de l'université de Cambridge où il développera ses facilités pour les mathématiques de 1931 à 1934. Sa première publication scientifique mondialement publiée date de 1936 : « On Computable Numbers, with an application to the Entscheidungsproblem (le problème de la décision) ». Après les accords de Munich en 1938, la Grande-Bretagne est effrayée et réalise que le nazisme représente un réel danger. C'est pourquoi le gouvernement britannique décide d'appeler de jeunes cerveaux à suivre des cours de cryptanalyse à la Government Code and Cypher

School (GC&CS), où il développera et polira ses capacités de cryptologie. Suite à cette formation, il va être chargé, avec une équipe composée d'autres savants prometteurs, de décoder les fameux messages de la machine Enigma. Turing va alors créer et améliorer le principe de la « bombe » polonaise, une machine électromagnétique de décryptage qui permet d'essayer plusieurs clés de décryptage à la fois afin de venir à bout d'Enigma. En période d'après-guerre, il va développer nombreuses théories scientifiques et il va notamment travailler au développement des premiers ordinateurs. Alan Turing ne s'était jamais caché par rapport à son orientation sexuelle. Il fut malheureusement



inculpé d'« indécence manifeste et de perversion sexuelle ». Il est ensuite condamné à la castration chimique, une « cure » qui écarte Alan de tous projets scientifiques. Le 8 juin 1954, Alan Turing est retrouvé mort dans sa chambre et l'autopsie conclut à un suicide par empoisonnement au cyanure. Qu'est-ce qu'est Enigma ? L'Enigma est une machine électromagnétique à chiffrer inventée par Arthur Scherbius et Richard Ritter en 1918. Cette machine a notamment été utilisée par l'armée allemande pendant la IIe guerre

mondiale. L'armée allemande savait que cette guerre allait se jouer sur le renseignement et va donc investir dans la création d'une version militaire de cette machine. Constitution d'Enigma :

- Un clavier alphabétique
- Un tableau de connexion
- Trois rotor mobiles à 26 positions
- Un rotor de renvoi à 26 positions
- Un tableau de 26 ampoules correspondant au 26 lettres de l'alphabet.

Le principe d'Enigma est simple. En fonction de la position des rotors, quand vous appuyez sur une lettre du clavier alphabétique, une ampoule spécifique s'allume et nous donne la lettre que nous devons écrire afin de crypter ce message. Seuls celles et ceux qui sont en possession de la clé de cryptage et d'une machine Enigma sont capables de lire le message codé. Cette technique a permis aux Allemands de communiquer et de transmettre des informations d'attaques au sous-marins allemands ainsi que, par la suite, aux avions nazis.

*Alexis Giaprakis,  
Coopté Prométhée*

- [cutt.ly/7tjVeFw](https://cutt.ly/7tjVeFw) consulté le 15/03/2020
- [cutt.ly/rtjVr7h](https://cutt.ly/rtjVr7h) consulté le 15/03/2020
- [cutt.ly/PtjVt2g](https://cutt.ly/PtjVt2g) consulté le 16/03/2020
- [cutt.ly/rtjVio1](https://cutt.ly/rtjVio1) consulté le 16/03
- [cutt.ly/9tjVozN](https://cutt.ly/9tjVozN) consulté le 16/03

# Catalyses et climat

Comme vous le savez certainement tous et toutes, la combustion de carburant dans les moteurs de voitures produit différents gaz. Parmi ceux-ci, certains sont nocifs pour la santé, pourrissent la qualité de l'air ainsi qu'augmentent l'effet de serre (principal responsable du réchauffement climatique). Ce que vous ne savez peut-être pas, c'est que les gaz produits par notre moteur ne sont pas du tout ceux qui sortent du pot d'échappement. Et c'est ce manque d'information qui fait que la plupart des personnes ne pensent qu'au danger du CO<sub>2</sub>, sans se soucier des autres gaz nocifs se trouvant dans notre voiture.

- Quels sont ces gaz ? Les principaux gaz produits par nos moteurs (qu'ils soient à essence ou au diesel) sont :

- Les hydrocarbures imbrûlés : leur formule chimique est C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>. Grosses molécules carbonées issues de la combustion incomplète de l'essence ou du diesel. Ils peuvent avoir des effets sur le système nerveux, les globules et les plaquettes de sang. Ces troubles peuvent provoquer des pertes de connaissance, des dépressions/anxiétés et pour des cas plus rares, des dégénérescences cérébrales et des cancers.

- Le monoxyde de carbone : sa formule chimique est CO. Aussi appelé « tueur des salles de bains » ou « silent killer ». Ce gaz est la première cause de décès par intoxica-

tion. Il provoque des intoxications en se fixant sur les globules rouges et donc en empêchant ces globules rouges de véhiculer correctement l'oxygène dans l'organisme.

- Les oxydes d'azotes : leur formule chimique est NO<sub>x</sub>. Ces molécules sont extrêmement nocives pour les organismes vivants (40 fois plus que le CO). Elles pénètrent les bronchioles et entraînent de graves problèmes respiratoires. Ces molécules prennent aussi part, de manière assez importante, à l'effet de serre.

- Pourquoi n'entendons-nous jamais parler de ces gaz ? Il se trouve qu'en réalité ces gaz ne sortent jamais de la voiture tels quels. Ils vont être transformés dans un compartiment appelé pot catalytique, qui se trouve entre le moteur et le pot d'échappement. Les gaz dont je vous parle plus haut se décomposent naturellement en gaz moins nocifs pour l'humain et l'environnement, cependant cette décomposition est très longue et donc nécessite d'être accélérée. C'est là que le pot catalytique intervient. Grâce à un phénomène peu connu du monde entier : la catalyse.

- Qu'est-ce que la catalyse ? La catalyse est un phénomène chimique qui vise à accélérer ou réorienter la cinétique d'une réaction au moyen d'un catalyseur (produit chimique qui participe à une réaction chimique mais qui n'est pas

consommé par celle-ci). La catalyse est une science très expérimentale et donc très difficile à théoriser, c'est pourquoi on considère qu'elle est en constante évolution et qu'il reste énormément de choses à découvrir par rapport à cette science. Il existe deux sortes de catalyse, la catalyse homogène et hétérogène. Dans notre cas nous allons parler de catalyse hétérogène.

- Comment se déroule le phénomène de catalyse ?

- Des molécules, de gaz dans notre cas, vont venir s'accrocher à la surface de notre catalyseur (adsorption).

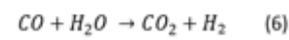
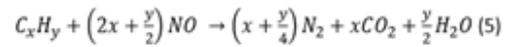
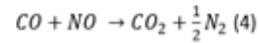
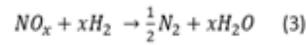
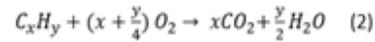
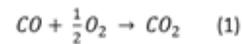
- La réaction chimique qui devait se dérouler naturellement va avoir lieu plus rapidement ou de manière plus contrôlée (par abaissement de l'énergie d'activation de la réaction par exemple).

- Les molécules finales de la réaction vont se décrocher de la surface de notre catalyseur et être libérées (désorption). Techniquement, suite à ce processus, notre catalyseur reste intact ; cependant on remarque une certaine baisse des propriétés catalytiques certainement dues à l'usure de notre matériau.

- Qu'est-ce que le pot catalytique ?

Le pot catalytique est un instrument placé sur les voitures à essence et à diesel. C'est une espèce de petite boîte constituée d'un agencement de différents catalyseurs qui catalysent chacun leurs réactions propres. Les principales

réactions étant catalysées sont :



*Il faut savoir que ces catalyseurs nécessitent des hautes températures (300-450°C) pour fonctionner correctement.*

*De telles températures sont atteintes par les gaz d'échappement, Ceux-ci, en sortant du moteur, vont chauffer le pot catalytique.*

*L'efficacité du pot catalytique dans de telles conditions est supérieure à 99%, il reste donc une infime partie qui n'est pas convertie.*

*Comme vous pouvez le voir, tous les gaz extrêmement nocifs sont transformés en gaz beaucoup moins dangereux voir inoffensifs pour la santé et l'environnement. Par exemple, les NOx sont décomposés en N2 (gaz le plus présent dans l'air). Le CO (mortel) est transformé en CO2 ,...*

*La composition élémentaire du pot catalytique est la suivante :*

*Il faut savoir que ces catalyseurs nécessitent des hautes températures (300-450°C) pour fonctionner correctement.*

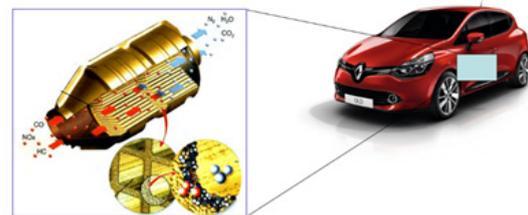
*De telles températures sont atteintes par les gaz d'échappement, Ceux-ci, en sortant du moteur, vont chauffer le pot catalytique.*

*L'efficacité du pot catalytique dans de telles conditions est supérieure à 99%, il reste donc une infime partie qui n'est pas convertie.*

*Comme vous pouvez le voir, tous les gaz extrêmement nocifs sont transformés en gaz beaucoup moins dangereux voir inoffensifs pour la santé et l'environnement. Par exemple, les NOx sont décomposés en N2 (gaz le plus présent dans l'air). Le CO (mortel) est transformé en CO2 ,...*

*La composition élémentaire du pot catalytique est la suivante :*

*Il faut savoir que ces catalyseurs nécessitent des hautes températures (300-450°C) pour fonctionner correctement.*



<u>Élément chimique</u>	<u>Rôle chimique</u>
<b>Palladium (Pd) et Platine (Pt)</b>	Catalysent les réactions d'oxydation (1) et (2)
<b>Rhodium (Rh)</b>	Catalyse les réactions de réduction (3)
<b>Alumine (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</b>	Augmente la surface du catalyseur
<b>Oxyde de Cérium (CeO<sub>2</sub>)</b>	Limite les fluctuations de dioxygène nécessaire aux réactions de catalyse en le stockant quand il est en excès et le relarguant quand il devient rare

Nous pouvons remarquer que le pot catalytique est composé de métaux assez précieux, ce qui entraîne donc un certain coût. Un pot catalytique coûte quelques centaines d'euros alors qu'il n'est composé que de très petites quantités de ces métaux.

• Avenir du pot catalytique  
Comme expliqué plus haut, la catalyse est une science expérimentale qui présente donc un énorme potentiel de développement. Malheureusement, nous ne pouvons pas prévoir les effets d'un catalyseur. La catalyse est une science assez chère et comme l'argent et les coûts de production sont très importants dans le monde de l'industrie, on préfère utiliser du matériel peu cher et qui fonctionne raisonnablement bien plutôt que de découvrir de nouveaux catalyseurs qui pourraient mieux fonctionner. Car, dans le futur, nous pourrions créer un catalyseur capable de passer de 99% à 100% d'efficacité. De plus, comme cité plus haut, les catalyseurs fonctionnent mieux entre 300 et 450°C ; cependant, ces températures ne sont pas atteintes directement à l'allumage de la voiture (c'est pour cela qu'on pollue plus en faisant des petits voyages que des

longs). Le temps que les gaz chauffent notre pot catalytique, beaucoup de gaz nocifs se sont déjà échappés et donc polluent notre environnement. Il faudrait donc trouver une alternative ou développer un nouveau catalyseur qui fonctionne pour des températures plus basses. La catalyse est donc une partie de la science qui a un avenir radieux car, ici, j'ai pris l'exemple des voitures mais des « pots » catalytiques existent dans d'autres domaines et ont le même effet (par exemple : les usines, les avions, les bateaux, ...). C'est pourquoi je pense qu'il existe énormément de manières pour diminuer la production de gaz nocifs ou à effet de serre même si, malheureusement, il faut vouloir y mettre l'argent.

*Alexis Giaprakis,  
Coopté Prométhée*

- [cutt.ly/6tjVgq8](https://cutt.ly/6tjVgq8) consulté le 16/03/2020
- [cutt.ly/utjVzYI](https://cutt.ly/utjVzYI) consulté le 16/03/2020
- [cutt.ly/TtjVvuM](https://cutt.ly/TtjVvuM) consulté le 16/03/2020

# Tout est devenu flou

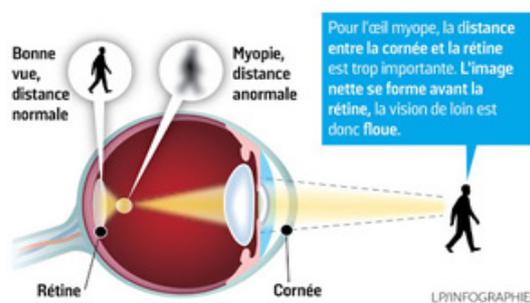
**Depuis le début des années 2010 environ, on observe une épidémie aussi foudroyante qu'inattendue dans certaines régions du globe ; celle-ci n'est ni causée par un virus ou encore par une bactérie, il s'agit bel et bien de... la myopie. En effet, plusieurs études ont démontré que 80% des jeunes de 20 ans sont myopes à Singapour, l'Asie est donc fortement touchée bien que le monde entier soit concerné. Les nouvelles générations sont de plus en plus myopes et cela pose question pour la suite, qu'en sera-t-il demain ? Par quoi est causée cette tendance croissante à la myopie ? Comment faire face ? [1]**

En 2012, c'est un article scientifique paru dans The Lancet [2] qui lance l'alerte : dû à ce problème lié à la rétine, la population chinoise (qui devrait atteindre le pic de 1,4 milliards d'habitant.e.s) compterait 1,2 milliards de personnes souffrant de myopie, parfois sévère. Les pays développés d'Asie seraient donc frappés de plein fouet par cette hausse fulgurante de myopie. A Singapour, sur 5 millions d'habitant.e.s, on dénombre 2 millions de myopes ; une personne sur 10 serait atteinte de myopie sévère. Chez les jeunes de moins de 25 ans, ce trouble de la vision gagnerait du terrain partout. L'Europe reste également sous sur-

veillance à ce niveau-là : un programme d'étude mesurant le taux de myopie chez les jeunes adultes a mis en avant le fait que la moitié des jeunes européen.e.s sont myopes.

L'opinion générale s'est d'abord tournée vers des maladies qui pourraient être à l'origine de ce trouble ; je vais avant tout vous faire un petit rappel sur la myopie pour que vous y voyiez un peu plus clair (du moins si vous n'en êtes pas atteint.e).

Notre œil discerne les formes et les couleurs à l'aide de la lumière : les rayons traversent d'abord la cornée, puis la pupille. Le cristallin s'étire et permet à une image nette d'apparence inversée de venir se former sur la rétine au fond de l'œil. Cette image passera par le nerf optique pour arriver cerveau qui va la traiter, et notamment la remettre à l'endroit.



Encas de myopie, l'œil n'est plus rond mais il s'allonge irréversiblement (la myopie est d'ailleurs parfois nom-

mée « maladie de l'œil long »), ce qui provoque donc une vision floue. L'image nette ne se forme plus sur la rétine, car celle-ci est plus loin que la normale, mais juste avant cette dernière. C'est donc une image brouillée qui arrive sur la rétine et qui est transmise au cerveau [3]. Il existe un réel risque de perdre la vision quand on est atteint.e de myopie : une augmentation rapide de la surface du globe peut se faire avant que la rétine ne puisse grandir, ce qui provoquerait un déchirement potentiel du tissu. Voilà pourquoi il est important de se pencher sur la question de la source de cette épidémie et des manières de l'éviter.

La première piste de cause a été la génétique : la myopie serait-elle transmise par nos parents ? Se cache-t-elle dans leurs gènes ? En 2010, une équipe au King's College de Londres a identifié pour la première fois un gène associé à la myopie sur la chromosome 15 nommé RASGRF1 (au terme d'une étude portant sur plusieurs dizaines de milliers de personnes). Presque en même temps, aux Pays-Bas, des scientifiques font la découverte d'un autre gène associé à la myopie se trouvant également sur la chromosome 15. Cependant, plus d'une centaine d'autres gènes sont mis en cause, et il est donc difficile d'évaluer lesquels sont les plus déterminants. La myopie ne serait donc a priori pas associée à un gène, mais à plusieurs. Si deux parents sont myopes, leur descendance a plus de chance de l'être.

La théorie des gènes pose néanmoins question : l'évolution des gènes s'opère sur des milliers d'années, or l'épidémie est apparue sur quelques générations seulement, la piste génétique ferait fausse route ?

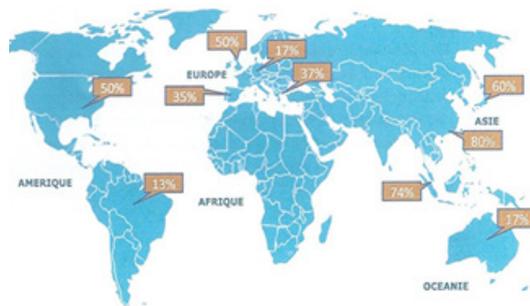


Figure 1. Prévalence de la myopie dans le monde.  
© VISYA - Clinique de la Vision

En Chine, au cœur de l'épidémie, on arrive à la même conclusion : il y a une nette tendance à la myopie bien que les gènes ne se modifient que très peu (la génétique ne serait responsable que de 3% des cas de myopie). Qu'en est-il des facteurs environnementaux ? Si on compare le taux de myopie chez un enfant d'origine chinoise élevé à Singapour avec celui d'un enfant de la même origine mais élevé à Sydney, on constate que le taux est bien plus élevé à Singapour, ce qui confirme l'hypothèse des facteurs environnementaux.

Les études vont alors se multiplier en observant le mode de vie des populations. La lecture intensive et le travail de près sont évalués, et une proportion considérable d'étudiant.e.s intellectuel.le.s seraient myopes. La vue se fatigue donc davantage à force de lire de trop près : une distance de travail minimal est importante pour pro-

téger les yeux des écolier.ère.s.



Déjà au 19ème siècle, Hermann Cohn soulignait dans son ouvrage (Le manuel d'apprentissage pour l'hygiène des yeux [4]) l'importance de la distance de vision et de lecture, il proposait de modifier le mobilier du matériel de classe pour contraindre les enfants de se tenir à bonne distance de travail. D'ailleurs dans certaines écoles chinoises, cette méthode est encore expérimentée (voir photo ci-contre). L'hypothèse de la distance de travail a donc été vérifiée : les enfants ont une vie très différente aujourd'hui qu'il y a 50 ans, ils écrivent et lisent plus. Le système scolaire a beaucoup évolué à Singapour (tendant vers un système beaucoup plus intensif, où la réussite scolaire est une préoccupation majeure) ces dernières années, et sans grande surprise les taux de myopies ont fait de même. Au niveau de l'œil s'opère un effort d'accommodation pour s'adapter à voir de près et de loin, tout se passe au sein du cristallin, qui est une lentille naturelle : pour discerner un objet proche, le cristallin s'épaissit et s'adapte à la vision de près. Chaque jour, ce mécanisme d'accommodation se répète plusieurs fois. Durant la lecture, l'œil s'allonge de quelques microns et

chez les myopes cet allongement se produit petit à petit. Les chercheurs et chercheuses pensent que la lecture de près sur les écrans est un facteur parmi d'autres. En 1997, un chercheur américain publie une étude qui a l'effet d'une bombe. Cette étude ambitieuse se déroule sur une période de 10 ans, durant lesquels il interroge les habitudes de 4000 étudiant.e.s californien.ne.s tous et toutes issu.e.s de milieux et d'origines différentes. Les étudiant.e.s sont soumis à tout un panel de questions destinées à savoir si le travail de près et la lecture sont nocifs. Le chercheur rajoute à la liste de question, de manière assez hasardeuse, une question pourtant cruciale : combien de temps passes-tu à l'extérieur ? Les résultats sont alors spectaculaires : il s'avère que le travail de près, et tout ce qu'on pensait être des causes essentielles ne sont pas ressortis dans leur étude, mais que le temps passé en extérieur est un facteur non négligeable qui réduirait/accélérerait l'apparition de la myopie. Une étude australienne arrive à une conclusion similaire qui confirme l'hypothèse : le temps passé dehors est prépondérant. Les enfants passant plus de temps dehors auraient donc moins de risques de devenir myopes dans le futur ; passer 2h en extérieur par jour est un minimum pour que ce soit efficace. Voilà ce qui serait potentiellement la 1ère cause d'épidémie : le temps passé dehors. A noter que tout se passe durant le jeune âge. Je ne vais pas trop m'attarder sur

les raisons scientifiques de cette découverte et ce que la lumière du jour a comme effet biologique sur nous ; mais de manière condensée, un professeur allemand a mis en avant que l'exposition à la lumière du jour protégeait notre vision car l'intensité lumineuse retarderait la déformation de l'œil. Lorsqu'il fait sombre, le taux de dopamine chute et l'œil a tendance à s'allonger (je vous conseille de vous renseigner davantage si cela vous intéresse parce que j'ai fortement vulgarisé la chose). On peut donc conclure à tout ça que nos modes de vie de plus en plus enfermés, tournés vers les études perturbent le bon développement durant l'enfance. Une fois la myopie installée c'est compliqué (parfois impossible) de faire machine arrière. Voilà pourquoi il est crucial de faire des activités d'extérieur, de pas rester scotché.e à son ordi ou à la TV et de ménager ses yeux ; parce qu'une fois notre capital épuisé on ne sait pas faire grand-chose à part porter des lunettes ou des lentilles (voire éventuellement avoir recours à la chirurgie pour changer la courbure de la cornée).

*Zoé Rousseau*  
*Déléguée Prométhée*

[1] La myopie augmente ? [urlz.fr/bUq8](http://urlz.fr/bUq8), vidéo consultée le 17 février 2020.

[2] IG Morgan, Myopia (The Lancet, volume 379 issue 9827, 5 mai 2012), [urlz.fr/bUqb](http://urlz.fr/bUqb), page consultée le 22 février 2020.

[3] La myopie augmente ? [urlz.fr/bUq8](http://urlz.fr/bUq8), vidéo consultée le 17 février 2020.

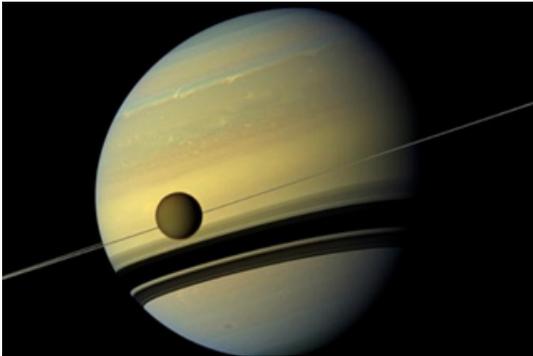
[4] L'hygiène de l'œil dans les écoles, par le Dr Cohn. Berlin (revue pédagogique parue en 1884).

# Titan

## Une lune propice à la vie ?

**Pour beaucoup, la Terre est la seule planète du Système Solaire ayant jamais abrité la vie. Et si ces gens-là se trompaient ? Et si une autre planète ne nous avait-elle pas encore livré tous ses secrets ?**

En 1655, Christian Huygens, un astronome hollandais, observait les anneaux de Saturne quand il aperçut un point qui ne se déplaçait pas comme les étoiles qu'il avait l'habitude d'observer. Celui-ci était en orbite autour de la planète. Ainsi, Huygens avait découvert une nouvelle lune planétaire, la deuxième plus grosse lune de notre Système Solaire après Ganymède, une lune de Jupiter. Il la nomma Titan.



Le 5 septembre 1977, la fusée Titan 3E quitte l'atmosphère terrestre pour envoyer la sonde Voyager 1 en mission. Son rôle est de survoler les planètes et d'en prendre des images avant de quitter le Système Solaire. Aujourd'hui à plus de 20 milliards de kilomètres

de la Terre, elle a d'abord survolé Jupiter, puis Saturne et par la même occasion Titan. Titan possède une atmosphère plus dense que celle de la Terre, ce qui est plutôt étrange étant donné que le diamètre de Titan est de 5 150 kilomètres, comparé à celui de la Terre qui en fait 12 752. Pourtant, à la surface de Titan, la force de gravitation vaut environ 15% de celle de la Terre ; comme sur la Lune, on pourrait y faire d'énormes bonds assez facilement. Une explication à cette découverte serait qu'étant donné la pression 1,45 fois plus élevée sur Titan, la gravité est « compensée » et le ressenti gravitationnel revient donc quasiment au même que sur Terre.

Le 15 octobre 1977, Titan 3E conduit la sonde Cassini – Huygens (correspondant respectivement à la sonde et à l'atterrisseur) en orbite autour de la Terre. Après une accélération pour sortir de son champ gravitationnel, celle-ci se dirige vers Saturne. Le but de leur mission est le suivant ; Cassini va entrer en orbite autour de Titan tandis que l'atterrisseur Huygens doit atterrir à sa surface.

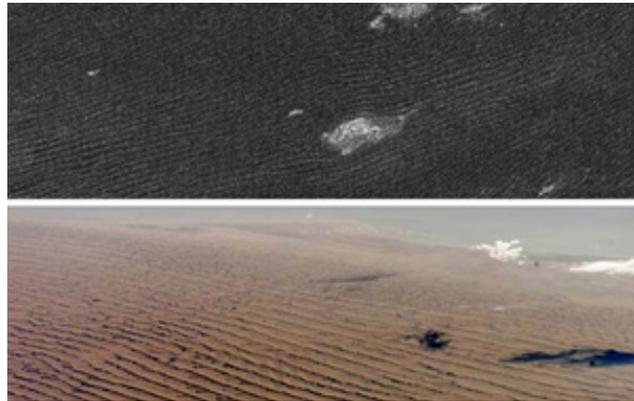
En 2004, Cassini – Huygens atteint enfin Saturne. Le 16 décembre de cette année, la



sonde fait démarrer ses propulseurs durant exactement 83 secondes afin de placer correctement l'atterrisseur Huygens qui s'en détachera quelques jours plus tard. La sonde a fini par se poser sur Titan le 14 janvier 2005. Le seul enregistrement jamais réalisé en dehors de la Terre est celui de Huygens lors de sa descente vers la surface de Titan. Il a enregistré via un micro le son des frottements des vents de son atmosphère sur la sonde, celle-ci chutant à une vitesse de 5 km/s avant d'ouvrir son premier parachute après 160 kilomètres et de ralentir sa course pour se poser au sol sans encombre.

La réussite de cette mission souleva à nouveau un tas de questions concernant

l'existence de la vie sur une autre planète, lune planétaire dans ce cas-ci. Ce sujet avait déjà été abordé lorsqu'une sonde avait été envoyée sur Vénus en 1962, avant d'être à nouveau au centre des discussions lorsqu'une mission avait été menée sur Mars en 1964. Mais après analyse de la pression et de la composition de leur atmosphère ainsi que des températures qui y règnent, les astronomes et les scientifiques se sont vite rendu compte que ces planètes ne possédaient pas les conditions propices à la vie.



En 13 ans, Cassini a survolé Titan environs 127 fois. Plusieurs structures et comportements observés se trouvent en effet être des analogies terrestres. Dans la suite de cet article, ces différentes analogies seront détaillées afin de mieux cerner Titan mais aussi, peut-être, afin de répondre à la question que beaucoup se sont posé : cette lune abrite-t-elle une quelconque forme de vie ? [1]

### **Un immense désert de dunes et la création de montagnes**

Au niveau de l'équateur de Titan, des dunes sculptées par des vents, dont la hauteur varie entre 100 et 150 mètres, ont été observées et semblent former un désert d'une superficie quasiment deux

fois supérieure à celle du Sahara. La composition de ce sable orangé n'est pas minérale comme sur Terre, chaque grain est constitué d'hydrocarbures rendant sa texture complètement différente au toucher que le sable terrestre que nous connaissons bien. Après une reconstitution en laboratoire, on a pu dire de ce sable « titannien » qu'il était plus compact et collait plus à la peau que le sable terrestre. Une activité tectonique semblable à celle observée sur Terre existe également, formant des montagnes pouvant aller jusqu'à 1 kilomètre

de hauteur. De plus, qui dit mouvement de plaques tectoniques et montagnes, dit volcan. Sur Titan, il s'agit plus précisément de cryovolcans qui, au lieu d'émettre de la lave, cracheraient de l'eau liquide. [2]

### Un cycle météorologique prédominant

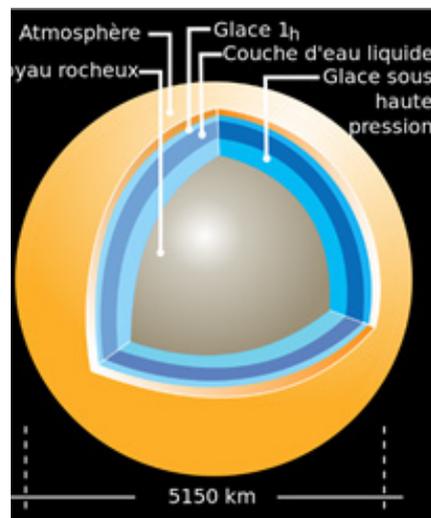
Le cycle prédominant sur Titan n'est pas le cycle de l'eau comme sur Terre mais celui du méthane. La température moyenne de cette lune étant de  $-179,5^{\circ}\text{C}$ , on le retrouve dans tous ses états (solide, liquide, gazeux). Partant de l'équateur en s'évaporant, le méthane va se déplacer vers les latitudes supérieures, y former une fine couche nuageuse avant de redescendre au sol sous forme de précipitations. Celles-ci sont très rares et n'ont en réalité jamais été observées en direct, pourtant on sait qu'elles ont lieu grâce à des clichés pris à plusieurs jours d'intervalle par la sonde Cassini nous montrant un changement de la couleur du sol certainement généré par l'action de pluies de méthane liquide. Tout cela semble coller, or il reste encore un problème à résoudre. Le méthane a une durée de vie variant entre 10 et 100 millions d'années, après quoi il sera détruit par photodissociation. Comment se fait-il qu'un tel cycle soit possible sachant cela ? Il doit exister un processus de renouvellement que nous ne maîtrisons pas encore tout à fait. Existerait-il un réservoir de méthane sous la surface de Titan ?

### À l'abri des regards ; un océan

Si l'on creuse 50 kilomètres sous la surface de Titan, on se retrouve nez à nez avec un océan profond d'environ 200 kilomètres et contenant 10 fois plus d'eau liquide que la totalité des océans terrestres. Trois observations nous ont permis de découvrir son existence.

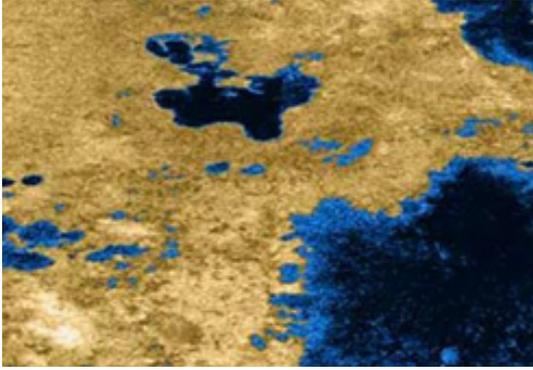
Premièrement, en mesurant les variations du potentiel gravitationnel, sous l'attraction de Saturne, un soulèvement de 10 mètres de la croûte a été observé. Ce phénomène n'est possible que si

une couche liquide existe sous celle de glace. Ensuite, un angle de  $0,36^{\circ}$  par rapport à son orbite indique également la présence d'une couche liquide qui sépare le centre de Titan de sa surface glacée. Et enfin, des perturbations électriques ont été relevées par Huygens, créant des ondes qui ne peuvent qu'être renvoyées par une étendue d'eau salée. Bien que cette dernière observation puisse être remise en question, l'existence d'un océan dissimulé sous la surface de Titan, elle, n'est plus discutable. François Raulin, un exobiologiste, présente l'hypothèse qu'il y a des millions d'années, ce même océan aurait reposé sur des roches. Et cela assez longtemps pour que l'on puisse imaginer l'émergence d'une forme de vie. Et si son hypothèse s'avère être vraie, qu'est-



ce qui nous dit que cette forme de vie, sûrement microorganique, n'aurait pas persisté au fil des années dans cet immense océan aujourd'hui entièrement recouvert ?

### De rivières à mers, passant par un grand nombre de lacs



Jamais des scientifiques n'avaient fait une telle découverte. Titan est le seul corps de notre Système Solaire autre que la Terre à posséder tout un réseau de lacs, de fleuves, de rivières, ainsi que 3 mers à sa surface. Ce réseau ainsi que des vents érodent la surface de Titan, qui n'est pas formée de silice mais de glace d'eau. Entre 2005 et 2009, la sonde Cassini s'est concentrée sur ces lacs afin d'en calculer la superficie et la profondeur. L'un d'eux, le lac Ontario, a vu son niveau baisser d'approximativement un mètre par an. Aucune hypothèse n'a été retenue pour expliquer ce phénomène à part celle qui stipule que le lac se viderait par le fond, supposant ainsi l'existence d'un véritable réseau « méthanifère » (pour ne pas dire aquifère) dans les sous-sols de la lune de Saturne.

Une atmosphère dense et particulièrement riche

Composée à 98% de diazote, l'atmosphère de Titan est des plus intéressantes. Haute de 1400 kilomètres, on y observe tout une cascade de réactions chimiques qui s'enchaînent jusqu'à former les molécules complexes qui constituent le brouillard permanent et les grains micrométriques tombant sur le sol. Ces réactions sont possibles grâce à la puissance des rayons UV venant tout droit du Soleil. Ceux-ci sont assez puissants pour casser les molécules de diazote  $N_2$  et de méthane  $CH_4$ , engendrant ainsi l'élaboration de molécules de plus en plus longues. De par la lenteur de ces réactions, due à la température moyenne de la surface de Titan ( $-179,5^\circ C$ ), les chances d'arriver à un organisme formé sont très faibles voire nulles. Mais si cette température était plus élevée autrefois ? Une forme de vie, bien qu'aujourd'hui figée dans la glace, aurait pu un jour y naître.

Ces nombreuses analogies rappellent aux scientifiques les conditions initiales dans lesquelles la vie est apparue sur Terre. Titan est donc souvent comparé à un modèle de Terre primitive et pourrait être ou pourrait avoir été propice à accueillir la vie. Ces questionnements ne sont pas sans suite puisqu'une nouvelle mission est prévue pour être lancée en 2026. Cette mission porte le nom de Dragonfly et devrait arriver en 2034 sur Titan avec pour but de visiter les cryovolcans, volcan d'où jaillirait une glace d'eau visqueuse, afin de découvrir

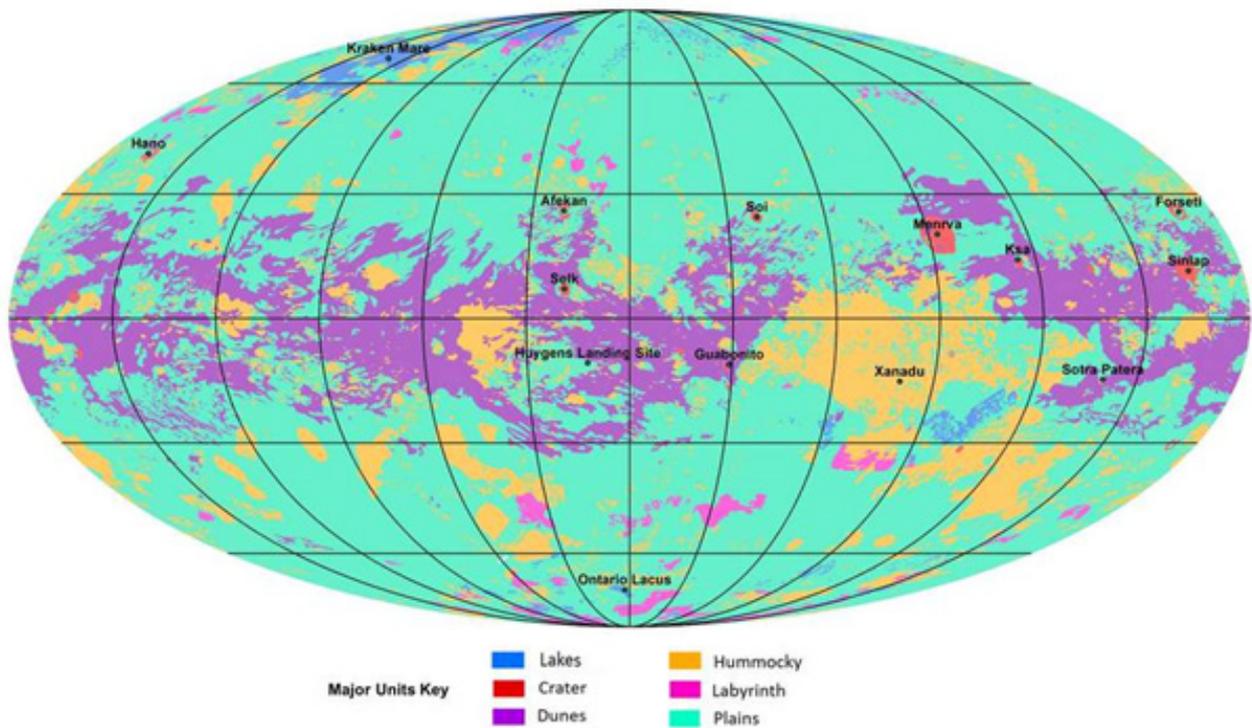
ce que nous cache le cœur de Titan.  
Une vie extra-terrestre serait-elle  
sur le point d'être découverte ? [3]

*Luna Soenens,  
Coptée Prométhée*

[1] Le Petit Astronome, Le Mystère de Titan [vidéo en ligne]. YouTube, 26 avril 2017 [vue le 15 mars 2020] <https://www.youtube.com/watch?v=owT-DAL9WP9c&t=55s>

[2] Futura Sciences, Decourt Rémy, « Titan : quelle forme de vie pourrait-on trouver ? », 5 mai 2010, <https://www.futura-sciences.com/sciences/actualites/chimie-titan-forme-vie-pourrait-on-trouver-23376/>, page consultée le 15 mars 2020

[3] Rey, Benoit (2020, février), « Titan : rencontre avec l'autre Terre », Science&Vie, no 1229, p. 86-93



# « *L'intelligence artificielle ne fait pas le poids face à la stupidité naturelle* » [9]

**Les progrès technologiques s'accroissent, ils sont d'ailleurs indéniablement plus rapides ces 60 dernières années et l'intelligence artificielle se développe à une vitesse telle que certain.e.s se demandent si un jour elle ne viendra pas à dépasser l'esprit humain. Je vais discuter avec vous à travers cet article de ces grosses prouesses technologiques que sont les algorithmes, ainsi que des dangers de ces avancées qui pourraient paraître si géniales.**

Il y a en effet de quoi se poser question : à l'heure actuelle, les algorithmes ont pris une place prépondérante dans notre quotidien et il est d'ailleurs possible que des chefs de service soient des programmes informatiques. C'est le cas par exemple dans des sociétés comme Deliveroo, Amazon, YouTube,... où ce sont des algorithmes qui mettent des notes à leur employé.e.s pour estimer la valeur de leur travail, et qui leur fixent parfois des objectifs au-dessus de ce qu'ils peuvent atteindre pour les conditionner à garder un rythme soutenu. On laisse les machines prendre des décisions à notre place dans des domaines de plus en plus sensibles : que ce soit la justice, la recherche d'emploi, la répartition d'énergie dans les centrales,... mais quels sont les risques ? jusqu'où va-t-on aller ? [1]

De manière plus sournoise et implicite, ce sont également des algorithmes qui déterminent le contenu que tu vois ou pas sur tes réseaux sociaux : comme ils sont programmés pour te montrer du contenu en fonction de ce que tu aimes, tu restes enfermé.e dans quelque chose que tu connais déjà (ce qui mène parfois des gens à être certain.e.s d'avoir raison alors qu'ils sont complètement à côté de la plaque ; très problématique parfois). Certes on pourrait rétorquer que c'est pour nous rendre la vie plus efficace, mais tellement efficace qu'en 2010 un algorithme a provoqué un crash économique qui a fait disparaître 1000 milliards de dollars en quelques secondes (Flash crash de 2010 [2]). On en vient même dans certaines situations à sacrifier notre libre arbitre aux algorithmes pour économiser quelques secondes. Google, célèbre algorithme de recherche (qu'on peut même qualifier de révolutionnaire), ne nous montre en effet que ce qu'on a envie de voir : l'Internet consulté est personnalisé et prend en compte jusqu'à 57 facteurs différents avant d'apporter une réponse à notre recherche (la fréquence des clics, le sexe, l'âge, la localisation, la résolution de l'écran,...) ; faites l'expérience avec un.e ami.e pour le vérifier, une même requête va vous

fournir des résultats différents [3]. Tout cela peut évidemment s'avérer dangereux en cas de questions politiques ou d'actualité ; dans le cas du Brexit ou encore de l'élection de Donald Trump, les résultats n'avaient par exemple pas été anticipés par les spécialistes. La dépendance envers les réseaux sociaux s'aggrave : selon une étude, 2/3 des Américain.e.s s'informent directement sur les réseaux sociaux.

En combinant des algorithmes, on peut créer des intelligences artificielles parfois très puissantes. Pour rappel : l'intelligence artificielle (IA) est un super logiciel qui a appris à apprendre (phrase bizarre, mais qui a du sens dans le contexte) afin de réaliser des tâches complexes à la place des humains [4]. L'IA part du principe que ce qui est arrivé auparavant se reproduira dans le futur, il faut donc lui fournir des informations historiques (afin d'y trouver des reproductions) ainsi qu'une définition du succès (c'est-à-dire « ce qui a autrefois réussi »). L'IA ne pense pas, n'est pas dotée de conscience, mais relève des tendances particulières associées ou non à un succès [5].

Néanmoins, les chercheurs et chercheuses s'accordent sur un point : il est impératif de mettre de l'éthique là-dedans. L'éthique est essentielle dans deux types de situations ; d'une part quand l'IA raisonne de manière trop simpliste : la réalité est complexe, pleine d'imprévus et la machine a encore du mal à appréhender cela. D'autre part, c'est au cœur du fonctionnement de l'IA qu'on peut mettre en avant d'autres

limites à imposer : l'intelligence artificielle est aussi « intelligente » que toutes les données qu'elle dévore pour réfléchir, de ce fait toute base de données biaisée et discriminante donnera des résultats tout aussi faussés et stigmatisants.

Quelques exemples pour mettre en scène jusqu'où ces dangers peuvent aller :

- En 2016, Microsoft met au point Tey, une intelligence artificielle dont le but est d'apprendre sur les réseaux sociaux. Après une journée et plus de 96 000 tweets postés, le compte est suspendu car des internautes lui ont montré comme détester l'humanité et Tey est devenu raciste et misogyne en un jour seulement [6].



- En 2014, Amazon (grand patron du e-commerce), met au point un logiciel de recrutement capable de gérer les candidatures d'embauche. Trois ans après, l'entreprise y renonce après avoir détecté la faille majeure du programme : l'algorithme « n'aimait pas » les femmes et écartait tous les profils féminins [7].
- En 2017, deux chercheurs ont élaboré un algorithme capable de déterminer si une personne était homosexuelle à partir d'une photo postée sur un site de

rencontre ; le modèle aurait raison dans 91% des cas. Dans de mauvaises mains, ce logiciel pourrait faire beaucoup de dégâts et s'avérer très dangereux (notamment dans des pays anti-LGBT) [8].

Ces algorithmes peuvent être qualifié d'armes de destruction mathématiques comme l'a souligné la mathématicienne Cathy O'Neal [5]. Une utilisation abusive mènerait à terme à une accentuation des inégalités et à une menace envers la démocratie. L'informatique est encore à l'heure actuelle un langage incompris de la plupart des citoyen.ne.s et il est donc aisé de faire prendre des décisions à des gens sans que ceux-ci/celles-ci ne le réalisent.

*Et les solutions dans tout ça ?* Pas de panique, il en existe un paquet.

Déjà, il faut garder à l'esprit que certes les algorithmes nous enferment dans une bulle cognitive et réduisent notre vision du monde à ce que nous aimons, cependant cela ne se fait que si nous nous laissons enfermer. En effet, l'algorithme ne fait qu'accentuer nos propres comportements et nous confortent dans nos propres opinions. Si nous diversifions nos sources d'informations, que nous likons des pages différentes de nos propres opinions, qu'on se tient informé.e.s et qu'on reste curieux/curieuse, l'algorithme ne nous manipule pas.

Pour ce qui est de l'éthique au sein de l'intelligence artificielle, trois pistes sont envisageables [4] :  
→ Avant tout, en finir avec les

boîtes noires et mettre au point des technologies plus lisibles et traçables pour démêler les bugs et les résultats discriminants (principe de la rétro-ingénierie).  
→ Ensuite, faire travailler plus de sociologues, d'anthropologues et de philosophes sur des projets scientifiques ; ainsi qu'inclure davantage dans les études scientifiques des questionnements éthiques.  
→ Enfin, plancher sur un cadre légal pour encadrer les pratiques (cadre d'une entreprise, d'un pays ou encore d'un continent). Des expert.e.s sont d'ailleurs en train de travailler sur un guide d'éthique à l'intelligence artificielle au sein de la commission européenne.

Je conclurai avec une phrase assez bien tournée, trouvée dans une vidéo :

*« Si on continue de se déresponsabiliser en laissant les chiffres prendre des décisions à notre place, on risque de finir dans un monde dirigé par des informaticiens délivrant la vérité de saints algorithmes, que nos cerveaux humains mettraient de toute façon beaucoup trop de temps à contredire. »* [2]

Zoé Rousseau,  
Déléguée Prométhée

[1] Les algorithmes – Et tout le monde s'en fout ? [urlz.fr/c1RR](http://urlz.fr/c1RR), vidéo consultée le 27 février 2020.

[2] Le Figaro, Comment un algorithme a provoqué un « krash éclair » ?, [urlz.fr/c1RT](http://urlz.fr/c1RT), article consulté le 8 mars 2020.

[3] Comment les algorithmes nous enferment ? : Décod'Actu saison 2, [urlz.fr/c1RV](http://urlz.fr/c1RV), vidéo consultée le 27 février 2020.

[4] Le Monde, Pourquoi l'intelligence artificielle a besoin d'éthique ?, [urlz.fr/c1RY](http://urlz.fr/c1RY), vidéo consultée le 27 février 2020.

[5] La mathématicienne Cathy O'Neal nous alerte sur les algorithmes, [urlz.fr/c1RZ](http://urlz.fr/c1RZ), vidéo consultée le 27 février 2020.

[6] [urlz.fr/c1S2](http://urlz.fr/c1S2), page consultée le 8 mars 2020.

[7] Les Echos, Quand le logiciel de recrutement d'Amazon discrimine les femmes, [urlz.fr/c1S4](http://urlz.fr/c1S4), page consultée le 8 mars 2020.

[8] Claire Levenson, Un algorithme peut deviner l'orientation sexuelle de quelqu'un à partir d'une photo, [urlz.fr/c1S6](http://urlz.fr/c1S6), article consulté le 8 mars 2020.

[9] Citation de Albert Einstein (1879-1955).

# *L'inattendue adaptation des coraux au réchauffement climatique*

lors que nous croyions tou.te.s les récifs coralliens voués à disparaître d'ici quelques années, des chercheu.se.r.s ont découvert une certaine adaptation des coraux, l'un des plus grands et complexes écosystèmes de la planète, au réchauffement climatique. Des hypothèses de stratégie utilisées par le corail ont été émises. Bien que toutes n'aient pas encore été vérifiées, nous allons en aborder cinq importantes dans cet article.



Tout d'abord, qu'est-ce qu'un corail ? Plante ou animal ? La plupart répondront qu'il s'agit d'une plante. Pourtant ce n'est pas le cas. Il s'agit en fait d'un animal marin formé d'une colonie de corps mous appelés polypes d'où émergent des tentacules souvent colorés. Durant toute sa vie, cet être va élaborer un exosquelette en calcaire. Le corail vit en symbiose avec une algue microscopique, la zooxanthelle, qui fabrique pour lui un carburant chimique grâce à la photosynthèse et lui procure ainsi l'énergie nécessaire à sa croissance. En retour, il va offrir à cette petite algue la protection et les nutriments dont elle

a besoin pour survivre. On retrouve les coraux dans les eaux tropicales surtout. Ils sont souvent regroupés en récifs dont les plus connus se situent en Australie (la Grande Barrière de Corail mesure près de 2300 kilomètres de long), en Nouvelle-Calédonie, au Belize et en Floride. Ces organismes colorés et regorgeant de vie sont, en plus d'être vitaux pour nos océans, considérés comme la huitième merveille du monde et on comprend pourquoi.

Les coraux sont des organismes extrêmement sensibles au réchauffement de notre planète. En effet, ils ne peuvent vivre que dans des eaux ayant une température variant entre 20°C et 30°C. Si ce seuil est dépassé, des déchets seront produits et généreront des réactions de photosynthèse qui se retourneront contre les tissus coralliens en les empoisonnant. Les algues vont doucement quitter leur protecteur qui va ensuite perdre sa couleur. Après quelques jours, si la chaleur de l'eau perdure, les polypes vont mourir un à un ; laissant alors vacant l'exosquelette de calcaire qui

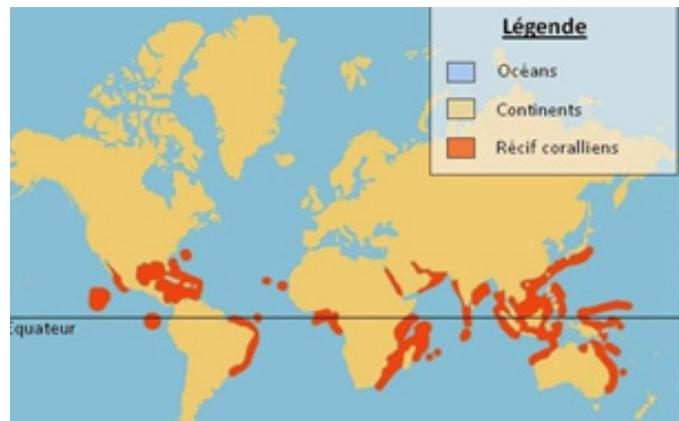


leur servait de support. Ce phénomène tristement célèbre qui atteint un nombre croissant de récifs dans le monde est celui du « blanchissement corallien » autrement appelé la « mort blanche » des coraux. L'augmentation continue de la température des océans asphyxie lentement les coraux ainsi que la riche biodiversité qu'ils cachent. À eux seuls, ils abritent près d'un quart de toutes les espèces marines. Ce sont les poumons de tout l'écosystème marin, leur disparition serait donc un véritable désastre écologique. [2]

En seulement 30 ans, la moitié du récif australien a disparu laissant place à des amas de gravats de calcaire sans couleur, sans vie, faisant penser à de véritables cimetières marins. Un phénomène étrange a cependant été remarqué par les scientifiques. En 2016, 30% des 2000 km de récifs avaient disparu, or en 2017 ce n'est plus que 20%. Le blanchissement corallien ne progresse pas aussi vite que prévu. Comment cela se fait-il ? Les récifs coralliens adopteraient-ils une certaine résistance à la chaleur au cours du temps ? Une étude menée à l'Université de Melbourne sur la disparition des coraux au cours de ces 20 dernières années a en effet observé que les coraux de la Grande Barrière survivaient durant la seconde décennie à des températures plus élevées de 0,5°C que durant la première. En prenant compte de cette adaptation, l'augmentation de 0,5°C à 4°C prévue par le GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) d'ici les 80 années à venir n'est plus une si mauvaise nouvelle pour les co-

raux et l'écosystème qu'ils abritent.

Après avoir pris conscience des capacités d'adaptation du corail, les chercheurs ont émis des hy-



pothèses sur les stratégies adoptées par cet organisme complexe. Six des plus pertinentes ont été détaillées ci-dessous. [1]

1. Lors d'un stress thermique tel que le réchauffement des océans, certains coraux sont poussés à survivre de façon extrême. Le polype, ayant rompu la symbiose avec son algue, va se séparer de son exosquelette et se détacher de la colonie à laquelle il avait fusionné. Ainsi, il se laisse porter par les courants et avec beaucoup de chance, il croisera sur sa route un nouveau support calcaire dans une eau aux conditions plus favorables. On parle de « polype bail out » qui fait référence au mécanisme ci-dessus, grâce auquel les coraux peuvent éventuellement survivre aux épisodes de chaleurs actuels.



2. En octobre 2019, ce sont deux biologistes des universités de Barcelone et de Berlin qui ont découvert chez les coraux méditerranéens constructeurs de récifs un autre moyen de survie. Lors de canicules, tous les polypes ne meurent pas. Une toute petite fraction de tissu va résister à la chaleur, permettant ainsi aux coraux de s'y reproduire avant de reformer une colonie. Diego Kersting, l'un des deux biologistes travaillant sur le sujet, précise qu'environ 38% des colonies mortes ont repris vie en seulement quelques années. De plus, parmi celles-ci, 13% recouvrent presque toute la surface qu'elles occupaient initialement en seulement 10 ans. Cette découverte incroyable n'est bien sûr pas sans défaut ; ce corail se développe extrêmement lentement. Cette stratégie seule ne peut donc suffire aux récifs coralliens de la Méditerranée qui vivent de tels épisodes de chaleur de plus en plus fréquemment. Environ un quart des récifs ont déjà disparu. L'autre quart en mauvais état est voué au même sort et la moitié restante, encore fonctionnelle, est capable de s'adapter aux changements de température. Cela sera-t-il pour autant suffisant pour maintenir les coraux en vie ? Et si oui, pour combien de

temps encore ? Des expériences encore actuellement en cours tentent de répondre à ces questions.

3. L'expédition *Under The Pole III* consiste en 3 années d'exploration pour découvrir le monde marin entre la surface et 150 m de profondeur. Le 4 avril 2019, les membres de cette expédition découvrent une espèce de corail, *Leptoseris hawaiiensis*, à 172 mètres de profondeur. Jamais un tel organisme n'avait été découvert dans cette zone encore fort méconnue qu'est la zone mésophotique (30 à 200 mètres de profondeur). Dans celle-ci la faune et la flore sont moins exposées aux hautes températures présentes en surface. À ce jour, il ne reste plus qu'à prouver que les larves de ces coraux peuvent bien recoloniser les récifs ayant subi un blanchissement des dizaines de mètres plus haut.

4. En 2017, en Arabie Saoudite, une équipe de recherche a démontré que des coraux, ayant subi un stress tel que l'augmentation de l'acidité des mers et des océans, modifient leur expression génomique par épigénétique. En 2018, cette même équipe nous montre que les larves de ces coraux stressés peuvent hériter de ces génomes modifiés, notamment par l'ajout de petites structures chimiques venant s'y greffer. Ces modifications permettraient fort probablement aux récifs coralliens de s'adapter aux canicules fréquentes que nous rencontrons aujourd'hui. Cette hypothèse reste cependant à tester.

5. En 2016, une équipe de recherche australienne observe que lors d'épisodes de chaleur, les coraux qui rompent leur relation avec la zooxanthelle vont recruter à leur place des alliés précieux ; de nouvelles algues pouvant survivre à des températures allant jusqu'à 36°C. Les chercheurs ne savaient pas qu'une telle symbiose était possible, encore moins pour des polypes adultes.

6. Craig Humphrey, un scientifique de Australian Institute of Marine Science, a fait une découverte également prometteuse. Un corail vivant dans les eaux des Caraïbes serait plus résistant à l'augmentation de température que les coraux australiens. Il a donc décidé de croiser ces deux espèces, créant ainsi un hybride qu'ils ont testé. En l'exposant à des taux d'acidité et des températures supérieures, il s'est avéré que ces espèces hybrides supportaient mieux les stress dus au changement climatique que les espèces pures. Bien que ce ne soit que le début des recherches, ce dernier point est une piste plutôt positive pour arriver à concevoir des coraux plus résistants. [3]

Grâce aux recherches actives mises en place autour de la survie des récifs coralliens partout dans le monde, nous arriverons peut-être un jour à découvrir LA stratégie à adopter afin de permettre aux coraux de continuer à prospérer, même durant les périodes de canicules que nous connaissons aujourd'hui. En tout cas, nous sommes sur la bonne voie.

*Luna Soenens,  
Cooptée Prométhée*

[1] Debroise, Anne (2020, janvier), « Face au réchauffement : L'incroyable résistance des coraux », Science&Vie, no 1228, p. 84-89

[2] wildtouchorg, #11 Coraux et réchauffement climatique [vidéo en ligne]. YouTube, 14 avril 2015 [vue le 2 mars 2020] <https://www.youtube.com/watch?v=yLU-gOQuSBuE>

[3] France 24, Réchauffement climatique : la Grande Barrière de Corail meurt à petit feu [vidéo en ligne]. YouTube, 12 avril 2019 [vue le 2 mars 2020] <https://www.youtube.com/watch?v=mrHtGSFbqDA>



# CLEAN : *Combustion in Low-Emission And CO<sub>2</sub>-Neutral technologies*

## **1. Changement climatique, énergies renouvelables et stockage**

Une nouvelle révolution énergétique est proche : supporter notre modèle sociétal tout en s'orientant vers des sources d'énergies neutres en CO<sub>2</sub> est l'un des défis majeurs du 21<sup>ème</sup> siècle. Quand on parle d'énergie, on identifie mal le caractère prépondérant de la combustion. Pensons un instant à notre vie quotidienne, aux produits que nous utilisons, à notre façon de nous déplacer en réunion, pour rendre visite à la famille, aux amis, pour partir en vacances, ... Même une simple recherche sur internet requiert la combustion. Nous réalisons rapidement que presque toutes les activités ont une forte signature énergétique. La majeure partie de cette énergie, environ les deux tiers, provient aujourd'hui de la combustion. La combustion est aussi la principale source de pollution atmosphérique et donc du changement climatique. Un rapport récent de l'ONU a indiqué que la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère avait atteint 405,5 parties par million (ppm). Si nous continuons à ce rythme, dans 50 ans, nous dépasserons le niveau de 500 ppm et verrons les températures dangereusement augmenter, remettant en cause les sociétés de nos enfants et petits-enfants. Aujourd'hui, nous

avons déjà presque dépassé les niveaux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère qui permettraient de respecter les recommandations de la COP21 et limiter le réchauffement à 1,5 °C. Le problème ne peut plus être ignoré et nous devons changer notre façon de produire et d'utiliser l'énergie. Les nouveaux développements dans les énergies renouvelables sont fondamentaux pour assurer les besoins en énergie de la génération future, dans le cadre d'un modèle de croissance durable. Cependant, un problème fondamental se pose pour une société qui utiliserait exclusivement des sources renouvelables : leur intermittence intrinsèque. Nous savons tous que les énergies éolienne et solaire sont soumises aux aléas quotidiens et saisonniers du vent et du soleil. De plus elles ont une forte dépendance géographique, des parc solaires dans le Sahara sont efficaces mais dans des villes comme Bruxelles, ce n'est pas le cas. Les parc éoliens off-shore sont très intéressants sauf dans les régions avec peu de vent. Les sources géothermiques et hydroélectriques ne sont disponibles que sur des sites spécifiques et imposent des contraintes précises en terme d'exploitation des infrastructures. Il est donc nécessaire de développer des solutions de stockage capables de garantir la dispo-

nibilité de l'approvisionnement en énergie requis lorsque les sources renouvelables ne sont pas disponibles, permettant de répondre à une demande permanente. Le stockage sur batterie est très efficace pour le stockage à court terme, elles présentent peu de pertes lors d'un cycle charge décharge : moins de 10% de l'énergie est perdue. Elles peuvent donc être utilisées en cas de stockage court terme. Cependant leur coût limite leur utilisation à grande échelle, les parcs de batteries construit par exemple par Tesla ont une capacité de stockage qui permettent d'alimenter une ville pendant à peine quelques minutes, pour un coût unitaire très élevé. Le stockage de l'énergie à long terme (stockage saisonnier) et les processus à forte consommation d'énergie (transport de passagers à grande distance et processus industriels) nécessitent, par contre, des densités d'énergie élevées (plusieurs dizaines de MJ par kg), qui ne peuvent être réalisés que par des carburants. Le projet d'avion Solar Impulse, technologiquement à la pointe, ne permettait que de transporter lentement un seul passager sur de courtes distances. On peut donc comprendre que le transport aérien devra continuer à utiliser une source chimique, les carburants. Il en va de même pour beaucoup de processus industriels et le transport des biens et des personnes. Nous avons sous nos yeux un paradoxe apparemment insoluble, à savoir la prise de conscience de l'impact négatif important des technologies basées sur la combustion et, parallèlement, la recon-

naissance du fait que notre société a besoin de la combustion pour satisfaire ses besoins énergétiques. L'objectif de CLEAN est de proposer une solution de ce paradoxe : il est possible que la combustion soit non polluante et neutre en CO<sub>2</sub>.

## **2. Un mix énergétique futur couplant renouvelable et combustion**

Le futur mix énergétique comprendra une variété de carburants. Les technologies Power-to-X (P2X) permettent de stocker l'excès d'énergie renouvelable sous forme de composés chimiques, caractérisés par des densités d'énergie très élevées et, de ce fait, représentent les candidats idéaux pour le stockage à long terme, les processus industriels à forte intensité énergétique et les transports. L'idée est d'utiliser le surplus de production d'énergie renouvelable pour transformer les produits de combustion, CO<sub>2</sub> et eau en carburant. Ce carburant est ensuite brûlé et le CO<sub>2</sub> et l'eau stocké en vue du prochain cycle. Ces composés chimiques sont généralement appelés «Vecteurs Énergétiques Intelligents» (VEI) et comprennent l'hydrogène (la molécule la plus facile à former par électrolyse de l'eau), l'ammoniac (un moyen efficace de stocker l'hydrogène sous forme liquide en le combinant avec de l'azote atmosphérique), le méthane (combinant l'hydrogène avec le dioxyde de carbone recyclé issu des procédés de captage et de stockage), mais également le méthanol et d'autres combustibles synthétiques pour des applications ciblées (trans-

port aérien et terrestre, production d'énergie,...). La disponibilité des VEI peut potentiellement conduire à une intégration continue des sources d'énergies renouvelables et des technologies de combustion (Figure 1), dans le cadre d'un modèle d'économie circulaire, où la dépendance aux sources de combustibles fossiles peut être écartée, comme l'indique la Figure 1.

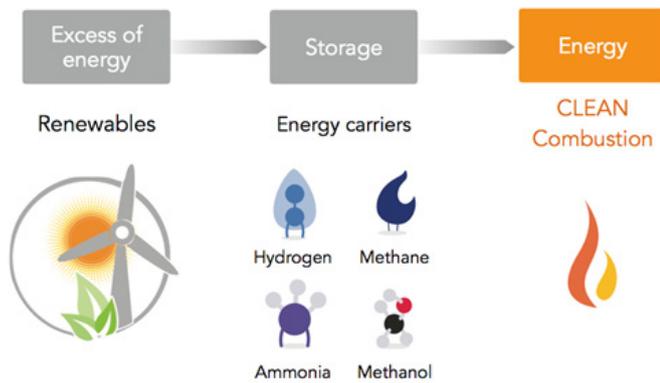


Figure 1 – Une grande diversité de vecteurs énergétiques remplacera les combustibles fossiles dans le futur. Ces vecteurs seront produits par des sources renouvelables. En toute logique leur utilisation devra ne pas produire de polluants et nécessite l'implémentation de nouvelles technologies de combustion.

La disponibilité de ces différents vecteurs est une opportunité majeure. Elle peut contribuer à la décarbonisation de l'alimentation électrique, malgré des offres et demandes fluctuantes en énergie et à assurer un approvisionnement énergétique plus sûr et constant. Le stockage de l'énergie dans les nouveaux vecteurs d'énergie intelligents rend le rôle de la combustion crucial. Pour que ce concept power-to-X soit efficace et viable, de nouvelles technologies de combustion doivent être développées, afin de permettre la flexibilité at-

tendue du combustible sans compromettre l'efficacité énergétique et les émissions de polluants, voire l'efficacité de l'application. C'est loin d'être le cas aujourd'hui. En effet, les processus industriels sont optimisés compte tenu de la spécificité du combustible utilisé, gaz naturel, charbon, diesel, essence ... Les rendre « flexibles en carburant », c'est-à-dire leur permettre d'utiliser n'importe quel VEI, dont les caractéristiques de combustion varient fortement, constituera un défi technique majeur pour les prochaines décennies. Une solution consiste à adapter les carburants aux technologies existant, mais les limites de ce paradigme seront vite atteintes : la disponibilité locale de blocs constitutifs de carburant (par exemple, le dioxyde de carbone) posera problème. Une meilleure approche consiste à développer des technologies capables de fonctionner efficacement et sans émissions nocives, quel que soit le carburant. Ces technologies sont regroupées sous le terme MILD combustion.

### 3. Novel combustion technologies



Figure 2 – Le triangle énergétique : notre société a besoin de sources d'énergies peu coûteuses, sûres et neutres pour l'environnement.

Pour atteindre l'objectif à long terme de neutralité du CO<sub>2</sub> et atténuer les effets du réchauffement climatique, nous avons besoin de repenser les technologies de conversion énergétique et donc la combustion. Les technologies de combustion MILD offrent une solution à ce problème, car elles permettent de garantir la flexibilité du carburant, tout en assurant une excellente conversion énergétique et en réduisant les émissions de polluants à des niveaux quasi nuls (figure 2). La combustion MILD découle d'une nouvelle perspective dans l'analyse des procédés de combustion, développée au cours des dernières décennies. Auparavant, il était considéré comme impossible d'obtenir à la fois une efficacité énergétique élevée et de faibles émissions en polluants, un compromis devait être accepté. Le problème n'était étudié que d'un point de vue énergétique, pas chimique. De nos jours, la combustion est traitée

et contrôlée comme un réacteur chimique, ce qui permet à la fois de satisfaire les besoins environnementaux et énergétiques et de s'adapter la flexibilité nécessaire aux futurs vecteurs énergétiques (Figure 3). Quelques installations expérimentales de ces technologies sont apparues dans les laboratoires de recherche comme à l'ULB, dont l'expertise est reconnue internationalement dans le domaine. Cependant, ces régimes de combustion à faibles émissions sont très complexes et difficiles à simuler, rendant impossible la transposition de solutions développées d'une configuration industrielle à une autre. Ceci est encore plus compliqué dans un scénario caractérisé par la coexistence de plusieurs VEI.

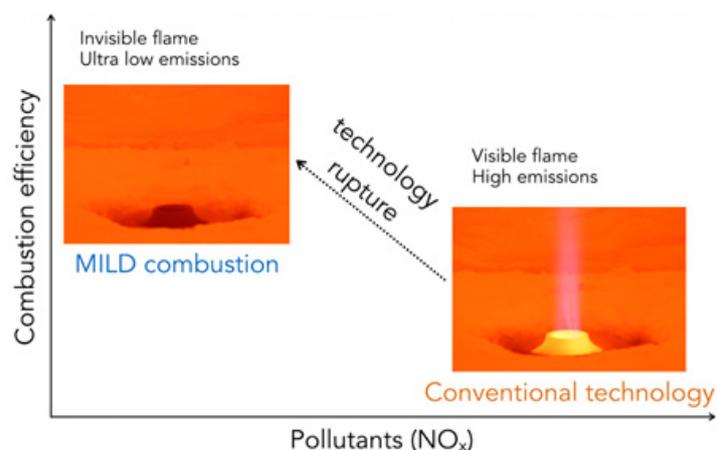


Figure 3 – Avec les technologies actuelles, un choix doit être fait entre le niveau d'oxyde d'azote émis et l'efficacité du processus. Les recherches menées à l'ULB ont démontré qu'utiliser le concept du MILD permet d'obéir à ces deux contraintes en même temps.

#### 4. CLEAN

CLEAN vise à développer des outils de simulation avancés pour les systèmes de combustion de taille semi-industrielle. Ces modèles peuvent être utilisés en toute confiance pour prévoir le comportement des systèmes existant, optimiser leur fonctionnement et développer à terme la prochaine génération de brûleurs pour tout type d'applications industrielles. Des approches multi-échelles et multi-physiques seront développées pour décrire avec précision tous les phénomènes couplés dans la combustion MILD, de l'échelle moléculaire où la conversion du combustible a lieu jusqu'à celle du système lui-même. Les données expérimentales de l'ULB et simulées seront utilisées, dans une approche intégrée, où ces deux piliers se nourrissent dans un cycle vertueux (Figure 4), générant les données haute-fidélité nécessaires au

développement de jumeaux numériques (digital twins) permettant de prédire avec confiance le comportement de ces systèmes. À cette fin, des techniques inspirées de l'apprentissage automatique – machine learning et intelligence artificielle – seront utilisées pour reconnaître les modèles et classer les informations sous la forme de modèles réduits.

Le projet propose de tester cette approche et d'en démontrer la validité sur trois systèmes : une fournaise semi-industrielle pour les processus industriels, une micro-turbine à gaz et un moteur à piston pour la production de chaleur et d'électricité. La disponibilité de ces trois dispositifs expérimentaux dans le groupe de recherche BURN [1] offre l'occasion unique de prouver l'efficacité des « digital twins » pour une variété d'applications et leur utilisation potentielle dans le monde industriel mais aussi pour les décideurs politiques

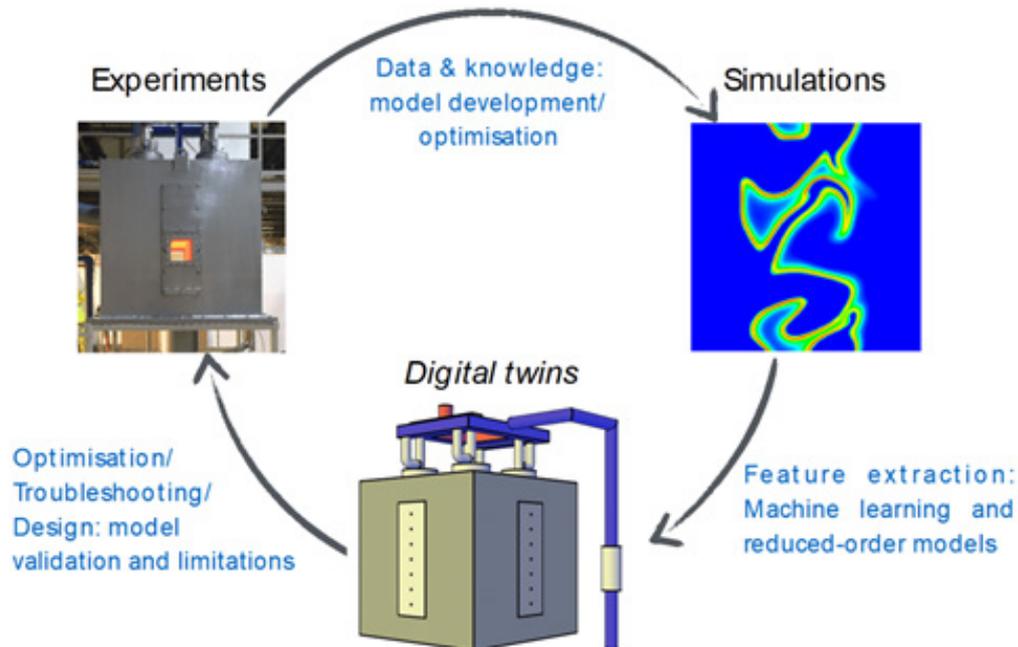


Figure 4 – Les « Digital twins » peuvent être considérés comme le lien entre les systèmes réels et le monde digital. Leur développement nécessite une nouvelle stratégie de recherche où expériences et simulations alimentent des méthodes avancées de machine learning permettant d'extraire les informations nécessaires à la construction du « digital twin »

en charge de la réglementation. CLEAN représente la première tentative de réalisation de modèles « digital twins » pour les systèmes de combustion. Ce projet repose sur l'approche novatrice d'utilisation de données haute-fidélité pour développer directement des modèles afin de contrôler, d'optimiser et de développer de nouveaux systèmes énergétiques. Les ingénieurs ont toujours développé des modèles globaux et des corrélations pour la conception et l'optimisation, basés sur des approches empiriques et semi-empiriques. Il est temps d'introduire la simulation numérique et l'apprentissage automatique dans ce processus de conception et développement, pour permettre l'émergence de nouvelles technologies disruptives.

Le Prof. Alessandro Parente est soutenu par la Fondation ULB. Retrouvez les autres talents de l'ULB sur <http://fondation.ulb.ac.be>

*Sébastien Verkercke,  
Ami du Prométhée*

# Les Maîtres des Éléments : Terre

Nous devons collaborer avec la nature afin d'obtenir assez de ressources pour nourrir toute la planète, subvenir à nos besoins. Nous n'avons pas assez de ressources pour nous tous et toutes, c'est donc pourquoi il est important de respecter la nature, pour que chacun d'entre nous en soit privilégié.e. Marjolein Helder, fondatrice de PLANT-E nous explique qu'elle produit de l'électricité avec l'aide des plantes. Ce sont les bactéries autour des racines qui produisent l'électricité. Celles-ci sont en symbiose avec la plante. Il faut 1 m<sup>2</sup> de plante pour allumer 1 led. C'est une toute nouvelle technologie qui voit le jour et qui ne va cesser de s'améliorer. L'idéal serait de créer de l'électricité pour toute la planète avec cette nouvelle technologie car les énergies fossiles seront épuisées. Le parc zoologique de Beauval en France, contient 10000 animaux et utilise les déchets organiques comme usine à biogaz pour chauffer les serres, produire son propre gaz et électricité. En Islande, la géothermie est pratiquée depuis des décennies, ce qui permet la production d'eau chaude et d'électricité. La Péninsule de Reykjanes se trouve au milieu d'une zone d'activité volcanique. Dans cette zone, se trouve un écartement des plaques conti-

mentales. C'est en 1970 qu'ils y font les premiers forages dans le but d'exploiter l'énergie souterraine. En Transilvanie, centre de la Roumanie dans le massif des Carpates, on extrait le sel de la mine de Praid. Ces ingénieurs extraient plus de milles tonnes de sel par jour ; 80% pour l'industrie non alimentaire, notamment le cuir et 20% pour les animaux consommateurs de sel. Certaines mines de sel sont ouvertes au public ; salle de gym, patinoire et autres activités ludiques et puis y faire de la salinothérapie rien de meilleur pour les poumons. La saline de Turda, unique dans le monde fait 90 mètres de profondeur. A Porte de la Chapelle en France, Nicolas Necker travaille sur la première ferme bio sous terrainne d'Ile de France. Les produits gardent leur fraîcheur grâce à la température en sous-sol. Les aliments ne passent pas par le frigo ! Dans le village de Kawauchi au Japon, ils ont développé une méthode de culture où la terre n'est plus indispensable. Ce qui est important c'est ce qui s'y trouve comme les excréments des animaux et non pas la terre en elle-même. La culture hydroponique est une culture des plantes en milieu aquatique. Un substrat d'uréthane est utilisé pour remplacer la terre. La graine est plantée dans une mousse, l'eau est

riche en nutriment contenant de l'azote, du phosphate du potassium ainsi que du fer. Dans cette usine de culture hydronique, la lumière du soleil n'est pas utilisée mais des lumières artificielles variant en longueur d'onde selon le type de nutriment qu'ils souhaitent faire croître. Aucun pesticide n'est nécessaire ! Dans le désert d'Atacama au Pérou, Julio Valdivia Silva chercheur NASA-SETI travaille sur un projet de plantation pour faire pousser des pommes de terre sur Mars. Il se pose la question, comment pourrions-nous survivre sur Terre ? Le sol du désert au Pérou est semblable au sol de Mars. C'est pourquoi, ces chercheurs récoltent le sable dans le désert d'Atacama à des fins expérimentales

*Carole Moreau,  
Cooptée Prométhée*

[1] Plant-e, ou comment produire de l'électricité avec des plantes - <https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/developpement-durable-plant-e-produire-electricite-plant-e-58574/>

## Lundi

17 : 00

La pluie est venue tâcher le sol de macadam, encore chaud et sec. Le mélange de l'air d'été et de la pluie mouillée avait un léger parfum agréable d'une odeur volatile passante. Entre les gouttes de pluie, des parapluies, des capuches et des cheveux bientôt trempés. Des pulls à manche longues, des t-shirts, des robes courtes. Des peaux mixtes, brunes du soleil, blanche soie. Deux yeux, admiraient ce spectacle.

J'arrive chez maman.

Ca fait des mois que je l'entends cogner ses talons contre son plancher. Il marche pour 100 hommes comme si le poids de son existence en pesait autant. Je l'imagine pourtant doux. Je passe la nuit chez maman, elle aime quand je reste. Ça la fait sentir un peu moins seule depuis la mort de papa.

1 : 00

La nuit est longue et je ne cesse de scruter mon Gsm dans l'espoir d'un message de Julian. L'homme au poids de 100 hommes fait des allers- retours entre sa cuisine et son lit. Les pas se font de plus en plus vite au-dessus de ma tête. Par moment je me demande si je suis bien consciente de ce qu'il se passe. Il a l'air incertain de ce qu'il fait. Un coup de fusil puis plus rien, ai-je bien entendu ? Le silence règne

dans la pièce juste au-dessus de moi. Mon cœur se met à battre de plus en plus vite, j'ai l'impression qu'il va sortir de ma poitrine, j'ai mal à respirer et quelques minutes s'écoulent avant que je retrouve mon calme. Pas un cri de maman, sa machine qui l'aide à respirer la fait dormir tellement profondément que rien, ni même le bruit des bombardements ne la réveilleraient.

8 : 34

Je me réveille la gorge sèche, la première chose qui me vient à l'esprit c'est le souvenir étrange d'un coup de fusil.

## Mercredi

48h que son corps est tétanisé. Elle s'était pourtant jurée de laisser cette histoire de côté, mais la curiosité a pris le dessus. Combien de fois elle avait essayé d'ouvrir la porte de l'appartement, monter une marche, puis une autre pour tout redescendre aussi vite que possible et claquer la porte d'entrée.

16 : 00

Je trouve une note dans la cuisine " je reviens dans 2h je suis au marché acheter des tomates pour faire un gaspacho". Je me dirige vers l'escalier, ma main gauche se cramponne à la rampe. Plus que 10 marches et j'aperçois sa porte. Elle est faite de vieux bois, ce genre de vieux bois qui donne

des échardes. J'entends des gémissements à travers la porte. Qu'est ce qu'elle cherche ? Qu'est-ce que je cherche ? Elle cherche à combler ce vide à l'intérieur d'elle, le trou qui fait mal dans sa poitrine et qui s'est durci au fur et à mesure depuis la mort de son père. Ce qu'elle cherche, je ne le sais pas, peut-être une odeur de cuisine qui la transporte.

L'homme qui se trouve derrière la porte halète, parfois on n'entend plus rien et puis, ça recommence. J'ai aucune idée de savoir quoi faire, je pourrais appeler une ambulance mais ma petite voix intérieure ne cesse de me répéter que c'est une mauvaise idée. Du sang qui s'écoule à travers le bas de la porte. Y'a comme une odeur d'encens indien qui s'en dégage.

### 19 : 00

Je gare ma voiture. Je sors, attrape mon sac à main, ferme la porte à clé. Et je me mets à courir. Les voitures me laissent passer sur le passage pour piétons. Je fais attention à ne pas bousculer les gens qui sortent du centre. Je suis déjà en retard. J'ai raté les échauffements, mais je me mets tout devant et commence à courir sur place. Mon cœur lui est déjà échauffé. La prof commence à faire des sauts et je sens une énergie vibrante transformer mon corps. Le stress de la semaine, et tout ce qui s'ensuit est transformé en rage, une rage qui fait naître un désir de sauter encore plus haut, de courir encore plus vite. Je sais que c'est à ce moment que je me sens invincible. Je ne sens pas le

mal de mon corps, il s'est transformé en machine qui doit produire de plus en plus, le plus vite possible. Après 45 minutes d'intensité, la prof nous demande de sortir les tapis. Ils sont bleus, je les aime bien. Aujourd'hui, j'en prends un pour moi toute seule. Je le place à la gauche de la prof qui se trouve en face de moi. Elle me connaît, parfois on échange quelques phrases et puis on se tait. La vie reprend son cours comme si de rien n'était. Les fenêtres de la salle sont fermées, je profite des 3 minutes de pause et monte sur les espaliers qui sont accolés au mur, pour aller les ouvrir une à une et la buée des fenêtres commence à s'évaporer. Le cours fini, je reprends mon sac à main, remets mon pull et prends déjà mes clés de voiture. Dehors, un vent glacial subit me fouette le visage, mes lèvres sont toujours gercées, je devrais mettre du baume à lèvres, mais j'aime m'arracher la peau des lèvres et que ça saigne. Les arbres déguisent des formes d'hommes, dans le parking où je suis seule. Je ne crois pas en Dieu mais, y'a des jours où je prie. Je ne crois pas en Dieu mais, y'a des jours où je prie pour disparaître. Je ne crois pas en Dieu, mais y'a des jours où je prie pour disparaître et je disparaiss.

### 21 : 15

Une odeur d'encens indien flotte dans l'air.

*Carole Moreau,  
Cooptée Prométhée*

# Quels paysages pour l'Europe de demain ?

Cette question me taraude depuis un petit temps déjà. Après la lecture du dossier « Réponse et Adaptations aux Changement Globaux, quels enjeux pour la recherche sur la biodiversité » publié par la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité (F.R.B.) en octobre 2015 cette question m'a frappée. Comment seront les paysages de demain ? Il ne faut pas avoir fait de grandes études en climatologies pour se rendre compte que les choses changent, les hivers sont plus doux, les saisons sont plus marquées, les catastrophes naturelles de type ouragan et cyclone sont plus puissantes, etc. Petit *disclaimer* au passage, cette partie est assez longue donc prenez le temps de l'aborder, quitte à le faire en plusieurs fois.

D'ailleurs les résultats d'un sondage publié il y a quelques années montrent un certain consensus de la communauté scientifiques spécialisée en la matière mais aussi une tendance de la population à accepter ce réchauffement et même que les activités humaines en sont un facteur important.

Le plus frappant est le fossé entre les experts du climat (97,4%) et le grand public (58%). Le document conclut:

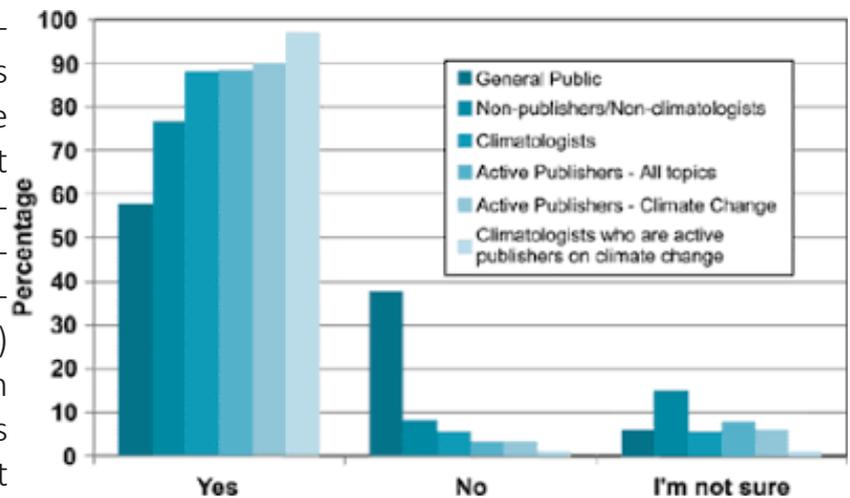


Figure 1: Réponse à la question «Pensez-vous que l'activité humaine est un facteur important dans l'évolution des températures moyennes mondiales?» (Doran 2009). Les données «grand public» proviennent d'un sondage Gallup mené en 2008.

«Il semble que le débat sur l'authenticité du réchauffement climatique et le rôle joué par l'activité humaine est en grande partie inexistant chez ceux qui comprennent les nuances et la base scientifique des processus climatiques à long terme. Le défi semble de trouver une manière de communiquer efficacement ce fait aux décideurs et à un public qui continue à percevoir, à tort, l'existence d'un débat entre les scientifiques.»

Ce large consensus parmi les experts du climat a été, par ailleurs, confirmé par une étude indépendante recensant tous les climatologues ayant signé des déclarations publiques soutenant ou rejetant le consensus. Cette étude a permis de constater qu'entre 97% et 98% des experts du climat soutenaient

le consensus (Anderegg 2010). En outre, lorsqu'on utilise le nombre de publications de chaque chercheur comme une mesure de leur expertise dans la science du climat, on constate que le nombre moyen de publications par les scientifiques sceptiques est d'environ la moitié du nombre de celles produites par des scientifiques convaincus. Il semble donc y avoir un écart considérable en matière d'expertise entre les deux groupes.

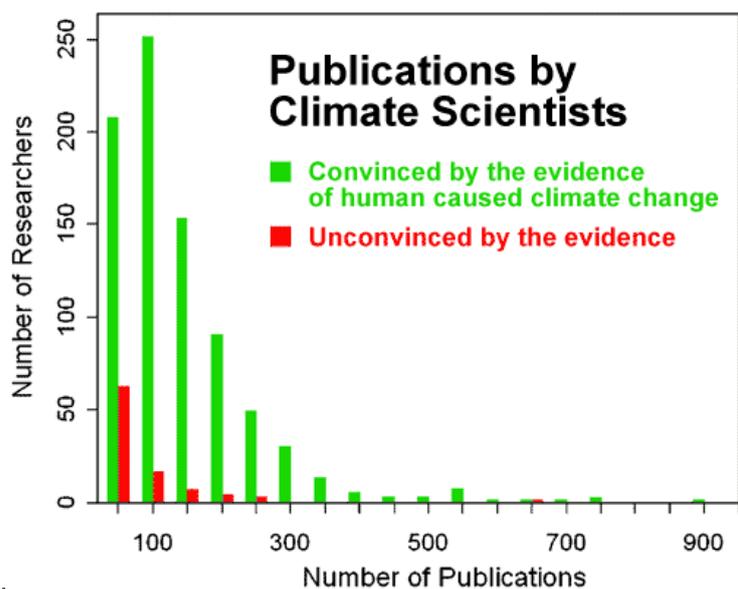


Figure 2: Répartition du nombre de publications totales sur le climat de chercheurs convaincus par la preuve du changement climatique anthropique et ceux peu convaincu de l'existence de telles preuves (Anderegg 2010). [1]

Cela étant dit, si nous partons du postulat que oui, les choses changent, comment changent-elles ? A quoi devons nous nous attendre pour les décennies futures ? Pour tenter de répondre à ces différentes questions ou du moins d'apporter des pistes de réflexions laissez-moi commencer par apporter la définition de quelques termes plus ou moins technique : **La flexibilité**: « En biologie et tout spécialement en écologie la flexibili-

té désigne la capacité d'une espèce à s'adapter à des situations environnementales diverses. » Toutes les espèces ne possèdent pas une flexibilité équivalente, certaines vivant dans des environnements précis et particuliers sont très sensibles aux changements climatiques et sont dès lors qualifiées de peu flexibles.

**L'adaptation**: l'adaptation est un concept principalement issu des sciences du vivant (il est au cœur de la théorie de l'évolution par sélection naturelle) qui désigne soit un processus évolutif – l'ajustement des fonctions biologiques d'un être vivant avec les conditions extérieures – soit l'état résultant de ce processus. Dans le rapport de F.R.B. le terme plus neutre de « réponse » est utilisé.

**La capacité d'adaptation**: En biologie évolutive, cette capacité d'adaptation (ou vitesse attendue de la réponse adaptative) a historiquement été mesurée par l'héritabilité, c'est-à-dire la part génétique de la variance des traits phénotypiques dans une population. Un article qui m'a beaucoup plus dans ce rapport est celui d'Anne Charmantier sur la plasticité et la réponse évolutive de la phénologie des mésanges faces aux changement climatiques. « Chez les oiseaux, la date de reproduction est un déterminant majeur du succès reproducteur, et donc de la survie de l'espèce. Plusieurs études récentes ont montré que les populations d'oiseaux peuvent répondre aux changements climatiques actuels en modifiant leurs dates de reproduction, mais, souvent, l'ampleur de la réponse n'est

pas suffisante pour permettre une adaptation au changement environnemental (Visser, 2008). Les exemples les plus fréquemment illustrés sont l'avancée de la date de ponte (Visser et al., 2003 ; Husby et al., 2010) ou bien celle des comportements de migration (Hüppop & Hüppop, 2003 ; Van Buskirk et al., 2012). Cependant, il n'est pas aisé de tester si ces changements de comportements en réponse aux changements de l'environnement proviennent d'une plasticité phénotypique ou bien sont la conséquence d'une micro-évolution à déterminisme génétique et donc en règle générale, ces deux processus n'ont pas été distingués. Une revue récente montre que sur 14 études de la phénologie de la reproduction fondées sur des données de suivi individuel, trois seulement ont testé un processus de réponse évolutive au changement climatique, sans résultat positif, alors que toutes montrent une réponse plastique individuelle (Charmantier & Gienapp, 2014). L'étude de l'héritabilité des normes de réaction en populations naturelles n'en est qu'à ses débuts (Stearns, 1989 ; DeWitt & Scheiner, 2004) mais c'est une approche très prometteuse pour comprendre l'adaptation des populations naturelles à l'hétérogénéité de l'environnement et leur réponse au changement.

### Rôle prépondérant de la plasticité :

Des relevés individuels sur 47 années (1961- 2007) dans une population de mésange charbonnière (*Parus major*) étudiée à Oxford depuis 1947, ont montré que sur une du-

rée d'un demi-siècle, les mésanges ont avancé leurs dates de ponte en moyenne de 14 jours (Charmantier et al., 2008 – figure 3, C).

Les données sur l'abondance de nourriture dans la forêt ont permis de montrer par ailleurs que ces 14 jours correspondent à l'avancement de la présence des chenilles dans les bois (figure 3, B), la principale nourriture apportée aux poussins au nid. Ainsi, malgré un réchauffement important de leur environnement au cours des dernières décennies (figure 3, A) et un « avancement » du printemps, les mésanges ont su, en moyenne, avancer leurs dates de reproduction pour rester synchrones avec l'abondance

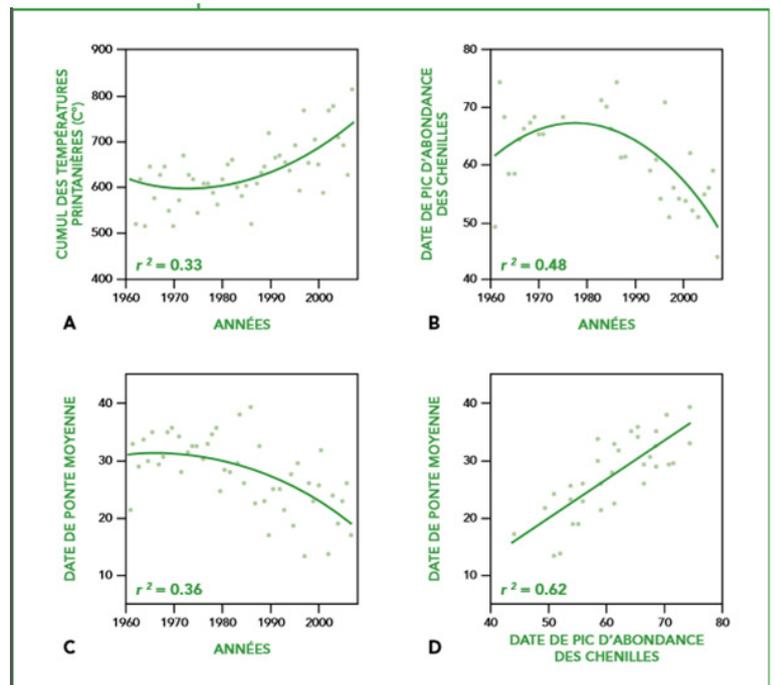


Figure 3 : Température printanière au cours du temps (mesurée par la somme des températures maximales entre le 1er mars et le 25 avril.) B : Dates annuelles de pic d'abondance des chenilles. C : Dates de ponte moyenne des mésanges charbonnières *Parus major* à Wytham, Angleterre entre 1961 et 2007. D : Relation étroite entre la date moyenne de ponte des mésanges et la date de pic d'abondance des chenilles. Les  $r^2$  indiquent la proportion de la variance expliquée par les modèles de régression et les courbes représentent les meilleurs modèles statistiques linéaires ou quadratiques 10. D'après Charmantier et al., 2008.

de nourriture et assurer la croissance de leurs oisillons (*figure 3, D*). Grâce à l'identification individuelle par baguage des mésanges charbonnières, cette étude portant sur près de 10 000 événements de reproduction a mis en évidence que cette adaptation est le fait d'ajustements individuels (*Charmantier et al., 2008*). Chaque femelle a donc la capacité de changer sa date de ponte d'une année sur l'autre, en fonction de son environnement (*température, luminosité, pluviométrie, longueur du jour, phénologie des arbres...* – *Visser, 2008 ; Bourgault et al., 2010*) anticipant ainsi la date de disponibilité de la nourriture.

#### **Variation interindividuelle et sélection de la plasticité :**

La population étudiée présente peu de variation de la plasticité dans la réponse aux changements annuels de température (*Charmantier et al., 2008*). Ces résultats contrastent avec ceux obtenus avec des femelles de la même espèce dans une population néerlandaise où la plasticité est fortement variable et sous sélection directionnelle (*Husby et al., 2010 ; Nussey et al., 2005*). Cependant, une héritabilité de la plasticité (interaction génotype x environnement) n'a pas pu être montrée dans les deux populations de mésanges (*Husby et al., 2010*), laissant supposer que le potentiel évolutif de la plasticité reste faible.

#### **Croissance et décroissance en réponse à l'ajustement des dates de reproduction :**

Cette adaptation du comportement a permis à la population de mé-

sanges un ajustement en temps réel aux augmentations importantes de température et, par là même, de conserver une très bonne croissance, les effectifs de mésanges ayant d'ailleurs doublé dans l'intervalle de cette étude (*Charmantier et al., 2008*). Ces résultats contrastent avec ceux issus d'une étude néerlandaise des mésanges charbonnières. Aux Pays Bas, la plasticité très variable entre les femelles ne permet pas un ajustement global, ce qui conduit à une décroissance de la population. L'origine de ces différences dans l'adaptabilité du comportement pourrait résider dans les indices environnementaux (tels que la température) qu'utilisent les mésanges pour synchroniser leur reproduction avec leur environnement. Ce cadre d'étude met le doigt sur la difficulté de généraliser des résultats sur le potentiel adaptatif, même au sein d'une même espèce, et la nécessité de conduire des études comparatives. » [2]



Photo 1 : Mésange charbonnière, Philippe Perret

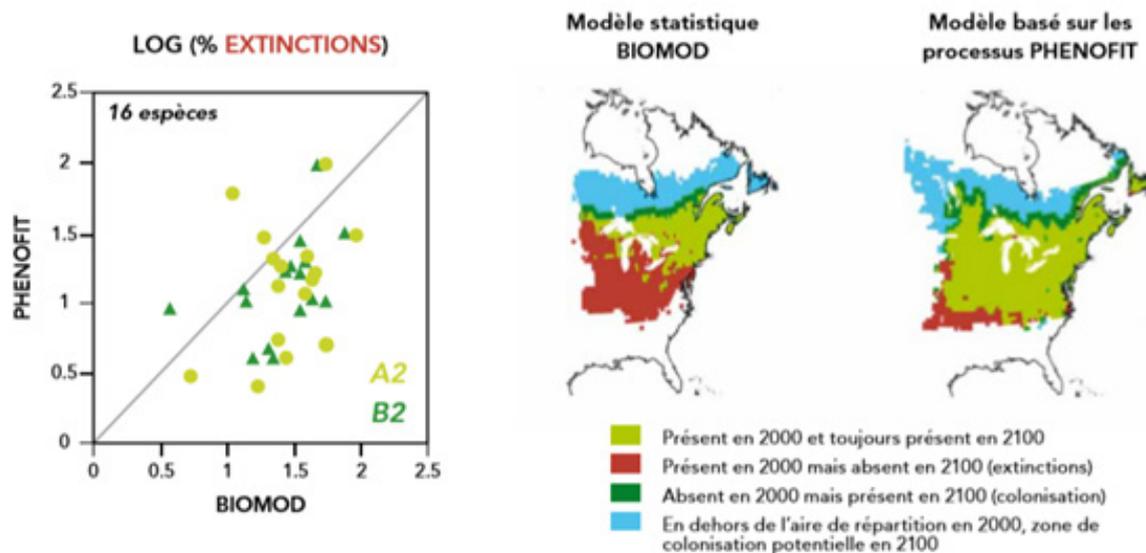
Ensuite et pour continuer à citer ce rapport qui regorge d'informations intéressantes j'aimerais vous partager deux exemples sur le peuplement des arbres et les différentes réponses de ceux-ci. « MODÉLISATION DE LA PLASTICITÉ DANS LES MODELES D'AIRE DE RÉPARTITION : L'EXEMPLE DE PHENOFIT », Par Isabelle Chuine et Xavier Morin.

### **Importance de la plasticité phénotypique dans la largeur de niche des arbres tempérés**

« Les modèles d'aire de répartition d'espèces basés sur les traits et les processus (voir pour revue *Dormann et al., 2012*) pointent du doigt l'importance de certains caractères adaptatifs dans la définition de la répartition géographique des espèces. Ces caractères sont pour la plupart des caractères plastiques avec les conditions environnementales, notamment de température, d'humidité et de photopériode. Parmi ces caractères, les événements phénologiques apparaissent comme clés dans la définition de la niche des espèces (c-à-d dates de feuillaison, floraison, fructification, sénescence foliaire chez les arbres ; dates de ponte chez les oiseaux, amphibiens et reptiles, dates d'émergence des stades adultes des insectes, etc). La date d'occurrence de ces événements varie d'une année à l'autre, d'un site à l'autre en fonction des conditions environnementales, jusqu'à plus d'un mois d'écart entre années extrêmes pour certains de ces événements. Le modèle d'aire de répartition d'espèces fondé sur les processus PHENOFIT (*Chuine & Beaubien, 2001*) explique la répartition des

espèces d'arbres tempérés essentiellement par l'adéquation du cycle annuel de développement et des niveaux de résistance aux stress hydriques et thermiques aux variations saisonnières et spatiales des conditions environnementales (figure 4).

PHENOFIT a été comparé à différents modèles corrélatifs d'aires de répartition d'espèces (*Morin & Thuiller, 2009 ; Cheaib et al., 2012 ; Gritti et al., 2013*) et ces comparaisons ont montré qu'il tendait à être plus conservateur dans l'évolution des aires de répartition selon des scénarios climatiques que les modèles corrélatifs (figure 4), c'est-à-dire qu'il prédit des taux d'extinction moindres. L'une des hypothèses avancées pour expliquer ce résultat serait la prise en compte par les modèles basés sur les processus de la plasticité phénotypique des traits impliqués dans la largeur de niche des espèces. Cependant cette hypothèse n'a pour l'instant pas été testée. Mesurer l'importance de la plasticité phénotypique dans la largeur de niche et dans la réponse à un changement environnemental a rarement été fait (*Waddington, 1960 ; Pigliucci et al., 2006 ; Aubret & Shine, 2010*). Il serait important de la déterminer dans le contexte actuel de changement climatique, notamment pour les espèces à temps de génération long telles que les arbres qui ne pourront pas évoluer génétiquement aussi rapidement que des espèces à cycle de vie plus court en réponse au changement de climat. À l'aide de PHENOFIT, l'effet de la plasticité des dates de débournement sur



la largeur de niche (et donc la ré-  
 Figure 4 : Comparaison entre le pourcentage d'extinctions locales prédites à l'horizon 2100 par un modèle de niche corrélatif (BIOMOD) et par un modèle fondé sur les processus (PHENOFIT), pour l'érable à sucre (*Acer saccharum*), selon le scénario A2 du GIECC. Carte de gauche : distribution actuelle et potentielle simulée par BIOMOD. Carte de droite : distribution actuelle et potentielle simulée par PHENOFIT (utilisant les données climatiques ATEAM). Morin & Thuiller, 2009 (cartes reproduites avec l'autorisation de la revue Ecology).

partition géographique) dans les conditions climatiques passées et futures a pu être estimé pour trois espèces d'arbres européens (Duputié *et al.*, 2015). La plasticité des dates de débourrement a un effet relativement faible sur la largeur de niche des trois espèces dans les conditions climatiques actuelles mais ralentit le processus d'extinction locale aux marges sud chez certaines espèces dans les scénarios de changement climatique futur. » Et je terminerai avec le dernier exemple sur l'épicéa, cet exemple m'a tout particulièrement intéressé car je ne m'y attendais pas, je ne pensais pas à ça en pensant au panel réponses possibles venant d'un arbre.

« ADAPTATION RAPIDE CHEZ L'ÉPICÉA : RÉPONSE EN UNE GÉNÉRATION »  
 Par François Lefèvre.

« Les arbres, avec leur long cycle de vie, sont généralement dotés d'un fort potentiel de flexibilité, tant en termes de plasticité phénotypique que de potentiel évolutif des populations. La recolonisation post-glaciaire des continents, qui a pris quelques dizaines voire centaines de générations, a conduit à l'émergence d'adaptations locales très marquées, notamment sur des gradients altitudinaux et latitudinaux, contrastant avec une différenciation génétique « neutre » particulièrement faible (Mimura & Aitken, 2007 ; Savolainen *et al.*, 2007). Dans le cadre de programmes de plantations coordonnés aux échelles nationales ou continentales, notamment depuis le XIXe siècle, les forestiers ont régulièrement transplanté des ressources génétiques vers des conditions environnementales différentes de celles de leur origine.

Ces situations, parfois bien documentées, sont un excellent matériel pour étudier la capacité d'adaptation à ces nouvelles conditions. Parmi les adaptations locales très claires, l'adaptation phénologique des arbres aux climats froids est bien documentée : de façon très générale, pour une même espèce, les populations les plus septentrionales ou de haute altitude cessent leur croissance et ferment leurs bourgeons bien plus tôt que les populations méridionales ou de basse altitude, évitant ainsi les dégâts de gel précoce en automne (*Savolainen et al., 2007*). C'est le cas en particulier chez l'épicéa commun (*Picea abies*) où le décalage phénologique de date de fermeture de bourgeons est d'environ trois semaines entre des plants issus de graines provenant de Norvège et ceux issus de graines d'Europe Centrale, élevés en jardin commun dans une même condition environnementale (*Skrøppa et al., 2010*). Au début du XXe siècle, les forestiers Norvégiens ont introduit et planté dans leurs forêts des ressources génétiques (graines) d'origines allemande et autrichienne. Du fait des dégâts de gel, ces plantations ont donné des arbres mal conformés et les forestiers se sont inquiétés de la qualité génétique des graines produites par ces arbres. Les marqueurs mitochondriaux (à hérédité maternelle chez ce Gymnosperme) permettent d'identifier sans ambiguïté l'origine géographique autochtone ou d'Europe centrale des arbres aujourd'hui reproducteurs en Norvège. *Skrøppa et al. (2010)* ont alors comparé la phéno-

logie de plants issus de divers lots de graines : (a) graines récoltées en Europe centrale sur les peuplements précisément à l'origine des introductions faites en Norvège, (b) graines récoltées sur des arbres d'origine autochtone norvégienne, (c) graines récoltées sur des arbres d'origine d'Europe centrale poussant en Norvège. Le décalage phénologique très marqué qui différencie les lots (a) et (b) disparaît entre les lots (b) et (c) : une génération après l'introduction, les graines produites se comportent comme la ressource locale (figure 5). Divers mécanismes peuvent expliquer cette évolution rapide. Une certaine sélection a pu avoir lieu sur les arbres d'origine exotique (il y a eu de la mortalité et tous ne se reproduisent pas), mais il n'en reste pas moins que les arbres-mères sur lesquels ont été récoltées les graines ne sont pas parfaitement adaptés (dégâts de gel). Des flux de gènes se sont également produits, car les graines récoltées peuvent avoir une contribution paternelle locale, mais cela ne représente au maximum que 50 % du génome de la graine récoltée, et il est de plus peu vraisemblable que les arbres d'origine autochtone (non majoritaires localement) soient les seuls pollinisateurs. L'explication principale semble donc venir de mécanismes épigénétiques connus chez cette espèce. En réalisant les mêmes croisements contrôlés sous différentes conditions climatiques, *Johnsen et al. (2005a, 2005b)* ont montré que la température durant la phase post-zygotique de développement embryonnaire in-

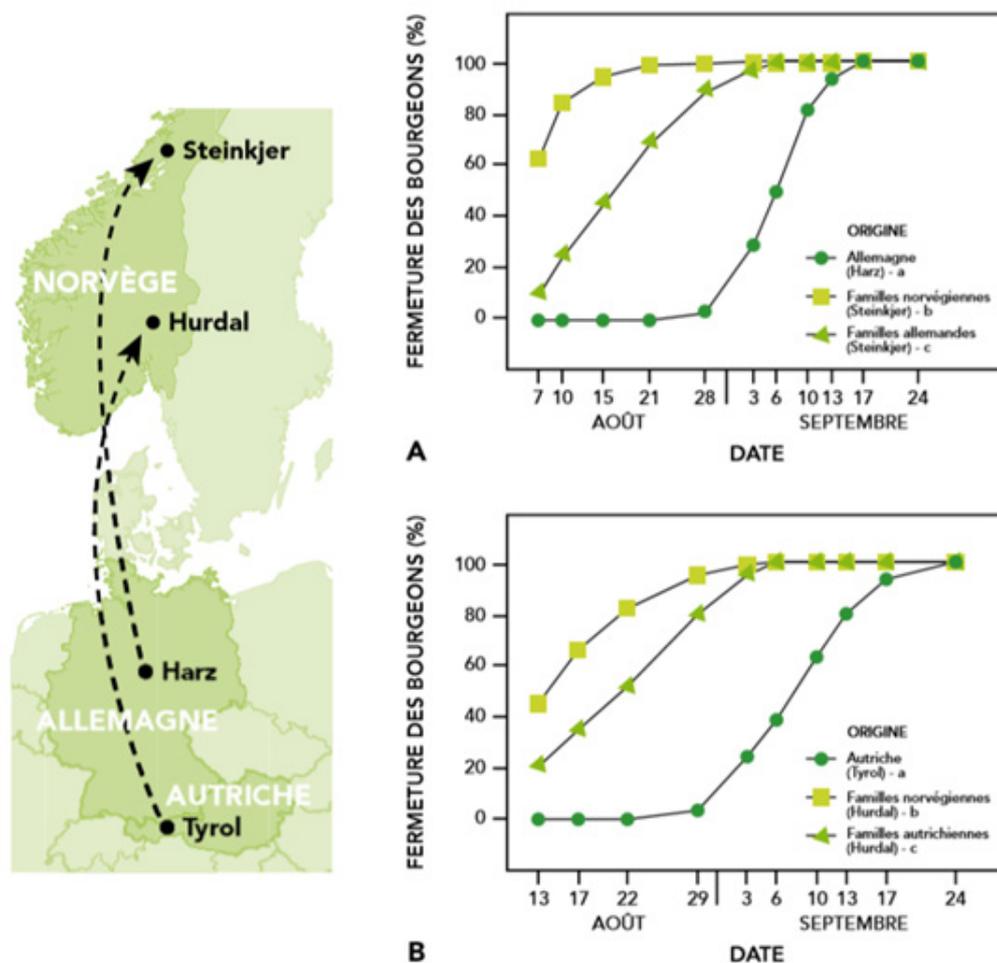


Figure 5 : Voies d'introduction d'épicéas depuis l'Allemagne et l'Autriche vers la Norvège – Comparaison de la cinétique de fermeture des bourgeons, observée en jardin commun, de plants provenant de divers lots de graines. Rond (a) : graines récoltées sur dans les peuplements à l'origine des introductions en Allemagne (ou Autriche). Carré (b) : graines récoltées en Norvège sur des arbres-mères autochtones. Triangle (c) : graines récoltées sur des arbres d'origine allemande (ou autrichienne) poussant en Norvège. D'après Skrøppa et al., 2010. »

fluence la performance en termes de phénologie et de croissance des futures plantules. Yakovlev et al. (2010, 2011) ont montré que, chez certaines familles, la température durant le développement embryonnaire modifie le niveau d'expression des gènes ainsi que la présence de certains micro-ARN chez la future plantule, tandis que d'autres familles semblent insensibles à cet effet épigénétique.

J'espère que ces différents exemples ne vous ont pas trop maltraités, je les ai trouvés particulièrement touchants et pleins de réalité, tangibles. Ils m'ont aidé à me rendre compte d'une autre réalité.

*Louis Cœugnet,  
Délégué Prométhée*

[1] traduit par Claude Lachance « The 97% consensus on global warming » [skepticalscience.com](http://skepticalscience.com), Last updated on 8 May 2016 by BaerbelW

[2] L'ensemble des références sont reprises dans le dossier publié par la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité.

# Liste du comité 2019-2020

---

## BUREAU

Président : Florian Belot  
VP I : Muller Noémie  
VPE : Omaima Adaoudi  
VPC : Nikita Buch  
Conseiller de la Maison Mauve : Sylvain Kabbadj  
Trésorier : Serhat Dogan  
Folklore : Marine Anzalone  
PDB : Nelson Poncelet

## CELLULE EXTERNE

Déléguée Balev (1) : Inès Vivier	Déléguée Jobday (1) : Julie Kerboeuf
Délégué Balev (2) : Kevin theys	Délégué Jobday (2) : Adam Bigaj
› Morgan Vincke	› Thomas Fontaine
› Mélusine Havelange	› Nell Tytgat
Délégué Sport (1) : Terence De Bujl	› Lolita Notte
Délégué Sport (2) : Thibaut Parfait	Déléguée Revue : Victoria Defraigne
› SandraBronowicka	› Nell Delvaux
› Arnaud Nicolas	› Léa Deflandre
› Linus Nyssen	› Chloé Gillard
Coordinatrice FFSB 1 : Sarah Zeglache	Déléguée 130 ans : Lucie Rohart
Coordinatrice FFSB 2 : Elise Coopmans	Cooptée 130 ans : Thibaut Kemajou
› Chassagne Léa	Déléguée Sponsors Aurélie Janssens
› Marie Noiset	
› Léa Azi	
› Philippe Parmentier	
› Ugo Soggiu	

## CELLULE COMMUNICATION

Déléguée Photo : Chloé Radresa  
› Zoé Christiaens  
› Sandra Gutowska  
› Alessia Ortega Suazo  
› Louis Desmet Vanden Stock  
› Alexia Jaubert  
› Joachim Masikila Makivova

Co-délégué.e.s Prométhée :  
Zoé Rousseau & Louis Cœugniet  
› Quentin Murati  
› Alexis Giaprakis  
› Luna Soenens  
› Lili Jaime Tornin  
› Carole Moreau

Délégué Visuel : Emeline Di Clemente  
› Alexia Jaubert  
› Léna Jenart  
› Attilio Discepoli  
› Lucas Dupuis  
› Maija Mc Glynn

Délégué de sections : Nathan Goffart  
› Lucie Platiaux  
› Janeta Perzanowska  
› Nicolas Vanbellingen  
› Sébastien Van Laethem  
› Lorenzo Carletti

Délégué Culture : Joachim Masikila Makivova  
Déléguée Social-Librex : Jéna Jenart  
Délégué Web-Info : Antoine Lemahieu  
Coopté Web-info : Pascal Tribel

## CELLULE INTERNE

Délégué Bar 1 : Max Van den Bossche  
Délégué Bar 2 : Tomde le Vingne  
Délégué Bar 3 : Emile Leruste  
Délégué BA : Hisao Horii  
Team BBar:  
› Marie Gillotay  
› Lorenzo Carletti  
› Sara Adam  
› Charlotte de Vries  
› Justine Aggujaro  
› Yaëlle Firket  
› Barbara Fernandez  
› Eléonore Paternotte  
› Raphaël Boujo  
› Virgile Cantillon  
› Angel Balbin  
› Victor Wautier

Déléguée Eco-Responsable: Samantha Rush  
Déléguée Chant: Anissa Gutierrez Acosta  
Délégué Vieilles-bêtes: Antonin Vital  
› Barth Bouteiller  
Délégué Décors : Jeremy Busschots  
› Marianne Lolivier  
› Nina André  
Déléguée Fêtes : Lucile Bazantay

