

N°2



Collège
La Salle St Michel

Ouvrir

L'ÉCOLOGIE INTEGRALE

Edito

Comme promis, voici le 2^{ème} numéro de notre revue sur l'Écologie Intégrale. Il s'agit en fait du premier numéro vraiment étoffé.

Le comité de rédaction a choisi de partir d'un texte de référence et de faire un focus sur un certain nombre de ses idées fortes.

Notre travail a porté sur une tribune publiée en 2011 dans le journal Le Monde par trois personnalités d'horizons et de générations différentes.

A partir de cette tribune, nous avons rédigé et documenté quatre "coups de projecteurs" :

- Quelques chiffres clés sur l'état de l'environnement, de la biodiversité, de la pauvreté ;
- Une chronologie des rencontres internationales sur le climat et l'état de la planète ;
- Un article sur la "complexité", dans le monde et dans la société des hommes ;
- Un espace plus ludique est également créé.
- Un article plus philosophique qui donne du recul et de la profondeur.

Enfin nous avons recensé des références dans une bibliographie pour celles et ceux qui veulent aller plus loin.

Chacun, adulte comme élève, pourra y trouver son compte. Un grand nombre d'éléments présentés peuvent même utilement être exploités pour des séances pédagogiques (math, sciences, technologie, français, anglais, arts, pastorale etc...)

La diffusion est assurée par canal numérique, quelques exemplaires papier seront imprimés.

Je remercie les rédacteurs de s'être lancés dans cette aventure passionnante.

Bonne lecture, bonne respiration, et à bientôt pour un prochain numéro.

F.P.

Tribune parue dans le journal Le Monde (avril 2011)

Cité en introduction de l'ouvrage « Comment tout peut s'effondrer », petit manuel de collapsologie de Pablo SERVIGNE et Raphaël STEVENS.

(Extraits Article complet : <http://tinyurl.com/ei-stmichel-LeMonde>)

« Les catastrophes écologiques qui se préparent à l'échelle mondiale dans un contexte de croissance démographique, les inégalités dues à la rareté locale de l'eau, la fin de l'énergie bon marché, la raréfaction de nombre de minéraux, la dégradation de la biodiversité, l'érosion et la dégradation des sols, les événements climatiques extrêmes... produiront les pires inégalités entre ceux qui auront les moyens de s'en protéger, pour un temps, et ceux qui les subiront. Elles ébranleront les équilibres géopolitiques et seront sources de conflits.

L'ampleur des catastrophes sociales qu'elles risquent d'engendrer a, par le passé, conduit à la disparition de sociétés entières (...)

Lorsque l'effondrement de l'espèce

apparaîtra comme une possibilité envisageable, l'urgence n'aura que faire de nos processus, lents et complexes, de délibération. Pris de panique, l'Occident transgressera ses valeurs de liberté et de justice. Pour s'être heurtées aux limites physiques, les sociétés seront livrées à la violence des hommes. Nul ne peut contester a priori le risque que les démocraties cèdent sous de telles menaces.

Le Monde

Les échecs répétés des conférences de l'ONU montrent bien que nous sommes loin d'unir les nations contre la menace et de dépasser les intérêts immédiats et égoïstes des Etats comme des individus. Les enjeux, tant pour la gouvernance internationale et nationale que pour l'avenir macroéconomique, sont de nous libérer du culte de la compétitivité, de la croissance qui nous ronge et de la civilisation de la pauvreté dans le gaspillage.

Le nouveau paradigme doit émerger. Les outils conceptuels sont présents, que ce soit dans les précieux travaux du Britannique Tim Jackson ou dans ceux de la Prix Nobel d'économie 2009, l'Américaine Elinor Ostrom, ainsi que dans diverses initiatives de la société civile.

Nos démocraties doivent se restructurer, démocratiser la culture scientifique et maîtriser l'immédiateté qui contredit la prise en compte du

temps long. Nous pouvons encore transformer la menace en promesse désirable et crédible.

Mais si nous n'agissons pas promptement, c'est à la barbarie que nous sommes certains de nous exposer.

Pour cette raison, répondre à la crise écologique est un devoir moral absolu. Les ennemis de la démocratie sont ceux qui remettent à plus tard les réponses aux enjeux et défis de l'écologie. »

Les auteurs :



Michel Rocard

ANCIEN PREMIER MINISTRE



Dominique Bourg

PROFESSEUR À LA FACULTÉ DES GÉOSCIENCES ET DE L'ENVIRONNEMENT DE L'UNIVERSITÉ DE LAUSANNE, MEMBRE DU COMITÉ DE

VEILLE ÉCOLOGIQUE DE LA FONDATION NICOLAS HULOT



Florian Augagneur

PHILOSOPHE, ENSEIGNE LA PHILOSOPHIE DE L'ÉCOLOGIE À L'INSTITUT D'ÉTUDES POLITIQUES DE PARIS

QUELQUES CHIFFRES

Malnutrition dans le monde

Source : rapport de l'ONU sur l'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2018.

La faim est en hausse depuis ces trois dernières années.

La variabilité climatique affecte le régime des pluies et les saisons agricoles, et les événements climatiques extrêmes tels que les sécheresses et les inondations font partie des facteurs clés expliquant la hausse de la faim, sans oublier les conflits et les crises économiques.

- Nombre de personnes souffrant de la faim dans le monde en 2017: 821 millions, soit 1 personne sur 9.
- Enfants âgés de moins de 5 ans affectés par des retards de croissance (taille insuffisante par rapport à l'âge) : 150.8 millions (22.2%).

Biodiversité dans le monde

Source : Rapport Unesco mai 2019

- On estime à 8 millions le nombre d'espèces dans le monde.

Le rapport en a évalué 100 000 :

un quart sont déjà menacées d'extinction.

Mais « **une accélération rapide imminente du taux d'extinction des espèces** » est attendue par les scientifiques, selon le projet de rap-

port. Et entre 500 000 et un million devraient devenir à leur tour menacées dans les prochaines décennies.

- En 2018, le rapport « **Planète vivante** » de **WWF** tire la sonnette d'alarme. Il fait état de la disparition

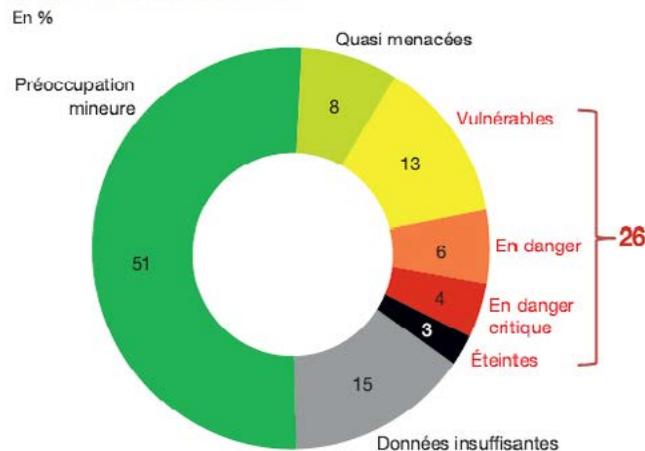
de la moitié des espèces sauvages en seulement 40 ans. La déforestation, l'usage de pesticides, la pêche et la chasse... l'activité humaine dans son ensemble est à l'origine d'une baisse de 60 % de la faune mondiale entre 1970 et 2014.

Biodiversité en France

Proportion d'espèces éteintes ou menacées dans la Liste rouge nationale

26 % des espèces évaluées sont éteintes ou menacées en France au 1^{er} avril 2018.

RÉPARTITION DES ESPÈCES SELON LEURS CATÉGORIES DANS LA LISTE ROUGE NATIONALE



Note : la Liste rouge nationale n'est pas prise en compte ici quand elle concerne des groupes évalués partiellement (flore vasculaire de métropole, Guadeloupe, Martinique et Polynésie française) ou des groupes pour lesquels une partie des espèces n'a pas pu être évaluée en raison de la taille trop restreinte des territoires vis-à-vis des seuils de superficie de la méthodologie (les oiseaux et les reptiles terrestres des îles Éparses). La liste des groupes évalués dépend des territoires.

Champ : France métropolitaine et ultramarine.

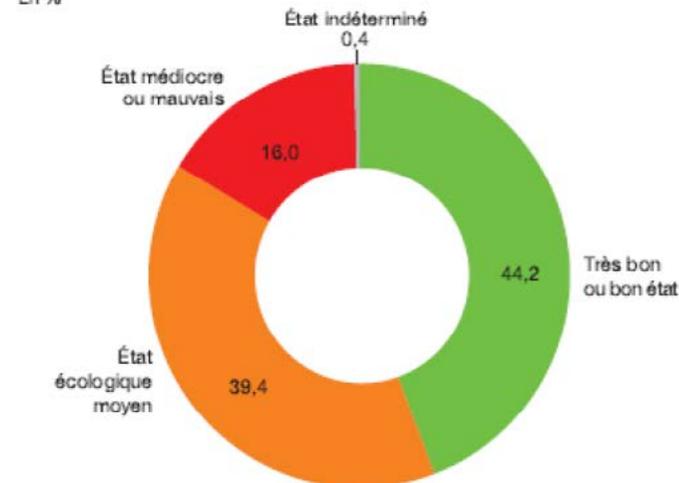
Source : Liste rouge pour la France métropolitaine et ultramarine, UMS PatriNat (AFB-CNRS-MNHN) - UICN, Comité français, novembre 2017. Traitement : SDES, avril 2018

État écologique des eaux de surface

44,2 % des eaux de surface sont considérées en 2015 comme étant en bon ou en très bon état.

RÉPARTITION DES EAUX DE SURFACE SELON LEUR ÉTAT ÉCOLOGIQUE AU REGARD DES OBJECTIFS DCE

En %



Champ : ensemble des eaux superficielles (cours d'eau, plans d'eau, lagunes, estuaires et mers côtières).

Source : rapportage DCE 2016, à partir des données de 2015 pour la France entière, agences de l'eau, offices de l'eau, Directions de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DOM), Onema. Traitements : Agence française pour la biodiversité, 2018

Chiffres de la Fondation « Goodplanet » (Yan Arthus Bertrand)

80% de l'énergie consommée dans le monde provient des énergies fossiles.

Une très large part de la production mondiale de céréales et de soja (80%) est en réalité dédiée à l'alimentation du bétail. Ces céréales utilisées dans nos élevages proviennent en grande majorité d'Amérique du Sud. Ces cultures demandent beaucoup de place : pour en trouver, l'Homme se tourne souvent vers des espaces vierges tels que les forêts.

Ce phénomène est responsable de la disparition d'environ 14% des forêts dans le monde. Cela réduit d'autant la capacité d'absorption du carbone par les forêts et détruit la biodiversité qu'elles abritent. Le transport de ces très grandes quantités de céréales jusqu'en Europe revient également à libérer des quantités additionnelles de gaz à effet de serre et renforcer l'impact carbone de l'alimentation animale sur le climat.

Chaque année, 6 millions de tonnes de produits chimiques

charriés par les fleuves sont déversés dans les océans.

(Cela représente 3000 kilomètres de camions « 38 tonnes » à la queue leu leu, soit environ la distance Paris Moscou !)

Selon l'OMS, une personne a besoin d'un minimum de 20L d'eau par jour pour vivre et assurer ses besoins sanitaires.

En France, nous en consommons en moyenne 300L, en Amérique du nord 600L. Et au Rwanda moins de 15 L en moyenne...

1 milliard de personnes dans le monde n'ont pas accès à l'eau potable.

L'eau, vecteur de pathologies



Les rives fréquentées du fleuve Sénégal à Kayes au Mali.

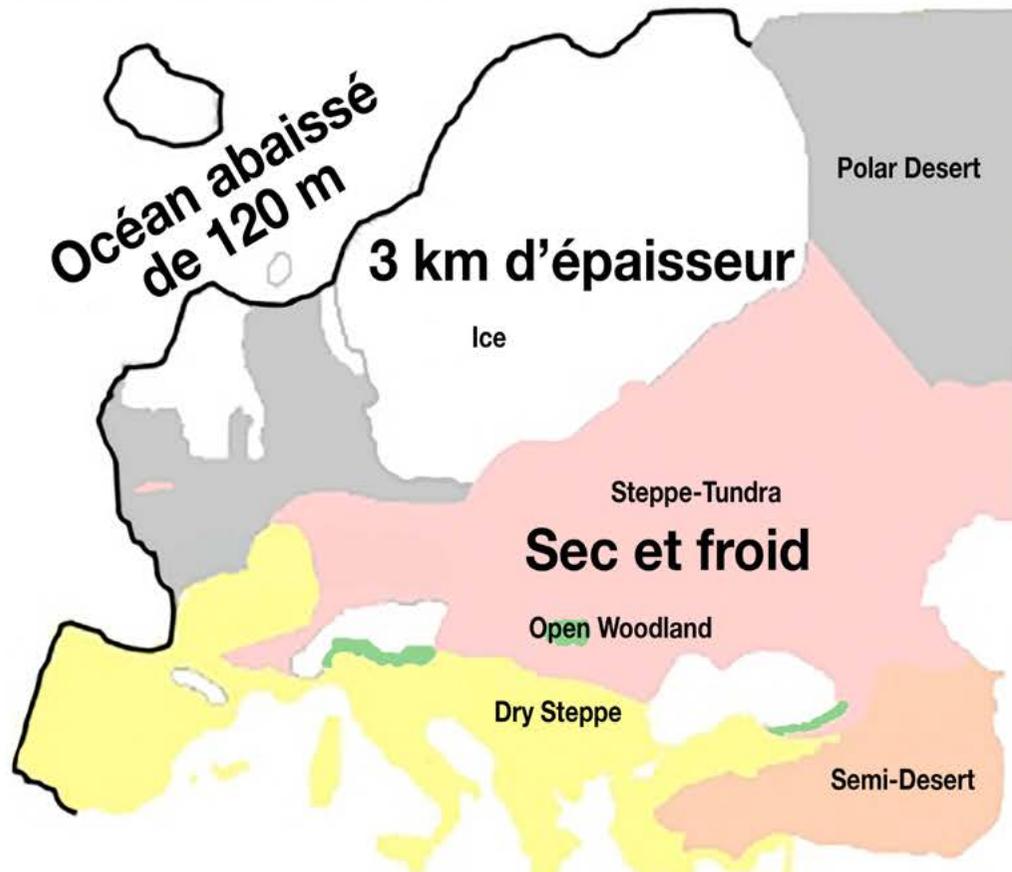
L'eau non potable est la première cause de mortalité dans le monde et tue 5 millions de personnes par an. C'est dix fois plus que les guerres actuelles.



5°C, juste un pull en moins ? (Jean-Marc JANCOVICI)

22,000 – 14,000 ¹⁴C years ago

Present Potential Vegetation



Source : Quaternary Environments Network

L'Europe il y a 20.000 ans

L'Europe actuelle

Moyenne ↗ +5°C

5°C, juste un pull en moins ? (Jean-Marc JANCOVICI)

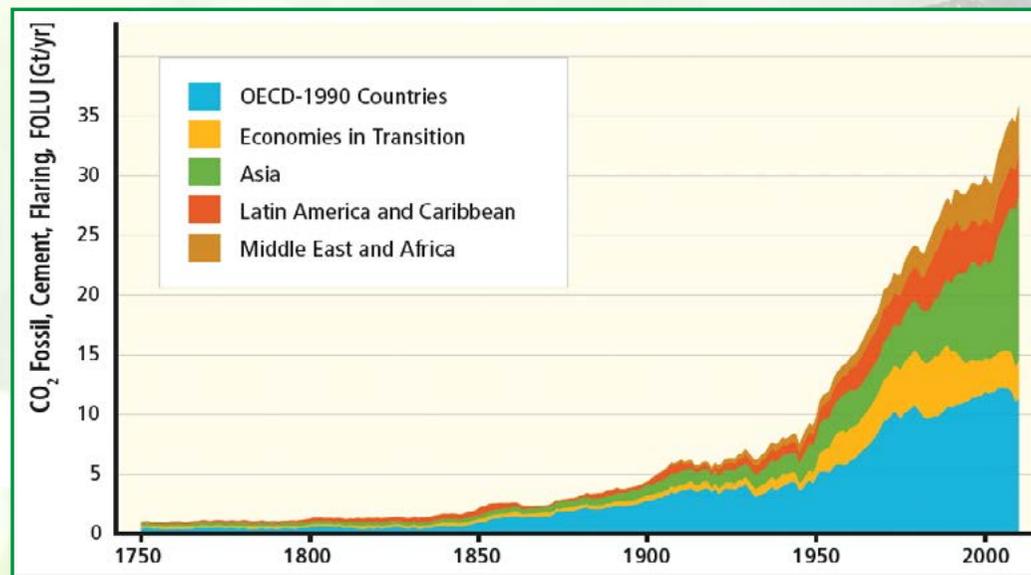
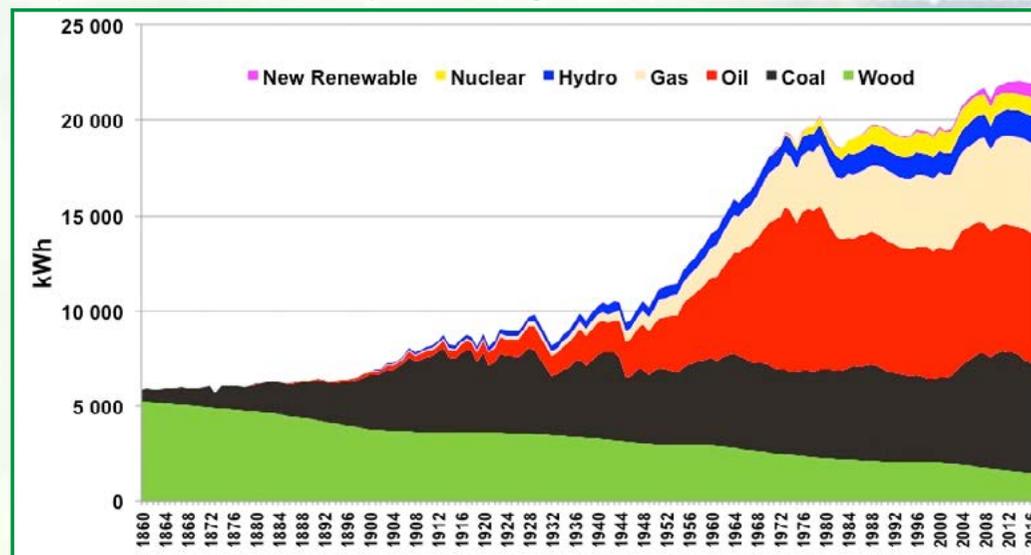
Évolution de la consommation d'énergie par personne, en moyenne mondiale, depuis 1860, bois inclus (mais ce dernier n'alimente quasiment jamais une machine industrielle ou un véhicule).

L'axe vertical est gradué en kWh ; un terrien dispose donc, en moyenne, d'un peu plus de 20.000 kWh par an (en comparaison l'énergie mécanique fournie par son propre corps est de l'ordre de 100 kWh par an).

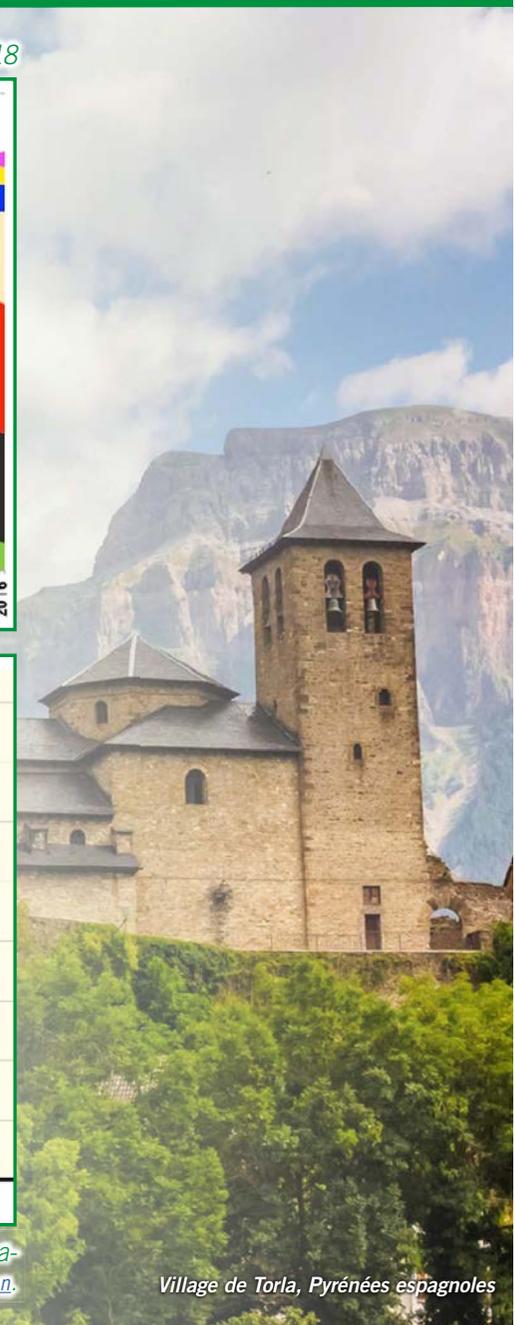
On note 3 temps dans l'évolution ci-dessus :

- Jusqu'en 1979 (2^{ème} choc pétrolier), la quantité d'énergie par personne est fortement croissante.
- Après elle est quasi constante jusqu'au début des années 2000.
- Et enfin elle « remonte » au courant des années 2000, pendant la période de très forte croissance... qui a surtout concerné les pays émergents, et s'est faite « au charbon », énergie qui dans ces pays se place globalement devant le pétrole, mais cette hausse s'arrête à nouveau au milieu des années 2000, juste avant la « crise financière ».

Compilation de l'auteur sur sources primaires Shilling et al.1977, BP Statistical Review 2018, Smil 2018



Émission de CO2 fossile depuis 1750. Les accords démarrés en 1992, ne semblent pas avoir significativement infléchi quoi que ce soit... Source du graphique : GIEC, 5^{ème} rapport d'évaluation.



CHRONOLOGIE DES RENCONTRES INTERNATIONALES SUR LE CLIMAT ET L'ENVIRONNEMENT

Saonnderi TANDRAYEN ; Clément TAILLIEZ

1968

NAISSANCE DU CLUB DE ROME

Association qui a pour but d'étudier les problèmes des conditions de vie liés au développement économique. Son 1^{er} rapport sensibilisa l'opinion mondiale sur les limites physiques du globe terrestre.

1972

1^{ÈRE} CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES SUR L'ENVIRONNEMENT HUMAIN

Création du programme des nations unies pour l'environnement (PNUE). Pour la 1^{ère} fois, les différents liens entre environnement mondial et impératifs de développement sont examinés.

1987

RAPPORT BRUNTLAND

Une commission des nations unies, réunissant des experts des quatre coins de la planète, tire la sonnette d'alarme et appelle à une mutation radicale vers un mode de développement à la fois économiquement, socialement et écologiquement défendable : *le développement durable*.

1988

CRÉATION DU GROUPE INTERNATIONAL SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE (GIEC)

Il est chargé d'évaluer de façon méthodique les informations d'ordre scientifique, technique et socio-économique qui sont nécessaires pour mieux comprendre les risques liés au réchauffement climatique.

1992

SOMMET DE LA TERRE-CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES SUR L'ENVIRONNEMENT ET LE DÉVELOPPEMENT À RIO DE JANEIRO

La déclaration de Rio présente la convention sur le climat qui indique la nécessité de réduire les émissions de gaz à effet de serre ainsi qu'un programme d'action garantissant la qualité de la vie pour le XXI^{ème} siècle.

1995

COP 2 À BERLIN

Elle fixe pour chaque pays ou région des objectifs chiffrés en matière d'émission de gaz à effet de serre.

1997

LE PROTOCOLE DE KYOTO.

Dans ce document signé par 180 pays, 36 pays industrialisés s'engagent à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre entre 2008 et 2012 à des niveaux inférieurs de 5,2% à ceux de 1990.

2009

COP 15 À COPENHAGUE

L'accord de Copenhague reconnaît l'importance de réduire de façon draconienne les émissions de gaz à effet de serre pour limiter le réchauffement climatique à 2°C. Il prévoit aussi la création d'un Fonds vert pour le climat.

2012

SOMMET DE RIO

Conférence des Nations Unies sur le développement durable. Deux thèmes abordés : l'économie verte dans le cadre du développement durable et la mise en œuvre du Protocole de Kyoto.

2015

COP 21 À PARIS

1^{er} accord universel sur le climat fixant comme objectif une limitation du réchauffement mondial entre 1,5°C et 2°C d'ici 2100.

2018

COP 24 À KATOWICE

Les progrès à faire sont encore considérables et l'efficacité de ces conférences est de plus en plus remise en question. Celle-ci est marquée par l'[intervention Greta Thunberg](#), adolescente de 15 ans, qui en un discours sobre et puissant, a interrogé la responsabilité des adultes.



LA COMPLEXITÉ

Une tentative de définitions

La tribune publiée dans le monde en 2011 évoque la “**complexité de nos processus de décision**”. Tentons d’abord de définir le concept de complexité ce qui, nous allons le voir, est plutôt... complexe !

Étymologiquement, “**complexe**” viendrait du latin *complexus*, “**tissé avec**”. En “**complexe**” résonne le mot “**plexus**”, souvent associé au

plexus solaire, zone du thorax sous le sternum considérée comme un centre émotionnel dont l’équilibre retentit sur tout notre être. Le plexus est en effet composé d’un entrelacs de nerfs qui régissent un nombre important d’organes. C’est aussi, dans la tradition yogique, le 3^{ème} des 7 “**chakras**”, qui canalise l’énergie de l’être. Nous n’avons donc pas besoin d’aller chercher bien loin la complexité, nous la portons en nous. Mais cela ne nous avance guère sur une définition possible.

Dans les années 70, le “**groupe des dix**”, composé de personnalités

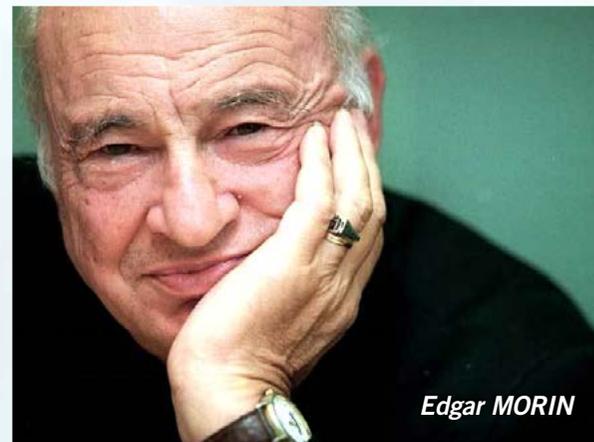
issues du monde politique, économique, philosophique, scientifique, croise le fer sur différents sujets de société. L’un des auteurs de la tribune de 2011, Michel Rocard, en fait d’ailleurs partie. Deux figures vont rapidement se détacher et devenir, en quelques sortes, les porte flamme de la complexité : les philosophes Edgar Morin et Michel Serres. La nécessité d’une approche



Michel SERRES

pluridisciplinaire pour étudier un phénomène ou un système, semble donc être un marqueur de la complexité. Est complexe ce qui ne se peut étudier sous un angle unique. Mais cette définition s’applique

à beaucoup de choses, à vrai dire même : à tout ! A moins de découper, de réduire le champ d’étude au



Edgar MORIN

maximum (par exemple au niveau de l’atome). Faisons un pas de plus.

Est complexe un système, une organisation, un organisme, dont l’évolution n’est pas prévisible avec certitude. C’est le cas de systèmes comportant un grand nombre de variables et/ou beaucoup d’interactions entre elles, par exemple le système atmosphérique : direction et vitesse du vent ; degré d’humidité ; température et pression... Les meilleurs programmes de simulation permettent de faire des prévisions fiables, mais pas d’éliminer toute incertitude. C’est aussi,

Mathias POULAIN, Frédéric PIERRE

curieusement, le cas de systèmes beaucoup plus “**simples**” en apparence : voyez ci-dessous notre encart sur le fascinant “**jeu de la vie**” ou sur la “**fourmi de Langton**”. Un système peut être décrit par des règles simples, desquelles **émerge** un comportement complexe, c’est à dire non prédictible à partir des conditions initiales.

On peut également définir un système complexe par sa sensibilité aux conditions initiales. On a tous entendu parler de “**l’effet papillon**”, popularisé par Edward Lorenz, scientifique du 20^{ème} siècle spécialiste de la théorie dite “**du chaos**”.

En quoi consiste exactement cet effet papillon ? On croit, à tort, que Lorenz a voulu signifier par cette métaphore qu’un simple battement d’aile à un bout du monde pourrait déclencher un cyclone à l’autre bout. Cette interprétation est erronée. L’effet papillon signifie que si toutes les conditions sont réunies pour qu’un cyclone prenne naissance, il suffit d’un changement infime, par exemple provoqué par

LA COMPLEXITÉ

Mathias POULAIN, Frédéric PIERRE

une aile de lépidoptère, pour que le cours des choses soit modifié (et donc par exemple pour que l'on échappe finalement au cyclone).

Pour finir ce tour d'horizon de la complexité, et finalement revenir à notre point de départ, dans l'indémaillable lacis de nos ventres, la complexité est attachée à la notion de réseau à nœuds et chemins innombrables. Quand il devient quasiment impossible d'en dessiner l'architecture ou d'en maîtriser les accidents, quand une action exercée à un nœud se répercute en cascade à tout le réseau, quand tout est lié au point de compromettre la résilience - sauf à ce que le réseau lui-même sache s'adapter, on parle volontiers de complexité.

L'homme a inventé de tels réseaux complexes qui nous relient les uns aux autres - et nous créent de nouvelles "**obligations**" (l'étymologie est commune avec "**relier**"). On pensera spontanément à Internet, on peut aussi évoquer les codes de lois, les réseaux de transport...

Paradoxalement ces réseaux, dont on pourrait croire qu'ils nous en éloignent, nous font ressembler plus que jamais à la terre, qui en est remplie. L'humanité, qui ne s'en aperçoit pas, est jumelle d'une forêt



aux invisibles, énormes et vitales ramifications souterraines. Sommes-nous devenus un collectif aussi complexe que la terre nourricière ? Cette ressemblance nous en rapproche-t-elle, nous rend-elle plus sensible à sa cause ? Nous fait-

elle prendre conscience que cette "**cause**" est aussi la nôtre, que nous faisons cause commune ?

Mais à relire ce panel de définitions, n'y a-t-il pas un autre paradoxe à qualifier de complexe un réseau dont le comportement est en définitive très prédictible ? Le fait qu'un virus informatique se répande comme une traînée de poudre n'est-il pas au contraire le signe d'une grande simplicité qui couronne, si l'on peut dire, en la ruinant, la complexité ? Et n'en sommes-nous pas venus, pour notre malheur, à rendre le comportement de la nature très prévisible à force de la violenter ?

La complexité dans notre société. Un fait scientifiquement établi.

Sur scène (ou sur le ring), face à face, nous voici donc avec, d'un côté, la société complexe des hommes, et de l'autre la complexité à l'état brut de la nature. Les deux adversaires se ressemblent tant,

ils sont à tel point liés l'un à l'autre, qu'on se prend à rêver d'une étreinte à la place d'un combat. Examinons maintenant de plus près leurs complexités respectives en acte.

Nous sommes aux États-Unis, au M.I.T. (Massachusetts Institute of Technology) au milieu des années cinquante. Le professeur Jay Wright Forrester, ingénieur aujourd'hui considéré comme l'un des pionniers des Sciences Informatiques, dirige un laboratoire au sein duquel il élabore sa théorie de la "**Dynamique des systèmes**". Cette théorie est une méthode et une technique mathématique qui vise à modéliser les interactions non-linéaires (non proportionnelles) entre différents objets constituant un environnement fermé afin d'en prédire les évolutions. En fait, Forrester apporte là une définition mathématique à la complexité en tant que **système dynamique non-linéaire** ce qui permet une application informatique et numérique qui fournit une capacité prospective.

D'abord utilisée comme outil d'organisation et de planification des chaînes de productions industrielles

LA COMPLEXITÉ

Mathias POULAIN, Frédéric PIERRE

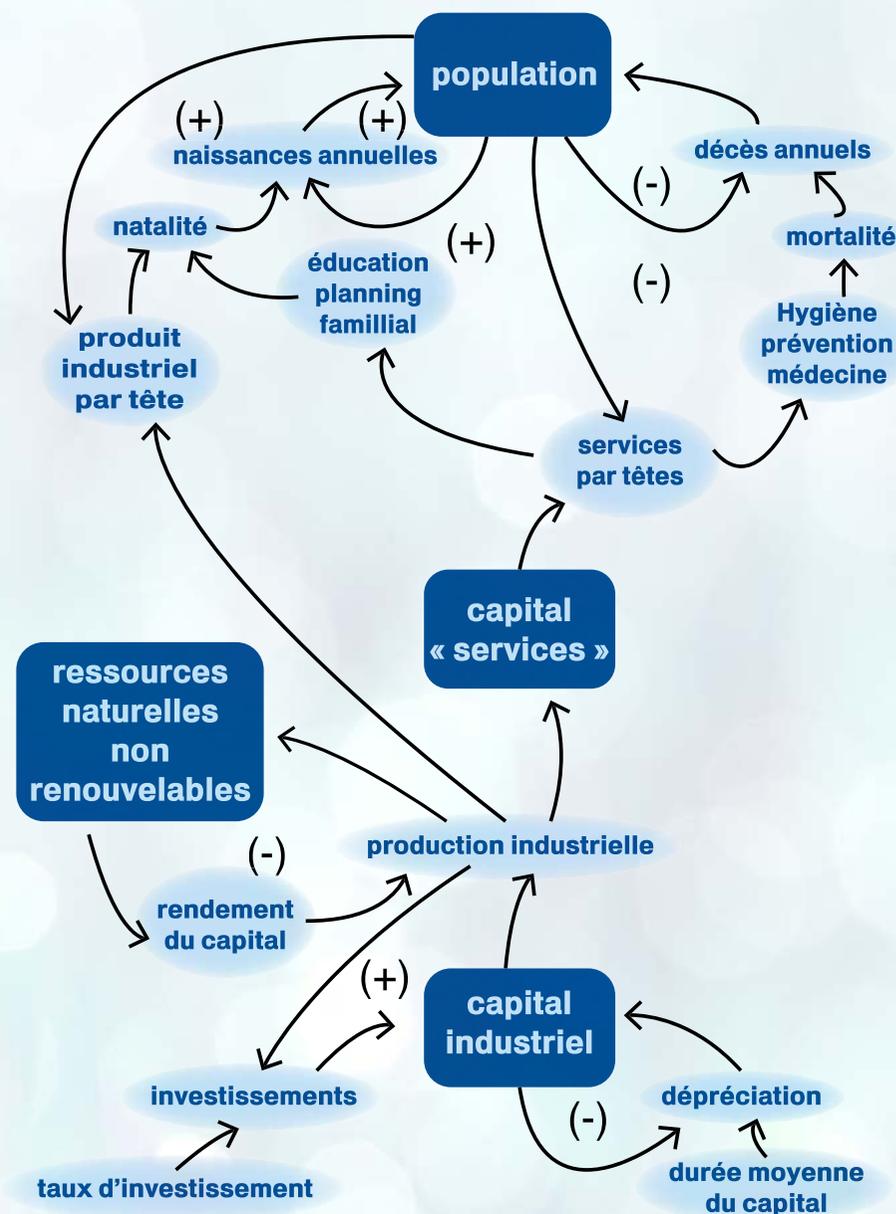
comme en témoigne la publication de Industrial Dynamics en 1961 la dynamique des systèmes de Forrester va s'appuyer sur la grande progression de la puissance de calcul des machines pour pouvoir étendre et diversifier ses champs d'application et permettre une approche de plus en plus globale. En 1970, il est invité à Bern, en Suisse, par le Club de Rome. Cette rencontre le conduit à appliquer la dynamique des systèmes à notre civilisation produisant ainsi un modèle global socio-économique du monde d'alors qu'il nomma **WORLD1**. Au fil d'améliorations successives, un modèle **WORLD2** sera publié dans le livre World Dynamics en 1971 et la troisième version, **WORLD3**, sera la base du rapport publié par le Club de Rome en 1972, le célèbre *The Limits to Growth*, traduit Halte à la croissance ? ou Les limites à la croissance (dans un monde fini), aussi connu en tant que "**Rapport Meadows**".

Sur la base des résultats de simulation de **WORLD3**, les rédacteurs de ce rapport, Donella et Dennis Meadows, Jørgen Randers et

William Behrens, détiennent pour la première fois un outil de compréhension et de prospective global de notre civilisation et, surtout, de sa possible évolution. Le fonctionnement nécessairement complexe de ce modèle, schématisé ci-après, est décrit ainsi par Jean-Marc Jancovici, ingénieur français, spécialiste reconnu du CO2 et de l'énergie et un des inventeurs du bilan carbone :

"Le système complexe qui a été modélisé par l'équipe du MIT, ici, n'est autre que l'humanité, et les variables qui le caractérisent, au nombre de quelques dizaines, s'appellent population globale, superficie cultivable par individu, ressources naturelles restantes, quota alimentaire par personne, production industrielle par tête, capital industriel global, niveau de pollution, etc.

Plusieurs dizaines de relations, ou « boucles », lient les évolutions de ces variables entre elles. Par exemple la croissance de la pollution influe de manière négative sur l'espérance de vie, et donc sur la taille de la population, ce qui en retour agit dans le sens d'une pollution moins importante ; la croissance du produit indus-



Description des interactions décrites dans le modèle entre population, capital, services et ressources.

LA COMPLEXITÉ

Mathias POULAIN, Frédéric PIERRE

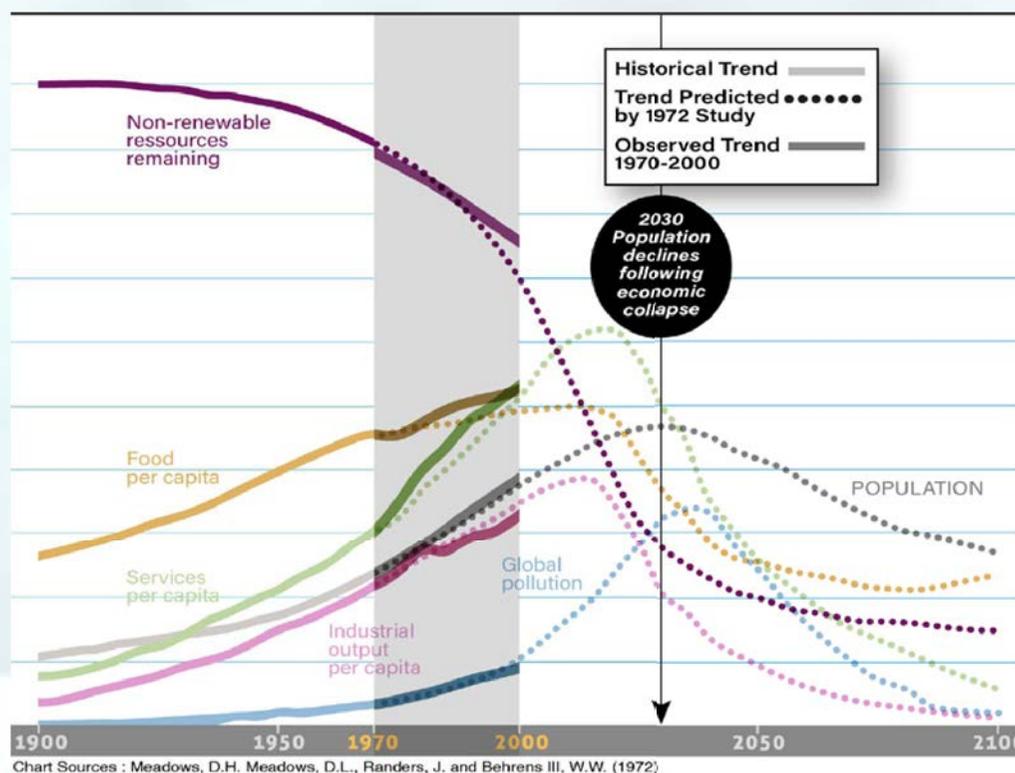
triel par tête contribue à la croissance du capital industriel, qui lui-même engendre une augmentation de la production agricole, mais aussi la croissance de la pollution, etc. (...)

Ces « boucles », qui s'appellent des « rétroactions » dans le jargon des modélisateurs, peuvent être régies par des relations linéaires (c'est-à-dire que l'effet est proportionnel à la cause) ou non linéaires, s'exercer ou non de manière différée, être sujettes ou non à des effets de seuil, etc. La liste complète des lois qui gouvernent ces boucles est fournie en annexe au rapport de synthèse, lequel précise que chacune des lois et valeurs prises a été validée par des experts du domaine concerné.

Les résultats de cette simulation sont présentés ci-après. Nous y lisons en mauve, le stock de ressource non-renouvelable disponible ; en jaune, la nourriture par habitant ; en vert, les services disponibles par habitant ; en noir, la population globale ; en rose, la production industrielle par habitant ; en bleu, la pollution globale.

Les courbes pâles, entre 1900 et

1950, sont les conditions initiales de la simulation, alimentées par des données historiques ; les courbes en pointillés représentent les prédictions issues du modèle jusqu'en 2100 ; les courbes foncées, sont les données observées entre 1970 et 2000.



On constate, sur la période 1970-2000, que les données issues de la simulation sont corrélées aux

données observées ce qui conduit la majorité de la communauté scientifique à considérer le modèle **WORLD3** comme robuste et fiable. Toutefois, il demeure important de signaler que, par principe, les dates et formes de courbes projetées jusqu'en 2100 sont déterminées

par des règles de calcul fixées en 1970. Autrement dit, le graphique présente ce qui pourrait arriver si

les règles ne changent pas. Mais les tendances des courbes décrivant un effondrement restent pertinentes, même si nous ne pouvons savoir exactement ni quand, ni comment. Le modèle ne prend donc pas en compte les prises de consciences, actions et choix des sociétés.

Quoi qu'il en soit — et à considérer que nos sociétés devront bel et bien agir pour contredire ces inquiétantes prédictions — la principale vertu du modèle **WORLD3** est de nous fournir un élément tangible de compréhension de notre société humaine complexe afin de pouvoir discerner des actions à mener en mobilisant les leviers les plus pertinents et efficaces, car le temps presse. Un problème bien posé est à moitié résolu. Si le problème est global et complexe, la solution en sera sans doute de même. Mais cela vient en contradiction avec ce qui a servi de socle à la construction de notre histoire scientifique contemporaine : le principe réductionniste. Dans son ouvrage *Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur* (Seuil, 2000), Edgar MORIN nous indique que **“jusqu'à la moi-**

LA COMPLEXITÉ

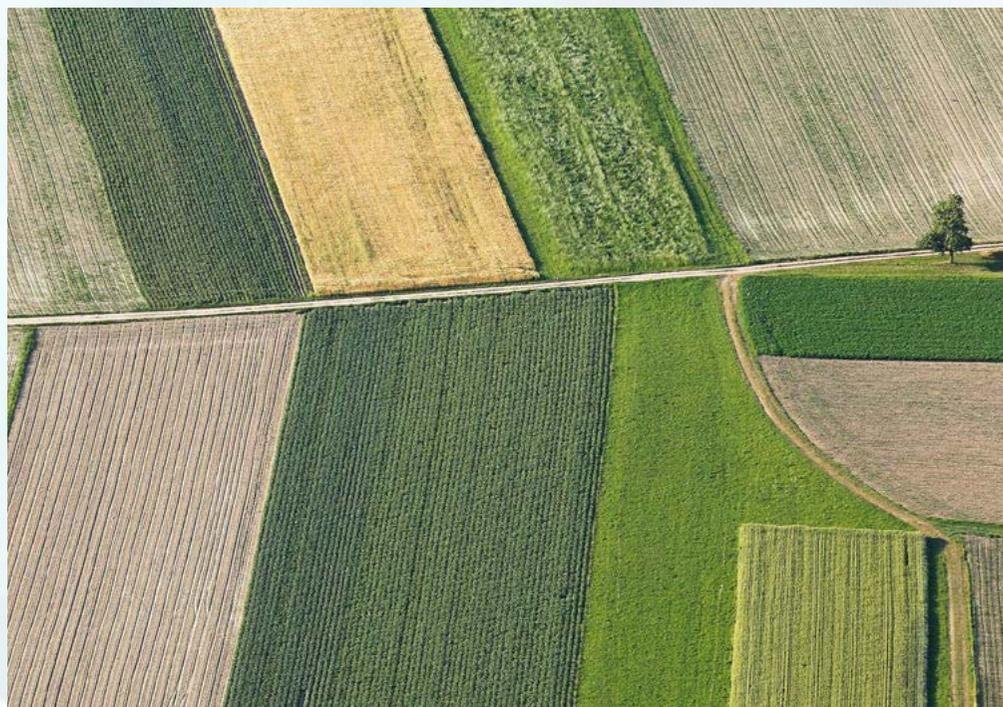
Mathias POULAIN, Frédéric PIERRE

tié du XX^{ème} siècle, la plupart des sciences obéissaient au principe de réduction qui ramène la connaissance d'un tout à la connaissance de ses parties, comme si l'organisation d'un tout ne produisait pas des qualités ou propriétés nouvelles par rapport au parties considérés isolément". En effet, il apparaît qu'au sein d'un système complexe, la compréhension d'une seule des variables — c'est-à-dire la connaissance du fonctionnement isolé de celle-ci — se révèle faiblement pertinente dans un processus global de prise de décision. Il semble effectivement délicat, voire intellectuellement fautif, de vouloir définir des actions à mener sur des éléments qui sont eux-mêmes mus par des forces que nous décidons sciemment d'ignorer.

Le mythe du réductionnisme : l'exemple de la nature

L'Académie Française définit le réductionnisme comme un mode d'explication d'une réalité complexe qui tend à présenter celle-ci comme réductible à certains de ses éléments, considérés comme essentiels ou

fondamentaux. Mais lorsqu'il faut agir globalement sur un système, réduire les prises de décisions à une succession d'actions portant sur des éléments isolés peut conduire à des réactions inattendues, voire désagréables, du système.



Pour illustrer notre propos, nous prenons l'exemple de l'agriculture en tant qu'exercice du maintien et de la croissance saine de la vie (fruits, légumes...) dans un but productif (pour se nourrir) au sein

du système dynamique non-linéaire qu'est la nature.

Pour résoudre le problème de l'accroissement de la productivité, depuis les années cinquante, c'est le principe de rendement pertinent et logique dans le contexte de

blème les uns après les autres pour y apporter une solution, la démarche, considérée comme réductionniste, peut rapidement se présenter ainsi :

- Faciliter le travail aux champs et permettre l'usage des machines : agrandissement des parcelles en supprimant les haies et recours à la monoculture.
- Accélérer et augmenter la croissance des plantes : usage de l'azote et forte irrigation

Si, sur le papier, ces changements pouvaient sembler pertinents et logiques, le système nature, dans sa globalité, ne va pas réagir comme on le pensait. L'ajout d'azote a certes considérablement intensifié la croissance des plantes cultivées, mais celle des "mauvaises herbes" aussi. Les agriculteurs se sont alors vu proposer l'usage d'herbicide.

Mais cette "mauvaise herbe", auparavant beaucoup moins invasive, et les haies que nous avons coupées, servaient d'habitat à nombre d'araignées et oiseaux qui se nourrissent d'insectes. Maintenant débarrassés de leurs principaux prédateurs, ces insectes, et notamment ceux qui se nourrissent des plantes que l'on veut faire pousser, ont

LA COMPLEXITÉ

pu proliférer en dégradant les récoltes. Les agriculteurs ont alors été incités à acheter des insecticides à épandre sur leurs terres.

La mise en œuvre de la monoculture, sur des sols maintenus humides et quasi-stériles, a alors fourni les conditions idéales au développement et la propagation de divers champignons ou autres maladies sur les plantes, à l'image du tristement célèbre mildiou. En plus des herbicides et insecticides, les agriculteurs pouvaient compter sur l'arrivée des pesticides et fongicides.

On voit là s'enclencher, à partir des changements initiaux impliqués par une augmentation du rendement, une succession de problèmes/solutions caractéristique de la méthode réductionniste. Le modèle agricole ainsi construit se trouve aujourd'hui critiqué et remis en cause en raison des impacts qu'il fait subir à son environnement. Dès le début des années soixante-dix, portés par une prise de conscience écologique, des modèles alternatifs, à l'image de la permaculture, s'efforcent de respecter les interactions complexes qui sont à l'œuvre dans la nature, et de faire de l'homme, non pas le parasite du monde, mais son symbiote, comme le formule

Michel Serres dans Le Contrat Naturel : **“Le symbiote admet le droit de l'hôte, alors que le parasite - notre statut actuel - condamne à mort celui qu'il pille et qu'il habite sans**



[La permaculture \(potager « mandala », ferme du bec Hellouin\), contre-exemple à l'agriculture intensive.2018](#)

prendre conscience qu'à terme il se condamne lui-même à disparaître”.

Si l'agriculture intensive était la réponse réductionniste au problème de la productivité, la permaculture s'y oppose en apportant une réponse complexe

qui prend globalement en compte les fonctionnements subtils et complexes du système Nature. Nous développerons la question de la permaculture dans un prochain numéro.

Pour conclure...

Pour en revenir à la tribune publiée par le journal Le Monde en 2011, les processus de décision sont en fait moins « complexes » que « compliqués » : assez prédictibles mais lents.

Mathias POULAIN, Frédéric PIERRE

C'est davantage l'uniformisation idéologique et culturelle (raison humaine toute puissante ; croissance et mondialisation érigées en modèle de développement ; passage du sacré de la sphère transcendante à la sphère quotidienne du monde...), l'effacement du politique devant l'économique et la techno-science, les difficultés inhérentes aux démocraties de masse, et le pouvoir des médias, qui semblent freiner toute émergence de modèle alternatif.

Et cependant de multiples initiatives, des pensées moins académiques, fleurissent depuis deux décennies. Sont-elles trop isolées ? Ou au contraire leur diffusion par le tissu complexe des réseaux sociaux contribue-t-elle lentement mais sûrement à une prise de conscience ?

S'il est vrai qu'un système complexe est sensible à d'infimes variations, alors pourquoi ne pas croire aussi que de petites actions menées aujourd'hui (comportements individuels, éducation, engagement...), comme autant de battements d'ailes de papillons, pourront avoir un jour de grandes répercussions ?

ESPACE LUDIQUE

Simple ou complexe ?

Jouez avec les “automates cellulaires”...

<https://www.dcode.fr/jeu-de-la-vie>

Le jeu de la vie, inventé en 1970 par un mathématicien anglais, John Conway, consiste à faire évoluer une population de “cellules”, représentées par des cases colorées sur un damier, à partir de règles très simples :

- Une cellule vivante (case colorée) reste en vie si et seulement si elle est entourée de 2 ou 3 voisines vivantes (parmi les 8 qui l'entourent). Sinon elle meurt.

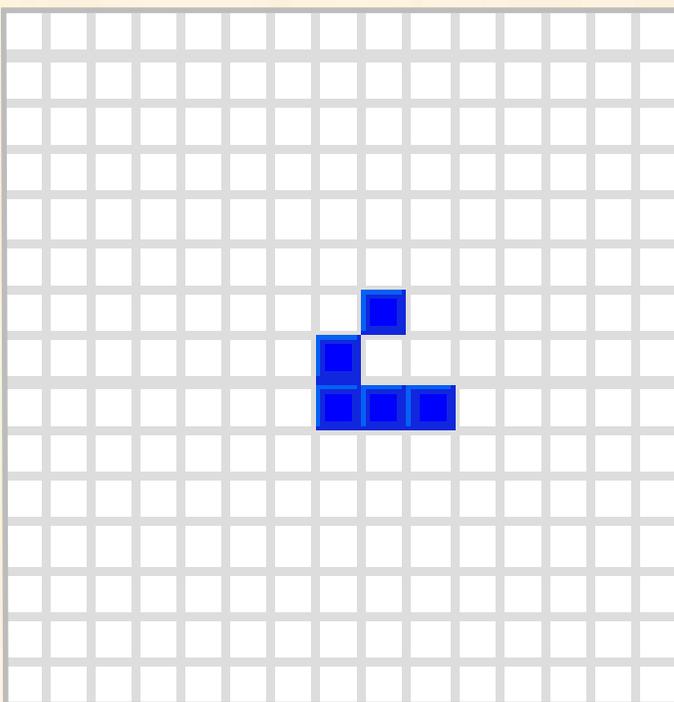
- Une cellule morte (case blanche) devient vivante si elle est entourée exactement de 3 cellules vivantes (parmi ses 8 voisines). Sinon elle reste morte.

A partir de ces 2 règles très simples, l'évolution de la popu-

lation est pourtant impossible à prévoir, sauf pour quelques configurations de départ très simples.

Autrement dit, pour savoir ce qui se passe au bout de 1000 étapes, il faut en passer par les 999 étapes précédentes.

A vous de jouer : appliquez les règles à cette configuration



et voyez, au bout de quelques “générations”, pourquoi on la qualifie de “planeur”.

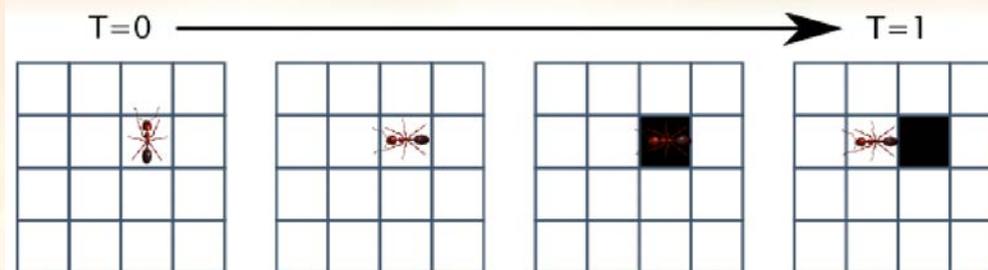
La fourmi de Langton

Encore plus simple, encore plus complexe...

Une fourmi sur un damier blanc. Si elle est sur une case blanche, elle tourne de 90° sur sa gauche, change la couleur de case en noir puis avance d'une case (c'est le cas dans l'exemple ci-dessous).

Si elle est sur une case noire, elle tourne de 90° sur sa droite, change la couleur en blanc et avance d'une case.

Exemple de mouvement à partir d'une case blanche :



Que se passe-t-il au bout d'un certain nombre de déplacements de la fourmi ?

En dépit de son apparente simplicité, le “comportement” de la fourmi est assez fascinant, vous trouverez une simula-

tion en suivant ce lien (il faut aller au bout de la vidéo) :

<https://youtu.be/i8N2xnMm6qE>

Le motif dessiné par la fourmi commence par être relativement symétrique ; puis devient chaotique... jusqu'aux alentours du 10 000^{ème} mouvement. Et là, un comportement totalement imprévisible émerge. Voyez la vidéo.

Ce genre de comportement s'appelle un “attracteur” en théorie du chaos. Il est imprédictible mathématiquement.

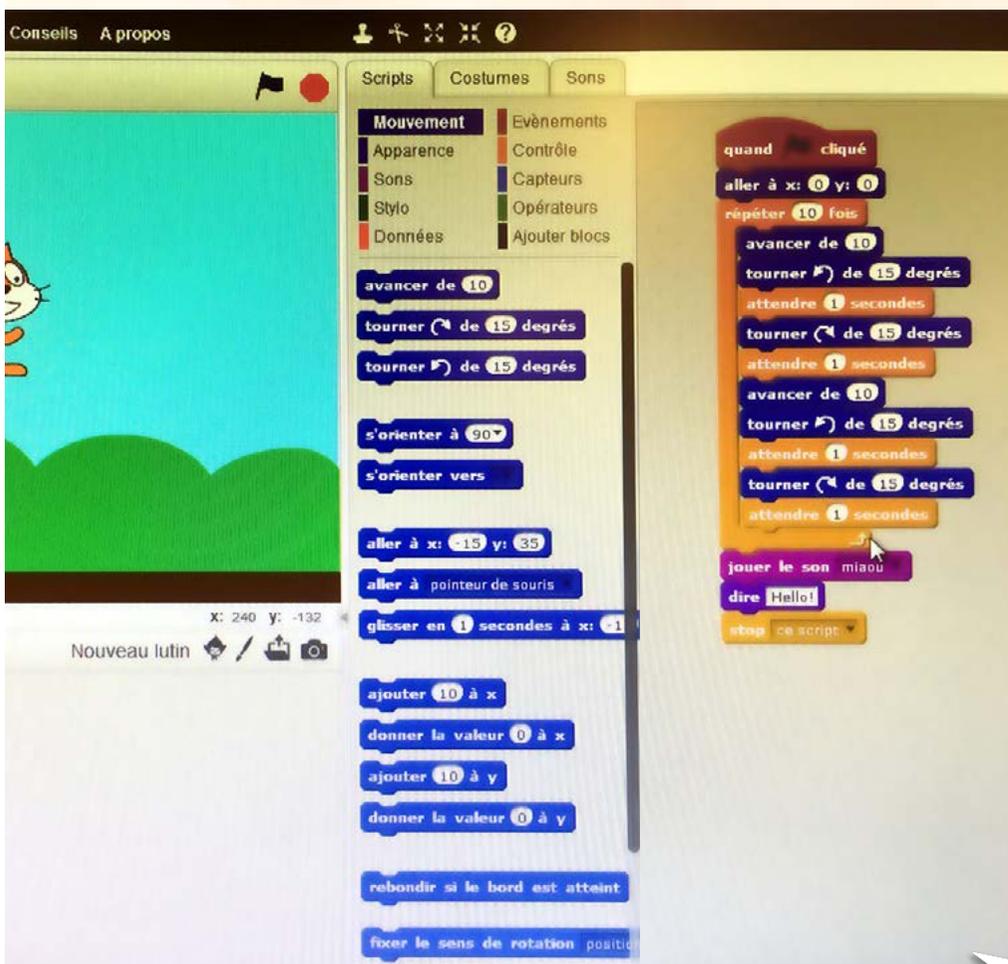
Morale de l'histoire : une situa-

tion originelle simple peut donner lieu à l'émergence d'une évolution complexe, laquelle peut à son tour devenir tout à coup régulière sans qu'on ait pu le voir venir...

<https://scienctonnante.wordpress.com/2011/03/21/la-fourmi-de-langton/>

Défi scratch :

Pour nos élèves aguerris à la programmation sur scratch, qui parviendra à programmer les mouvements de la fourmi jusqu'à la 1000^{ème} étape et ainsi voir apparaître l'autoroute ?



Le blob :

Un champignon-champion de l'optimisation des réseaux complexes ?

"**Blob**" est le petit nom de *Physarum Polycephalum*, un champignon aux propriétés surprenantes.

Une équipe de chercheurs japonais et hongrois considère que "**Blob**" est capable de se développer dans un labyrinthe en identifiant le plus court chemin possible quand deux morceaux de nourriture sont placés à chaque entrée. En fait le champignon teste tous les chemins possibles et ne persiste que sur le plus court.

P. polycephalum pourrait donc résoudre des problèmes complexes mettant en

jeu plus de sources de nourriture. Pour ce faire, les chercheurs ont déposé l'organisme sur une surface où étaient dispersés des points de nourriture représentant les différentes villes de la région de Tokyo. "**Blob**" a ainsi créé un réseau optimisé entre les sources de nourriture, en reliant de la manière la plus efficace les différentes stations. Le réseau obtenu s'est avéré similaire, voire plus performant, que le réseau ferroviaire de Tokyo !

L'art en questions

Voici la reproduction d'un tableau de Maître. Qui en est l'auteur ? Quel en est le titre ? Et pourquoi, à votre avis, illustre-t-il notre revue (regardez bien le tableau...) ? Un indice : Michel Serres y fait référence en introduction de son ouvrage : "*Le contrat naturel*".

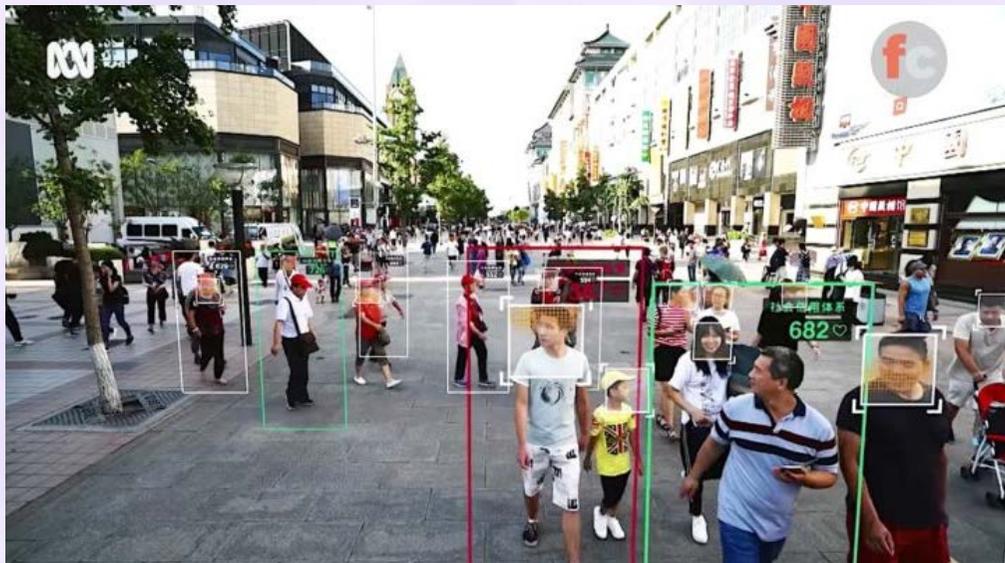


RESPIRATION

Que ta volonté soit faite...

Il y a peu, un journal télévisé annonçait que Nice veut « réguler » la population de goélands grâce à un drone qui stérilise les œufs. Dans ce reportage, après avoir dressé le portrait sombre du grand méchant goéland, la conseillère municipale interrogée se voulait rassurante en affirmant que le but n'est pas d'éradiquer l'espèce mais de contrôler les naissances. Une nouvelle apparemment sans importance pour tous ceux qui ne se sentiraient pas l'âme d'une Brigitte Bardot.

Quelque jours plus tard, nouvelle choquante pour l'occidentale si attachée à sa liberté que je suis : France 24 présente dans un court reportage¹ le système de « crédit social » que le gouvernement chinois souhaite mettre en œuvre dans tout le pays dès l'année prochaine. Testé actuellement dans la ville de Nankin, le système national de réputation du citoyen va vérifier et évaluer la capacité à gérer ses finances, le métier, les achats, le respect du code de la route et les commentaires en ligne. Ainsi sur-



veillé et noté en temps réel, le citoyen se voit octroyé un crédit social à points : les bons scores donnent des accès avantageux aux services publics alors que les mauvais scores sont sanctionnés. Une fois entré dans la liste noire du gouvernement, le mauvais citoyen voit son nom et son adresse affichés en place publique, par ailleurs il n'a plus droit à des prêts bancaires, ne peut acheter d'appartement, ne peut créer une entreprise et ne peut envoyer ses enfants dans certaines écoles. « Big brother is watching you » a-t-on envie de s'exclamer... mais non, nous ne sommes pas

dans un roman de George Orwell.

Je me suis alors demandée ce qui fait croire à l'être humain qu'il est aux commandes du navire et qu'il peut s'arroger les droits de contrôle et de maîtrise sur les lois naturelles.

Si les deux événements cités en exemple paraissent éloignés l'un de l'autre, ils procèdent pour moi du même phénomène. Après avoir bouté la religion hors des sphères du pouvoir, le XIX^{ème} siècle tua Dieu. Ce qui se disait



Emilie GROSLIER

dans des cercles érudits fut immortalisé dans la lapidaire formule de Nietzsche « Dieu est mort ». L'heure était venue de l'avènement de l'homme nietzschéen, un surhomme « monstre de volonté et de domination, être qui sait rire, être méchant [qui] fait face à la populace pour s'affirmer comme un être supérieur qui n'hésite pas à lutter pour sa domination ». Seul et sans repère, l'homme libre n'a pour limite que son désir... mais ce dernier a-t-il une limite ?

Très vite alors, l'homme se pose comme maître de son destin, mais cette idée même peut paraître antinomique lorsque l'on sait tout ce qu'implique le mot destin. La Grèce antique fait du Destin une divinité aveugle, implacable et inexorable, enfant de la Nuit et du Chaos, une force si puissante que le roi des dieux lui-même s'y soumet. Chargées d'exécuter ses ordres, les trois Moires repré-

RESPIRATION

Emilie GROSLIER

sentent le destin grec, autrement dit la « part », le « lot » échu à chacun en fonction de sa nature et de sa fonction. Dans la mythologie romaine, héritière de la grecque, ces trois vieilles fileuses sont appelées les Parques ou Tria Fata, pluriel de fatum, que l'on peut traduire par la « parole immuable » ou le « destin irrévocable ». Comment alors se rendre maître d'un destin immuable et irrévocable ? La maîtrise induit un rapport de force et de domination, l'exercice d'un pouvoir ou d'une autorité... Or dans la mythologie, tous ceux qui se sont lancés dans un bras de fer avec le Destin en sont sortis perdants.

Lorsque je veux expliquer à mes élèves la peur tragique induite par une fatalité implacable, je leur raconte le mythe d'Œdipe dont le destin est de tuer son père et d'épouser sa mère quelles que fussent les précautions prises par Laïos. L'homme moderne semble s'être affranchi de cette peur aveugle, ce qui est certainement pour le mieux. Néanmoins, il prétend être maître de sa destinée et de la destinée du Monde... Or cette vision égocentrée ne nous

ramène-t-elle pas au fin fond de la caverne où, bercé d'illusions, l'homme est maintenu à distance de la réalité et de la vérité ?

Quel rapport avec l'écologie ? Connaissez-vous le parc de Yellow Stone² aux États-Unis ? Quand en 1872, le président américain Ulysse Grant décrète Yellow Stone parc national « exempt d'exploitation mercantile, voué à la satisfaction du peuple », les hommes ont jugé bon de chasser et tuer les loups pour faire du parc un « paradis pour les familles américaines »... sans envisager, bien sûr, les conséquences sur l'écosystème. Très vite, les populations de gros mammifères herbivores se sont dramatiquement multipliées, dévastant la flore. En conséquence, les petits mammifères disparurent, la géographie du parc fut modifiée par des glissements de terrains trop fréquents, même la qualité de l'eau en pâtit impactant les espèces aquatiques. En 1995, les loups furent réintroduits dans le parc. Très vite l'équilibre a été restauré : le loup est nécessaire au maintien de la richesse de l'écosystème du parc Yellow

Stone. Obnubilé par son plaisir immédiat, l'homme a voulu contrôler la Nature et a failli la détruire. Peut-être Nice devrait-elle davantage réfléchir à ses goélands...

cher sa prise, abandonner ce que l'on tient, desserrer son étau, ouvrir la main pour donner bien-sûr mais pour accueillir aussi. L'idée est belle, inquiétante certes, mais



Illustration du « mythe de la caverne » du philosophe grec Platon (4^{ème} siècle av JC) : les hommes assis dans la caverne contre le mur ne voient que des ombres, mais ils l'ignorent et les prennent pour la réalité.

Que reste-t-il alors ?

À l'opposé du contrôle, les penseurs nous proposent le lâcher-prise. Loin des clichés paresseux proposés par les gourous 2.0 d'un développement personnel, d'un bien-être et d'un bien-penser au rabais, le lâcher-prise est une vertu valorisée par bien des philosophies. Lâ-

si pleine de possibilité que l'on a bien envie de se lancer. Là arrive la première question : quelle prise sommes-nous censés lâcher ? Et si cette prise était l'illusion ? L'illusion que mon ego me sépare de l'Autre. Cette douloureuse illusion établit entre les hommes un rapport de force car l'ego n'accepte pas tout

RESPIRATION

Emilie GROSLIER

ce qui n'est pas « moi » et qui, étant « autre » n'obéit pas à ma loi. L'ego provoque à la fois la peur de l'Autre et l'illusion de maîtrise toute puissante qui nous tient à distance les uns des autres. Ainsi, lâcher-prise c'est abandonner l'illusion de séparation pour accepter de l'autre, de tout autre, qu'il soit autre. Sans nier son individualité, la partie se reconnaît comme l'expression du Tout : le lâcher-prise est donc une synecdoque.

Ainsi, en épousant le mouvement de ce Tout plus grand que lui, l'homme peut survivre. Dans son livre *La Puissance de la joie*, Frédéric Lenoir³ choisit l'exemple d'un courant marin réputé pour sa dangerosité : pris dans son flux le nageur imprudent aura tendance à lutter contre le courant pour s'en sortir, c'est alors la mort assurée. Le seul moyen de survivre est de se laisser porter par le courant qui le ramènera près de la côte. C'est cela aussi le lâcher-prise, s'abandonner au mouvement de la vie. Mais cette attitude est-elle compatible avec un positionnement responsable ?

Un début de réponse peut se trouver, je crois, dans le Notre-Père des chrétiens : « Que ta volonté soit faite... » Bien que rattachée particulièrement à une religion, cette prière résonne chez tout être qui est en quête de spiritualité,

quelle que soit sa foi, sa religion, sa nationalité ou son ethnie, et qui se sait mû par une force supérieure à laquelle il peut choisir, ou non, de s'abandonner. Acte de confiance, et non de résignation, cette prière est un véritable engagement dans l'existence puisqu'elle implique d'agir librement et volontairement pour accomplir sa mission de vie. Il s'agirait donc d'observer l'ordre naturel des choses et de travailler avec lui plutôt que contre lui. Lâcher-prise, c'est donc accepter ses limites pour laisser la place à l'autre et au plus grand que soi ; ce n'est pas baisser les bras et glisser dans l'inaction, c'est s'ouvrir à la vie et aux autres pour trouver sa juste place dans le Tout.

Lâcher-prise, c'est s'épargner les pensées parasites et les attermoissements de l'ego pour agir plus vite dans la mesure exacte de mes possibilités, tout en sachant comme l'annonce Lao-Tseu qu'ici et maintenant, il m'appartient de poser un acte dont la vie disposera :

*C'est pourquoi le saint adopte
la tactique du non-agir,
et pratique l'enseignement sans parole.*

*Toutes choses du monde surgissent
sans qu'il en soit l'auteur.*

*Il produit sans s'approprier,
il agit sans rien attendre,*

*son œuvre accomplie, il ne s'y attache pas,
et puisqu'il ne s'y attache pas,
son œuvre restera.*



Lao-Tseu⁶, Tao-tö king

Par exemple, le métier d'enseignant est un acte quotidien de lâcher-prise : nous plantons des graines qui

pousseront de manière anarchique, chacune en son temps et que nous ne verrons peut-être jamais fleurir. Pourtant, avec Foi, nous retournons chaque jour planter ces graines que nous jetons avec confiance dans le grand cercle de la vie.

En somme, « L'attitude d'ouverture inconditionnelle à l'instant ne conduit nullement à baisser les bras, à tolérer l'intolérable ». explique Gilles FARCET⁴ « Le lâcher-prise, dans l'immédiateté est totalement compatible avec l'action dans la durée ». Ainsi, peut-être pouvons-nous imaginer lâcher-prise sur le monde pour aider à le guérir. C'est, je crois, le problème soulevé par Michel Rocard dans l'article du Monde quand il annonce : « Les échecs répétés des conférences de l'ONU montrent bien que nous sommes loin d'unir les nations contre la menace et de dépasser les intérêts immédiats et égoïstes des États comme des individus » Tant que les débats seront en vérité des affrontements d'ego incapable de se départir de l'illusion du contrôle et du complexe du surhomme nietzschéen, l'homme pourra-t-il sortir de sa caverne, regarder l'éblouissante vérité et réfléchir aux vraies solutions pour pallier l'urgence ultime de la « crise écologique » ?

Toutefois, le surhomme nietzschéen ne semble entendre l'écho que d'une seule voix égotique et être sourd à la mélodie des autres. Le modèle du « dégageant joyeux », une forme de lâcher-prise, proposé par les Religieuses de l'Assomption serait pourtant à méditer « Le dégageant joyeux implique ainsi une prise de distance à l'égard de l'enfermement dans une seule dimension de l'existence. Il se caractérise par une ouverture à la polyphonie de la vie, à l'altérité et à la pluralité ». Ainsi, en entendant la voix des autres, le surhomme se rappellera peut-être qu'il n'est qu'un homme, rouage d'un Tout plus grand que lui avec lequel il doit travailler s'il ne veut pas enrayer la machine. Il devrait observer et questionner l'expérience du parc Yellowstone : à vouloir contrôler l'écosystème naturel pour son confort, l'homme a bien failli le détruire.

« Notre seul pouvoir, notre seule responsabilité réelle, s'exerce dans l'instant présent, lequel bien sûr, prépare les instants futurs sans que nous puissions obtenir de garanties quant à l'avenir ». ⁵ Tout ne repose pas sur ton épaule, affranchis-toi du complexe d'Atlas, le poids sera plus supportable s'il est réparti entre nous tous. ■

¹ <https://www.france24.com/fr/20190501-focus-chine-credit-social-surveillance-masse-notation-citoyens-libertes>

² **À lire :** https://www.maxisciences.com/loup/la-reintroduction-du-loup-dans-le-parc-de-yellowstone-a-provoque-des-effets-inattendus_art41908.html

À visionner : le document ARTE [Les Loups, Sauveurs de Yellowstone](#) de Jurgen HANSEN et Simone STRIPP

³ Frédéric LENOIR est philosophe, sociologue et historien des religions, docteur et chercheur associé de l'Ecole des Hautes Etudes des Sciences Sociales. Il est connu pour ses ouvrages vulgarisateurs visant à rendre la philosophie accessible à tous.

⁴ Gilles FARCET est un écrivain et un journaliste français dont les écrits sur la spiritualité laïque sont inspirés par le travail d'Arnaud DESJARDINS.

⁵ Article Psychologie (noter les références)

⁶ Lao Tseu est un sage chinois du VI^e ou Ve siècle avant J.C. dont les biographies confondent histoire et légende. Son Tao-tö King, Livre de la Voie et de la Vertu, est un texte fondateur du taoïsme, l'un des trois piliers de la philosophie chinoise avec le bouddhisme et le confucianisme. Selon la légende il serait né avec une barbe et des cheveux blancs, d'où son surnom « l'ancien Lao ».

POUR ALLER PLUS LOIN ...

OUVRAGES

DEKARZ Damien, La permaculture au jardin, Édition de Terran, 2019.

FUKUOKA Masanobu, La révolution d'un seul brin de paille : Une introduction à l'agriculture sauvage [The one straw revolution : an introduction to natural farming], Guy Trédaniel, 1978/2018.

LAO-TSEU, Tao-tö king [traduit du chinois par Liou Kia-Hway], Gallimard, 1967/2008.

LENOIR Frédéric, La puissance de la joie, Fayard, 2015.

MEADOWS Donella, MEADOWS Denis, RANDERS Jørgen, William BEHRENS, Les limites à la croissance (dans un monde fini) [The limits to growth], Fayard, 1972/1974.

MORIN Edgar, Les sept savoirs nécessaires à l'éducation du futur, Seuil, 2000.

NIETZSCHE Friedrich, Ainsi parlait Zarathoustra, 1885, Le livre de poche.

PLATON, Livre VII "Allégorie de la Caverne, La République.

SDES (Services de la Donnée et des Études Statistiques), Rapport DATALAB 2018 sur la biodiversité.

SENK Pascale, Lâcher prise, c'est accepter ses limites, psychologie.com, 2018.

SERRE Michel, Le contrat naturel, Flammarion, 1992.

SERVIGNE Pabo, STEVENS Raphaël, Comment tout peut s'effondrer, Seuil, 2015.

DOCUMENTAIRE

HANSEN Jurgen, Simone STRIPP, Les loups, Sauveurs du parc de Yellowstone, ARTE, 2017.

RESSOURCES WEB

WWF (World Wildlife Fund), Rapport Planète vivante, 2018 : <https://www.wwf.fr/rapport-planete-vivante-2018>

ROBIN Jacques (Groupe de Dix), Transversales Science et Culture : <https://grit-transversales.org/>

Association ADRASTIA : <http://adrastia.org>

Fondation Good Planet : <https://www.goodplanet.org/fr/>

JANCOVICI Jean-Marc : <https://jancovici.com>

Comité de rédaction

Mme Emilie GROSLIER
enseignante de lettres

M. Clément TAILLIEZ
enseignant d'histoire géographie

Mme Valérie KWATEK
responsable des niveaux 4^e, 3^e
enseignante de mathématiques

M. Mathias POULAIN
enseignant d'éducation musicale

Mme Saonnderi TANDRAYEN
enseignante de SVT

M. Frédéric PIERRE
chef d'établissement

Mise en page élèves de 4^{ème}

AH-SANE Anaëlle
BHUGWANT Vishnu
BHUGWANT Vasudev
CUVELIER Anne-Laure
DALLEAU Léa
GOMIS-MROCZYK Emma
LAURET-STEPLER Ambre
LEBON-GITTON Gabriel
PAUPERT Nora
YEKPE Emilie

Remerciements à
M. Patrick PAUPERT
graphiste, société Up to date
pour sa collaboration gracieuse