

## Analyses d'ouvrages

### Dormez tranquilles jusqu'en 2100 Et autres malentendus sur le climat et l'énergie

Jean-Marc Jancovici  
Odile Jacob, 2015

208 pages

Version papier : 19,90 euros

Version numérique : 9,99 euros

[https://www.odilejacob.fr/catalogue/sciences/environnement-developpement-durable/dormez-tranquilles-jusqu'en-2100\\_9782738132529.php](https://www.odilejacob.fr/catalogue/sciences/environnement-developpement-durable/dormez-tranquilles-jusqu'en-2100_9782738132529.php)

« La réalité est tout autre. Chaque invention nous permet de résoudre d'anciens problèmes, mais en fait aussitôt apparaît de nouveaux, dans un autre domaine. Nous sommes pris dans un mouvement qui, loin de se ralentir, s'accélère. N'espérons pas que nous puissions faire quelques efforts, puis nous reposer. Nos progrès mêmes nous imposent de chercher plus loin. » Berger, 1964 [1].

« La technologie ancienne impose à la technologie nouvelle ses propres normes d'évaluation économique, élaborée par référence à ses qualités naturelles, introduisant par là une sorte de biais au moment de l'exercice du calcul économique. » Foray, 1992 [2].

Une pédagogie de l'aventure définie en termes de qualité de vie associée à la technologie, forme de storytelling, pousse le citoyen à faire l'expérience permanente de l'inconnu en lui offrant la possibilité de tracer des analogies entre champs éloignés du savoir (science et art, technique, énergie et culture, etc.). Avec le développement d'une information, dont la réduction en une présentation de plus en plus binaire, le citoyen est de plus en plus voué à des recours idéologiques peu éclairés.

Pour sortir de cette situation liée à du « *business as usual* », Jean-Marc Jancovici, dans un style très clair et très souvent convaincant (en s'appuyant sur un exemple majeur lié

à l'énergie), illustre la possibilité de comprendre les relations entre consommation d'énergie et emploi, niveau de vie, etc. Cette présentation est à même de faire comprendre la situation actuelle et son prolongement vers la fin du siècle. Elle tente, en s'appuyant sur quelques données quantitatives d'éclairer un débat.

Selon l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe, 2018 [3]) : « *L'analyse du cycle de vie [ACV] recense et quantifie, tout au long de la vie des produits, les flux physiques de matière et d'énergie associés aux activités humaines. Elle évalue les impacts potentiels puis interprète les résultats obtenus en fonction de ses objectifs initiaux.* » Les énergies renouvelables sont bien souvent présentées comme les structures fondatrices d'un nouveau mode de société émergent dans les pays développés. L'ensemble des interrogations qu'elles suscitent en termes de maturité technologique et d'acceptabilité par les citoyens conduit à étayer un raisonnement sur un mode de production particulier, dans la perspective d'établir par la suite un critère unique et discriminant, facilement extrapolable aux autres filières d'énergies nouvelles. Dans cet esprit, Bayon [4] a utilisé l'ACV pour traiter d'un exemple, sur la filière éolienne en France, en prenant aussi bien en considération les aspects environnementaux, énergétiques, sociaux que stratégiques.

L'intérêt des éoliennes résidant dans la production d'électricité, Bayon a déterminé la composante énergétique globale de chacun des flux

élémentaires (matériaux, énergie, procédés, transports) qui entrent dans le cycle de vie de la turbine. La demande cumulée en énergie est une méthode efficace qui permet d'évaluer la quantité totale d'énergie nécessaire aux différentes phases « du berceau à la tombe ». Comparé à la production d'électricité totale issue de l'éolienne sur 20 ans, on constate une part finalement assez faible (7 %) consacrée à la production/l'installation/l'entretien et le démantèlement/recyclage des composantes de la turbine. Au premier abord, le système est donc viable en termes de rendement énergétique. Il reste cependant à prendre en compte les pertes de puissance sur le réseau et la construction de centrales thermiques au gaz afin de pallier le caractère intermittent du vent. Le rendement de Carnot, de l'ordre de 40 % pour les turbines à gaz, a donné une première estimation du coût final de production du kWh éolien à 0,086 € sur place. Ceci est près de quatre fois plus important que le coût standard dans la filière électronucléaire. Des études montrent que les Français sont prêts à accepter une hausse du tarif de l'électricité (et des produits verts en général) mais ceci doit rester dans une mesure raisonnable (10 à 20 % du coût). Or le constat accepté par tous est la nécessité d'augmenter de manière significative le prix du kWh, bien au-delà des tarifs artificiels qui existent aujourd'hui.

Pour enfoncer le clou, Jancovici rappelle que ces dispositifs sont situés de manière plus diffuse que les centrales énergétiques classiques, ce qui se

traduit par une multiplication supérieure à dix de la quantité de cuivre à utiliser pour alimenter les villes en électricité... Le développement de l'éolien jusqu'à atteindre 10 % de la production électrique mondiale irait jusqu'à augmenter la température du sol de 1 °C... Il rappelle que 1 m<sup>2</sup> de panneau solaire fournit en un an l'équivalent de dix litres d'essence, etc. Ces chiffres sont donc particulièrement éclairants sur le coût de l'énergie.

De plus, il est possible d'intégrer une caractéristique très importante dans la culture de la société technicienne : celle de concentration des flux de matière, d'énergie, d'argent, etc. C'est bien sur ce registre que les ingénieurs ont été formés pour développer de nouveaux procédés mais également pour optimiser des systèmes plus anciens. Le charbon, le nucléaire et le pétrole sont parties prenantes dans cette aventure humaine où la concentration fait loi, induisant des coûts modérés de l'énergie et une liberté et une qualité de vie jusqu'ici inégalée. C'est donc difficile de penser le futur sur la récupération d'une énergie, certes gratuite, mais diluée dans l'espace et le temps. Mais pour autant, l'effet de serre et le réchauffement climatique deviennent pour la société une préoccupation (à hiérarchiser cependant relativement à d'autres problèmes de société).

Deuxième volet, le produit intérieur brut (PIB)... Jancovici nous enseigne qu'avant l'utilisation des ressources fossiles, le salaire journalier moyen des Occidentaux était de l'ordre de l'euro et ceci depuis l'antiquité... Même avec un RSA, considéré comme un « revenu » très modeste, on est loin de cette donnée. Un homme bien entraîné ne peut fournir, avec ses jambes, guère plus d'un demi-kWh d'énergie mécanique par jour, et avec ses bras c'est environ dix fois moins ! Le kWh mécanique issu du pétrole, du charbon ou du nucléaire vaut donc 25 à 50 centimes, soit... 500 à 10 000 fois moins cher que le kWh issu du travail humain en Occident. La messe est donc dite... Ce que l'auteur montre

avec conviction et réalisme, c'est qu'il existe une corrélation nette entre consommation énergétique et PIB, en particulier en s'appuyant sur les données issues de crises pétrolières.

Dans une lointaine jeunesse, il m'avait été enseigné que dans un système fermé, sans apport énergétique, ce système était voué au désordre, ou au « mieux » à la sélection (pour un temps) des plus dominants vis-à-vis des plus faibles... Pendant longtemps, la Terre a été considérée comme un fournisseur de matière et d'énergie de taille quasi infinie, sans que des aspects de finitudes s'expriment. Ce n'est plus le cas aujourd'hui, avec en plus des questions associées comme celles du développement durable, du réchauffement climatique, de la démographie galopante, etc. Cette croissance essentielle en énergie a été à l'origine des dispositifs démocratiques actuels et d'une meilleure égalité entre les hommes... Cette finitude enfin révélée fait donc réfléchir à des situations politiques émergentes.

Devant cet état de fait, le politique continue à parler d'emploi, à faire des promesses qu'il ne pourra probablement jamais tenir, ce qui renforce l'impression d'impuissance des pouvoirs à assurer un futur crédible à la société. Un exemple patent correspond au développement sans précédent des technologies de l'information et de la communication et, aujourd'hui, de l'intelligence artificielle et l'internet des objets où l'on oublie que ces dispositifs consomment de l'énergie (4<sup>e</sup> consommation d'énergie électrique relativement à la consommation d'électricité des États), ainsi que des matières premières rares, avec des possibilités de recyclage difficiles.

Il n'y a donc pas de réflexion de fond associant le citoyen sur le futur de la société, sur ses choix énergétiques, pour ses choix de société. On a pris l'habitude des mauvaises nouvelles des rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et on fait avec (c'est-à-dire comme avant), on pense que les scientifiques sauront trouver

la bonne solution pour traiter la question de l'énergie pas chère, alors ? Or, l'évolution technique telle qu'elle est perceptible à beaucoup dispose d'un certain nombre de caractères spécifiques d'irréversibilité, d'irrésistible, de discontinu et d'incontrôlé. Sans qu'on y fasse facilement attention, cette transformation très rapide du système de production se traduit par des perturbations de la culture de la société dans son ensemble : création de nouveaux espoirs, de nouvelles possibilités, mais en même temps de nouvelles aliénations, voire de nouveaux risques réels ou simplement perçus.

Une réflexion initiale sur cette importante question est qu'il n'est pas facilement envisageable aujourd'hui, pour différentes raisons, d'imposer de facto des transformations radicales aux citoyens, sans résistances et sans négociations. Il est ainsi nécessaire qu'il y ait des « poches d'acceptation » qui permettent une dissémination et une banalisation des nouvelles formes d'exploitation/production de l'énergie et de manière plus générale des choix de société. Il y aurait donc nécessité de faire évoluer les mentalités, à tous les niveaux... Mais, en lisant ce livre c'est l'occasion de bien s'informer, de comprendre une situation critique, et de penser pouvoir participer de manière proactive à un futur un peu compliqué... Une certaine forme de « plasticité mentale du corps social » risque d'être exploitée, voire à l'opposé, mais pour le même but à atteindre, un « formatage » des personnes, un déplacement par populisme de la « tectonique sociale » [5] ou un *statu quo* de la morale utilitaire, etc.

L'auteur rappelle d'ailleurs que : « *La population reste donc uniquement abreuvée d'informations incorrectes, ce qui est assez ennuyeux puisque le vote, puis la décision publique en dépendent* »... La critique d'une information biaisée pour un public qui cherche à disposer d'une connaissance trop fortement résumée est-elle la cause ou la conséquence de cet état de fait ?

Crozier et Friedberg ont écrit en 1977 [6] que « la plupart des théories du changement sur lesquelles repose la rhétorique politique et sociale contemporaine [...] paraissent profondément faussées par la confusion qu'elles entretiennent entre deux séries de propositions difficilement conciliables : les unes fonctionnalistes d'ordre statique, les autres dynamiques, relatives au développement. Les premières, relativement complexes et rigoureuses, n'expliquent que la stabilité. Les secondes, beaucoup plus vagues, mais aussi beaucoup plus utiles dans la polémique, tirent leurs forces de conviction essentiellement du fait qu'elles semblent liées aux premières, alors qu'il n'y a entre elles aucun lien logique [...]. En engendrant des relations de pouvoir autour des possibilités toujours inégales des individus de maîtriser des sources d'incertitudes cruciales pour la poursuite et la réussite des activités communes, elles confrontent les individus de façon directe et permanente à des situations de dépendance et de domination qui accentuent et intensifient le caractère potentiellement menaçant de la relation à l'autre ».

Retrouvé dans une pile d'ouvrages à lire, ce livre publié en 2015 et présenté peu de temps après dans ERS [7] n'a pas pris beaucoup de rides. On peut s'informer, se convaincre de faits auxquels on n'avait pas pensé, même parfois ne pas être totalement d'accord avec l'auteur. Au moment où l'on nous parle de la révolution du quaternaire, de l'industrie 4.0, de la mondialisation, de la démographie, de la pollution, etc., ce livre, réel « pavé dans la mare », remet un certain nombre de choses liées à l'énergie en place, et ceci de manière claire et pédagogique. C'est de ce type d'ouvrage dont le citoyen a besoin pour comprendre et agir dans ce monde grisaille, malgré des promesses peu réalistes qu'on nous propose. La vigilance est nécessaire pour que les choix proposés par les politiques s'inscrivent dans des approches raisonnables et éclairées dans lesquelles les citoyens bien informés auront possibilité de sortir des idéologies réductrices qu'on leur propose trop souvent... Mais, est-ce possible ?

Jean-Claude André  
INSIS-CNRS  
jean-claude.andre1@sfr.fr

1. Berger G. L'idée d'avenir. In : *Phénoménologie du temps et prospective*. Paris : PUF Ed, 1964. Cité par Escudie MP. *Gaston Berger, les sciences humaines et les sciences de l'ingénieur - Un projet de réforme de la société*. Thèse de l'Université de Lyon II, 2013. [http://institut-gaston-berger.insa-lyon.fr/sites/institut-gaston-berger.insa-lyon.fr/files/doctorat\\_mpescudie.pdf](http://institut-gaston-berger.insa-lyon.fr/sites/institut-gaston-berger.insa-lyon.fr/files/doctorat_mpescudie.pdf)
2. Foray D. Choix de la technique, rendements croissants et processus historiques. In : Pradès J, ed. *La technoscience – Les fractures du discours*. Paris : L'Harmattan E, 1992.
3. Ademe. *L'analyse du cycle de vie*. 2018. <http://www.ademe.fr/expertises/consommer-autrement/passer-a-l'action/dossier/lanalyse-cycle-vie/quest-lacv>
4. Bayon S. *Réflexion sur les aspects énergétiques, économiques et éthiques liés aux énergies renouvelables : le cas des éoliennes*. Projet de recherches et développement. Nancy : ENSIC – Université de Lorraine, 2012.
5. Minc A. *Ce monde qui vient*. Paris : Grasset Ed, 2004.
6. Crozier M, Friedberg E. *L'acteur et le système*. Paris : Seuil-Essais Ed, 1977.
7. Foulquier L. *Environ Risque Sante* 2016, 15 : 364-6.

### Ce que la science sait du monde de demain

Jim Al-Khalili (Coordonnateur)  
Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2018  
336 pages  
17,55 euros  
<https://www.ppur.org/produit/879/9782889152407>

« Le progrès dans notre monde sera le progrès vers plus de souffrance. » G. Orwell dans 1984

Cet ouvrage récent (publié en 2017 aux États-Unis, traduit rapidement en français) a été écrit par de nombreux auteurs dont des scientifiques reconnus dans leur spécialité avec pour cible principale d'estimer quelle sera notre vie en 2050, c'est-à-dire presque demain. C'est de manière évidente, le développement sur-

exponentiel actuel de l'intelligence artificielle associé à des tendances plus que lourdes (changement climatique, surpopulation, etc.) qui font l'objet de l'attention des nombreux auteurs (avec des analyses de qualités assez différentes selon les chapitres).

D'un point de vue technologique, ce qui émerge dans cet ouvrage, assez didactique et de lecture plutôt aisée, c'est encore les technologies de l'information et de la communication, l'informatique quantique, la réalité

augmentée, le transhumanisme, la biologie de synthèse, les matériaux intelligents avec un zeste d'énergie et, encore et toujours, l'intelligence artificielle. Le recours aux technologies de base (comme l'énergie, les procédés) est relégué au mieux dans les aspects développement durable. Tout semble donc envisageable dans un univers de rêve (ou de cauchemar), sans tenir compte du possible, avec toutefois un problème à gérer : celui d'une société qui va voir perdre ses emplois, ses qualifications, mais n'en doutons pas,

avec la possibilité de participer à une grande aventure ! Jusque dans l'espace... On parle quand même un peu d'éthique, mais bon...

Parmi les slogans, on aurait pu retrouver des expressions du type : « *Data is the new oil* » ; « *Artificial intelligence is the new electricity* » et « *Internet of Things is the new nervous system* » ; « *Technology is exponential* »... (Gerd Leonhard au congrès *Future in the Making* (FTA) de Bruxelles en juin 2018). Tout est possible : « *We just need to agree on what we want* »... Il n'y a que des réserves sociales et un peu environnementales à ce futur qui nous prépare au transhumanisme, à l'homme augmenté et à l'immortalité digitale... L'aisance est permise surtout si on a quelques idées, si possible disruptives. Heureusement, quelques auteurs ont une position plus proche de la réalité et s'appuient sur la connaissance du réel et du possible pour avancer des prévisions réalistes (même si elles restent profondément technologiques).

Les perturbations amenées par la confluence de technologies sont en train de transformer la production et la distribution des biens et services. Cette situation devrait se traduire dans les compétences des futurs travailleurs, l'emploi, la productivité et la distribution des revenus. Une transformation radicale des modèles d'affaires, des systèmes de compétences et des politiques publiques est donc à prévoir. Personne n'a signalé réellement la lutte pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> et le développement d'une économie plus verte (et moins consommatrice de matières fossiles) qui pourrait entraîner une augmentation nette d'environ 18-20 millions d'emplois dans le monde d'ici l'an 2030. De plus, l'économie circulaire (recyclage, réparation, location ou réutilisation) est susceptible de créer (selon l'Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE]) environ 6 millions de nouvelles possibilités d'emplois en remplaçant le modèle économique linéaire basé sur le principe « extraire, fabriquer, utiliser et jeter ».

Aucun des chapitres ne traite sérieusement des incertitudes sur les grands sujets planétaires et environnementaux, en particulier sur la distorsion des richesses et des inégalités, devant le réchauffement climatique, l'émergence de nouvelles typologies de guerres (cyber et terrorisme), mais aussi la migration des populations, voire la raréfaction des ressources naturelles (surtout pour produire les dispositifs utilisables en informatique (au sens le plus large englobant intelligence artificielle, internet des objets, communications numériques, etc.)). Les révolutions technologiques sont assez peu perçues comme un risque, mise à part la cyberguerre associant des robots, considérée comme l'évolution quasi certaine du risque cyber qui menace aujourd'hui les entreprises, et les risques réglementaires associés.

Citées aux premiers rangs des opportunités : l'innovation et les technologies, l'hyperdigitalisation ou la révolution de l'e-santé ; ces chapitres présentent un futur de manière assez froide sans trop se préoccuper des évolutions sociétales profondes qui se dessinent qu'ils auraient pu présenter comme des opportunités ou des freins.

Mais, dans l'extraordinaire technologique qui est envisagé, allant jusqu'à une conquête spatiale massive, il semble que la technologie « classique » a une place qui ne lui a pas été offerte, parce qu'elle évolue lentement (syndrome de la grenouille ?), qu'elle n'est pas « sexy » ou à la mode et qu'elle semble subir ce futur essentiellement numérique où tout paraît possible ; elle est moins bien perçue relativement à l'intelligence artificielle, sujet effectivement majeur, et pourtant, même si le phénomène continue à prendre de l'ampleur, il faudra bien alimenter ces systèmes électroniques qu'ils soient quantiques ou non...

Voilà pour le cadre. Quand on examine chaque chapitre, des tendances technologiques émergent avec,

comme cela a déjà été signalé, des descriptions s'appuyant sur des fondements scientifiques sérieux, d'autres se rapprochant de propos plus proches de la science-fiction. Mais, pourquoi pas, l'ouvrage peut servir à réfléchir à un possible, plutôt optimiste, pour les humains qui survivront en 2050, parce qu'il propage une confiance (la foi du charbonnier ?) dans les pouvoirs de la science. « *Quel que soit le fin mot de l'histoire, je [le coordonnateur de l'ouvrage] suis profondément convaincu que les sciences nous réservent encore de nombreuses surprises dans les décennies et les siècles à venir* »...

Ce qui manque dans cet ouvrage d'épaisseur conséquente, c'est l'abord de la complexité des évolutions technologiques qui sont toutes en interaction entre elles, avec la planète et les humains (avec des scénarios très variables sur ce futur assez proche). Et c'est difficile de le faire quand on s'adresse à des spécialistes d'un domaine technologique ou scientifique qui ont tendance à sur-vendre leur compétence (comme l'avait montré une lointaine enquête menée à l'échelle européenne sur les risques émergents, chaque nouveau risque était issu de la discipline des experts pour l'essentiel !). Un des rares chapitres, écrit par W.K. Hensing reste dans le possible sans chercher à survaloriser la discipline (informatique quantique).

Il y a donc besoin d'éliminer ces types de biais, certes compréhensibles, mais qui ne permettent pas de disposer d'une robustesse bien grande. L'approche disciplinaire est trop cloisonnée, d'où une idée maîtresse visant à savoir comment percoler au travers des frontières disciplinaires, afin que le paradigme de la complexité puisse se déployer véritablement, notamment parce que la recomposition de catégories de pensée ne reposerait plus sur des frontières et des objets disciplinaires, mais sur des objets-frontières. Ce contexte impose la convergence, certes difficile, des disciplines. C'est ce qui, de manière évidente, manque

dans ce livre. Scientifiquement, l'approche par la complexité est une rupture qui reconnaît le caractère exceptionnel et problématique du thème. Il peut être ici utile d'invoquer, pour illustrer la complexité et son étude, la nécessaire acceptation de l'incertitude et de la démarche heuristique dans la compréhension des problèmes dits « complexes » reliés au futur de notre société, donnant ainsi une valeur plus grande au qualitatif, au « sensible », à

l'heuristique, plutôt qu'au seul quantitatif, fût-il non biaisé ou au fantasme de la télétransportation....

Pour conclure, tout n'est pas inutile dans cet ouvrage si on le considère comme une vision technologique des domaines porteurs actuels. Il faudra garder en mémoire (vive) le fait qu'il s'agit de points de vue spécialisés et donc orientés venus des seules « sciences dures ». Or, dans l'approche que j'aurais aimé

trouver, d'autres sciences auraient dû être convoquées. Alors, amis lecteurs potentiels de ce livre, faites-vous votre propre jugement en le lisant ; le prix est accessible et chaque chapitre peut être lu indépendamment des autres.

**Jean-Claude André**  
INSIS-CNRS  
[jean-claude.andre1@sfr.fr](mailto:jean-claude.andre1@sfr.fr)

## Notes de lecture

**Revue Science et Pseudo-Sciences**  
n° 324, avril-juin 2018

Jim Al-Khalili (Coordonnateur)  
Association française pour l'information scientifique  
112 pages  
5 euros  
Articles en ligne (<http://www.pseudo-sciences.org>)

Ce numéro est particulièrement intéressant par la qualité de son dossier qui traite de la question des déchets radioactifs. Depuis plus de 25 ans, cette question fait l'objet de recherches, de décisions et de débats.

Ces derniers sont le plus souvent des affirmations, des opinions, des « campagnes » de presse et des affrontements.

Il est important, de mon point de vue, de prendre le temps de lire et d'étudier ce qu'en disent les scientifiques et les instituts de recherche qui sont compétents en la matière.

En tous les cas, il faut s'informer sur ce que pensent et font les acteurs responsables de la gestion des déchets nucléaires. C'est pourtant ceux qu'on « entend » le moins !

Rappelons que les producteurs de ces déchets sont essentiellement EDF, le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), Orano (ex-Areva), les hôpitaux et centres de recherche. Il y a beaucoup d'acteurs qui interviennent : les

transports, des prestataires qui agissent pour le compte des producteurs, etc. Les gestionnaires des centres d'entreposage ou de stockage sont responsables de la sûreté à moyen et long terme de leurs installations.

L'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA) a une mission centrale de gestion des déchets à long terme et de service public pour l'entreposage de déchets qui ne peut être assuré de façon sûre par leurs propriétaires. C'est aussi un organisme de recherche.

Nous disposons en France du CEA qui a une longue expérience de recherche en matière de techniques de traitement et de gestion des déchets. L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) développe ses propres recherches (par exemple, à Tournemire dans l'Aveyron où des études sont réalisées dans un tunnel sur la perméabilité des roches argileuses). Enfin l'Autorité indépendante de sûreté nucléaire (ASN) s'occupe de la gestion des déchets, de la réglementation, du démantèlement des

installations, des inspections chez les producteurs de déchets, etc. Ce qui fait que la France est un des pays du monde qui a le plus d'expertises, de recherches et de pratiques dans le domaine de la gestion des déchets.

C'est quand même un élément essentiel qu'il faut considérer et utiliser si on souhaite vraiment informer le public.

La question du stockage des déchets (pas que nucléaires, car les déchets toxiques chimiques posent les mêmes problèmes mais on en parle peu !?) soulève de multiples interrogations : pourquoi ce besoin de stockage profond ? Pour quels types de déchets ? Quels sont les risques ? Quelle durée pour la réversibilité ?

Le dossier scientifique de ce numéro contribue à dire, expliquer, mais ce n'est pas à la science de décider. Ce qu'on peut espérer c'est que les décisions politiques tiennent compte des données scientifiques.

Bernard Bonin qui est un scientifique de haut niveau, spécialiste de ces questions [1,2], répond à : « Peut-on

*stocker les déchets nucléaires en formation géologique profonde ? ».*

Il parle dans ce cas de déchets radioactifs à moyenne et haute activité, à « vie longue » (c'est-à-dire le temps que met le radioélément pour perdre la moitié de son activité). Notons au passage, qu'on parle de déchets radioactifs en général alors que les problèmes les plus sérieux sont posés par ceux à vie longue qui représentent un petit volume et environ 99 % de l'activité.

Il s'agit, au niveau des principes, de faire le tri de ces déchets, de recycler au maximum des possibilités et de réduire la dangerosité. En fait, ce qu'on stocke sont des « déchets ultimes ». Il s'agit d'un déchet résultant ou non d'un traitement d'un déchet qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux (Loi du 13 juillet 1992).

En France, on traite nos déchets nucléaires et on les conditionne (usine de La Hague). Ensuite, on conditionne les déchets de haute activité dans du verre. Ces diverses opérations « se prêtent bien, soit à leur stockage en surface pour les colis de déchets à vie courte, soit à un entreposage temporaire dans la perspective de leur stockage en couche géologique profonde » (p. 13). (En pages 14 et 15, on explique ce que sont les déchets radioactifs en France et sous quelle forme ils sont conditionnés).

L'entreposage préalable est une nécessité quel que soit le cas de figure (cycle ouvert ou cycle fermé des combustibles). C'est une solution d'attente qui permet de réduire la charge thermique et les coûts du stockage ultérieur. Mais cet entreposage donne des garanties de sûreté moindre qu'un stockage profond car une maintenance active est bien plus vulnérable aux intrusions humaines. L'auteur explique que la seule voie réaliste pour les déchets ultimes est le stockage. Et que « le stockage

géologique en profondeur semble la seule solution de gestion à très long terme dont la sûreté n'exige pas le contrôle continu de la société » (p. 16). Il y a un consensus international à ce propos. Tous les organismes considèrent qu'aucune solution alternative n'est crédible. Les échelles de temps dépendent de la décroissance radioactive des déchets et les différentes barrières du stockage assurent le confinement. Il faut bien remarquer que le stockage concerne une période d'environ 100 000 ans et que nous n'avons pas de retour d'expérience dans ce domaine, d'où l'appel aux modélisations prédictives pour pressentir les impacts possibles, y compris en cas d'événement exceptionnel. Mais nous savons « que dans des formations géologiques peu perméables, il peut s'écouler des millions d'années avant un éventuel retour des eaux vers leur exutoire de surface » (p. 18).

L'auteur parle clair et prend position. Il a cependant la modestie du scientifique : « *La maîtrise des risques n'est pas que technique et scientifique. Car elle a une forte composante sociétale. La démarche de la construction de la confiance ne doit pas s'arrêter une fois acquise la conviction des experts* » (p. 20). Si tout le monde était dans cet état d'esprit, il y aurait un vrai débat !

Pascal Leverd, responsable des dossiers de demande d'autorisation du site de stockage « CIGEO », explique de manière précise ce qu'est la réversibilité. Elle repose sur trois axes qui sont la capacité de retrait des colis, l'action possible sur le processus de stockage et l'évolution de la conception du système.

C'est en 1998 que ce concept de réversibilité s'est imposé après de multiples péripéties, en particulier en 1987 quand l'ANDRA a voulu explorer différents sites de stockage possibles.

En 2013, il y a (déjà) eu un débat public où une définition de la réversibilité a été retenue : « *C'est la capacité à offrir à la génération suivante des choix sur la gestion à long terme des déchets radioactifs incluant notamment le*

*scellement d'ouvrages de stockage ou la récupération de colis de déchets ; cette capacité est notamment assurée par un développement progressif et flexible du stockage* » (p. 22). En 2016, le Parlement a précisé cela dans une loi.

L'exploitation de CIGEO est prévue pendant 120 ans avec des moyens qui rendront ce site flexible (des expériences dans le monde montrent que c'est possible). Ensuite, on rentrera dans une phase bilan pour mettre en sécurité les déchets et refermer le site. Seule une loi peut autoriser cette décision.

C'est de manière évidente une grande expérience de planification puisque cette question des déchets a été abordée pour la production d'électricité d'origine nucléaire, donc dans les années 1950 !

Jean-Jacques Ingremant est docteur en physique des réacteurs. Il fait le parallèle entre le charbon et le nucléaire en posant cette question : « *Concentrer ou diluer les déchets ?* ».

Le bilan des déchets liés à la production du charbon mérite d'être rappelé, compte tenu de l'exploitation passée, actuelle et future (?) de ce combustible énergétiquement peu dense. Alors que le nucléaire est une énergie très concentrée. Dans tous les cas les déchets existent et il faut les gérer. On connaît la mortalité attribuée à la pollution atmosphérique et on a une assez bonne estimation des cancers induits par l'accident de Tchernobyl.

En situation « normale » ou accidentelle, c'est avec des données réelles qu'il faut évaluer et comparer les impacts environnementaux et sanitaires sur une période de temps de l'ordre du siècle et plus si on considère par exemple l'impact du réchauffement climatique.

Le nucléaire produit un déchet dense, très dangereux mais de faible volume et que l'on peut enfouir. Le gaz carbonique peu manipulable, dilué partout dans l'atmosphère affecte le climat de la planète (pourra-t-on stocker le CO<sub>2</sub> sans éviter les fuites ?).

Dans les deux cas, il faut savoir gérer les déchets dans la durée. C'est le problème que nous avons pour les déchets concentrés. Pour les autres qui sont dilués il n'y a plus rien à faire. « *C'est un enjeu universel : ne produire que les déchets que l'on sait gérer* » (p. 32).

Marcos Buser et Walter Wildi, tous deux géologues en Suisse, nous parlent du stockage des déchets toxiques dans des dépôts géologiques profonds. Ils remontent à l'exploitation du plomb, du cuivre, de l'étain et de l'extraction de l'or à l'aide du mercure. Cette histoire arrive à un tournant au XIX<sup>e</sup> siècle avec le développement de l'industrie chimique. Cela provoque des réactions de l'opinion publique face aux nuisances et conduit à des stockages dans des mines souterraines. Pendant longtemps, on a déversé des déchets toxiques ; sur 100 ans, il s'agit de millions de tonnes, dans des décharges de surface. On a utilisé les mers et les océans pour cela. Heureusement la réglementation s'est renforcée (voir le scandale des fûts de dioxine de Seveso en Italie).

On envisage alors l'utilisation de mines souterraines de sel comme site de stockage. Ce fut le cas en Allemagne en 1965, en Basse-Saxe pour des déchets faiblement radioactifs. Cela a été abandonné pour des raisons d'étanchéité. Il a fallu chercher ailleurs car il y avait une résistance croissante à l'entreposage

de surface, l'interdiction d'exporter ses déchets ailleurs et de les immerger. D'où l'utilisation des anciennes mines qui est devenue une spécialité allemande dès 1972 à Thuringe. On parle bien de déchets hautement toxiques : mercure, sels d'arsenic, métaux lourds, cyanure, etc. « *Dans les mines remplies par des déchets injectés par pompage, ils ne sont pas récupérables* » (p. 37). Il s'agit de milliers de tonnes de déchets spéciaux enfouis, y compris dans des mines dites « instables ».

Il est curieux de constater que les réactions de l'opinion publique à ces méthodes de stockage de déchets chimiques sont restées si faibles !? Même si on sait que les mines de sel ne sont pas sèches.

Les auteurs montrent tous les facteurs à prendre en compte après tant de mauvaises surprises (voir par exemple l'incendie de Stocamine en 2002 avec des déchets toxiques à 500 m de profondeur dans une ancienne mine de potasse en Alsace, après des infractions à la réglementation).

Personne ne renonce à l'enfouissement des déchets mais avec toutes les précautions à prendre, en particulier celle de la culture de sécurité, les conflits d'exploitations du sous-sol et les concepts d'intrusion, et les techniques performantes d'immobilisation. Ces problèmes sont discutés, étudiés et mis en œuvre depuis

longtemps dans le secteur nucléaire. Les problématiques des déchets toxiques chimiques sont les mêmes et les pratiques devraient être mises en commun (par exemple, l'intrusion humaine, le gardiennage, la mémoire des sites).

Il n'en reste pas moins que dans le domaine de l'utilisation de l'énergie nucléaire, les réactions sociétales sont d'une tout autre ampleur. Ce qui reste encore à expliquer (si on le peut !), compte tenu de l'importance des enjeux politiques n'étant pas eux de l'ordre de la science. De ce point de vue, la lecture de ce dossier contribue fortement à disposer d'informations sûres. L'appel des professionnels de la santé (18 mars 2018 dans *Le Figaro*) qui s'inquiètent des « *fake medicines* » et que reprend ce numéro de *Sciences Pseudo-Science* (p. 43-44) montre que l'on a besoin « d'assurance qualité ». Voir aussi dans ce numéro l'article d'Hervé Maisonneuve sur « L'intégrité scientifique » (p. 85-91). Il parle entre autres du « *peer review* » et de ses dérives.

**Luc Foulquier**  
*Ingénieur-chercheur en écotoxicologie*  
[foulquier.luc@wanadoo.fr](mailto:foulquier.luc@wanadoo.fr)

1. Bonin B, Klein E, Cavedon JM. *Moi, U 235, atome radioactif*. Paris : Flammarion, 2001.
2. Bonin B. *Le nucléaire expliqué par des physiciens*. EDP Sciences, 2012.

## Signalements d'ouvrages

### Notre air est-il respirable ? Le vrai du faux sur la pollution intérieure et extérieure

Lise Loumé, avec Francelyne Marano, préface d'Alain Grimfeld  
Éditions Quae, 2018  
168 pages  
Version papier : 19 euros  
Version numérique : 12,99 euros  
<http://www.quae.com/fr/r5319-notre-air-est-il-respirable.html>

« Nouveau pic de pollution attendu en Île-de-France », « une vague de particules fines touche le pays », « La

France suffoque »... Ces dernières années, les alertes à la pollution se sont enchaînées dans l'Hexagone,

des jours durant, lors des fortes chaleurs d'été ou des vagues de froid d'hiver.

Très médiatisée, la pollution de l'air fait l'objet d'un paradoxe auprès des Français : ces derniers la placent parmi leurs principales préoccupations environnementales mais se jugent en majorité mal informés sur le sujet ! Cet ouvrage permet précisément de répondre aux multiples questions que vous vous posez au quotidien : qu'est-ce qui pollue le plus entre les voitures, les usines, l'agriculture, les feux de cheminées ?

Avec quels effets sur notre santé, ainsi que celle des animaux et des végétaux ? Et demain, comment sera notre air ?

Dans ce livre basé sur les dernières données scientifiques et éloigné des discours inutilement alarmistes, découvrez des conseils pratiques pour limiter votre exposition à la pollution de l'air, extérieure comme intérieure, et faites enfin la chasse

aux idées reçues. Saviez-vous que nous accusons souvent à tort les centrales à charbon allemandes de nous polluer ? Que certains gestes pour assainir l'air de notre maison aggravent au contraire la situation ?

Cet ouvrage analyse également l'efficacité de mesures prises par les grandes villes françaises et européennes pour réduire la pollution liée au trafic routier.

### Guide philosophique des déchets

Jean-Luc Coudray

Editions i, 2018

280 pages

16 euros

<http://www.editions-i.com/ouvrages/guide-philosophique-des-dechets-13.htm>

« Notre monde est un bijou, mais vu de loin. »

Par l'auteur du *Guide philosophique de l'argent* (Éditions du Seuil), une réflexion subtile et fine non dénuée d'humour sur le gaspillage actuel par un tenant de la décroissance. Y sont abordés les principales catégories de déchets : déchet physique (du nucléaire à l'obsolescence programmée), déchet symbolique (de la dette aux chômeurs) et déchet culturel (de la pub à l'art moderne).

Le tout ponctué de courts dialogues humoristiques et d'aphorismes.

Jean-Luc Coudray montre, non sans humour, que le déchet n'est pas une anomalie mais fait, au contraire, partie intégrante du système qu'il finit par structurer économiquement, symboliquement et culturellement. Le déchet étant une composante incontournable de nos modes de vies et de nos cultures, ce guide tente d'assimiler par la pensée cet objet inassimilable.

Structuré en plusieurs parties, l'ouvrage se penche tout d'abord sur le déchet physique et la question des déchets autoproduitifs et de l'obsolescence programmée. Il pose certaines questions de base telles que : la nature est-elle capitaliste ?

Après quoi, il aborde le statut du déchet symbolique à travers diverses formes de gaspillage (du sport à la loterie) et en arrive à la culture du déchet (de la publicité aux diverses formes d'artifice) et interroge l'invention de la laideur pour, enfin, se pencher sur les relations qui existent entre déchets et art moderne.

Il termine par un examen du jeu de l'ordre et du désordre, du puritanisme et de la pornographie ou encore la peur de la nature. Le tout ponctué de dialogues d'un humour et d'une justesse souvent atroces.

### Les mirages de l'éolien

Grégoire Souchay

Éditions du Seuil, 2018

128 pages

Version papier : 12 euros

Version numérique : 8,49 euros

<http://www.seuil.com/ouvrage/les-mirages-de-l-eolien-gregoire-souchay/9782021392449>

Devenues un symbole de « la transition énergétique », les éoliennes sont aujourd'hui partout : sur les crêtes du sud du Massif central, dans les plaines du Centre, du Nord et de la Champagne, des monts du Morvan aux littoraux occitans, et bientôt au

large de la Bretagne et de la Normandie. Comme on l'imagine, ceux qui voient l'éolien comme une technologie fiable et très compétitive estiment qu'il faudrait le développer sans attendre, dans un calendrier que la crise climatique impose comme une

évidence. Mais d'autres, plus nombreux qu'on ne le pense, s'opposent à ce développement aveugle et dénoncent l'« industrialisation de la campagne ».

Ces conflits révèlent en réalité la fracture entre deux visions de

l'écologie : développement durable et acceptation du capitalisme *versus* sobriété et désir d'émancipation. Les uns raisonnent en entrepreneurs, les

autres critiquent les effets politiques et sociaux sur une communauté de vie. Les uns se veulent spécialistes de l'énergie, les autres parlent de

paysages et de protection de la nature. Alors, « pari gagnant » ou « grande arnaque » ?

### Drawdown. Comment inverser le cours du réchauffement planétaire

Paul Hawken  
Actes Sud, 2018  
576 pages

Version papier : 35 euros

Version numérique : 25,99 euros

<https://www.actes-sud.fr/catalogue/agriculture/drawdown-comment-inverser-le-cours-du-rechauffement-planetaire>

Nous savons qu'il nous reste peu de temps pour agir. Un nombre toujours plus important de scientifiques nous mettent en garde : dans quelques années, il sera trop tard. Le changement climatique menace de défaire le tissu social, de saper les fondations mêmes de la démocratie et de précipiter la disparition de nombreuses espèces. Dont l'être humain.

Fort de cette urgence, « Drawdown » propose une feuille de route à l'usage des gouvernements, des territoires,

des villes, des entreprises et de chacun d'entre nous. Plutôt que de baisser les bras, ce livre veut nous aider à surmonter la peur, la confusion et l'apathie, pour passer à l'acte.

Drawdown désigne le point de bascule à partir duquel la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, après avoir atteint un pic, se met à diminuer d'une année sur l'autre.

L'objectif de ce livre est de nous aider à engager cette bascule.

Pour y parvenir, Paul Hawken et 70 chercheurs ont élaboré un plan inédit : 80 solutions pour inverser le cours du changement climatique. En décrivant leurs impacts positifs sur le monde financier, les relations sociales et l'environnement, ils nous enjoignent à organiser notre action : commencer par ce qui aura le plus d'impact et construire une stratégie globale.

Nous disposons de tous les outils nécessaires, à nous de nous mettre au travail.

### Airvire ou la face obscure des transports

Laurent Castaignède  
Écosociété, 2018  
344 pages

Version papier : 25 euros

Version numérique : 18,99 euros

<https://ecosociete.org/livres/airvire>

L'omniprésence des transports motorisés dans nos sociétés nous a imposé une telle « culture de la mobilité motorisée » qu'il est tentant de considérer ces multiples machines comme une nouvelle génération de dinosaures énergivores et polluants. Ces monstres modernes qui saturent l'air de nos métropoles et participent à la déstabilisation du climat seraient-ils devenus une nouvelle espèce hégémonique, non pas herbivore ou carnivore, mais objectivement « airvire » ?

Les discours convenus se veulent rassurants : en matière de consommation de carburants et d'émissions polluantes, les voitures neuves seraient de plus en plus efficaces,

les trains devenus parfaitement propres grâce à leur électrification, les navires, toujours aussi discrets malgré leur gigantisme, et les dernières générations d'avions, plus sobres que jamais. Pourtant, on ne cesse d'enregistrer des pics de pollution et de lancer des alertes sanitaires dans de nombreuses zones urbanisées qui n'en finissent plus de suffoquer. Comment se fait-il que, considérés un à un, les moyens de transport semblent exceller, alors que, pris dans leur ensemble, ils échouent à réduire la pollution urbaine et les émissions de gaz à effet de serre ?

Quel sera le destin de ces machines « airvires » ? Vont-elles finir par

disparaître d'elles-mêmes à la suite d'une gigantesque panne sèche ou bien s'éteindre dans un « airpocalypse » surchauffé ? Est-il encore temps d'agir pour les dompter ? Dans une enquête historique et sociologique inédite et minutieuse, Laurent Castaignède retrace l'épopée de leur irrésistible ascension et expose leurs impacts environnementaux et sociaux. L'expansion du parc motorisé ne donnant aucun signe d'essoufflement, l'auteur passe au crible les innovations en vogue pour en faire ressortir les limites. Il propose aussi un ensemble de mesures radicales mais pragmatiques qui permettraient de relever le double défi sanitaire et climatique. ■