

27-28 juin 2009

Essai de lecture systémique de la crise mondiale
financière, économique, sociale, écologique, éthique.

La crise financière mondiale qui s'est développée depuis septembre 2008 et qui est en train de se prolonger au travers d'une crise économique puis sociale, montre l'urgence de faire émerger de nouveaux paradigmes. Il est révélateur que la grande presse et les médias aient parlé pour la première fois de "crise systémique" pour qualifier la situation actuelle.

Tous les paramètres concernant la vie... et même la survie de l'Humanité semblent concernés de manière interactive et dynamique par l'étendue même de la crise. Songeons en particulier à sa dimension écologique, avec le péril du réchauffement climatique, et à sa dimension éthique, avec la perte du goût de vivre et la disparition des repères qui jusqu'alors fondaient la cohésion de nos sociétés.

Peut-on, à partir de la pensée de la complexité et de l'approche systémique, proposer une lecture des événements actuels intégrant dans une vision globale et interactive les variables financière, économique, sociale, écologique et éthique ?

**ShareAlike**

This work is licensed under the
Creative Commons
Attribution-NonCommercial-NoDerivs
License

Ce travail est protégé par une licence
Creative Commons
(559 Nathan Abbott Way, Stanford, California 94305, USA)
au profit de l' association
AFSCET

**Il peut être copié et distribué gratuitement, uniquement dans un but non-commercial,
mais sans modification, et à condition que soit indiqués
It can be copied and distributed, only in a non-commercial purpose, but without
modification, and provided with the indications of**

la source : <http://www.afscet.asso.fr/crise/pbgaia.pdf>

le titre : **La nature vivante "peu perceptible", "continuellement changeante" et "incomprise" de l'organisme que l'homme appelle Terre. Un dernier avertissement... à l'humanité.**

l'auteur : **Bricage P.**

l'année : **(2009)**

la pagination : **8 p.**

la publication : **Lecture systémique de la crise mondiale, Journées Afscet, Andé**

La nature vivante, “peu perceptible”, “continuellement changeante” et “incomprise”, de l'organisme que l'homme appelle Terre. **Un dernier avertissement... à l'humanité.**¹

Commentaire de l'ouvrage The Vanishing Face of Gaia. A final warning., de James LOVELOCK (avril 2009).

Pierre BRICAGE

sciences biologiques & sciences sanitaires et sociales,

Faculté des Sciences & Techniques, Université de Pau et des Pays de l'Adour, 64000 Pau, France.

pierre.bricage@univ-pau.fr

résumé : The Vanishing Face of Gaia. A final warning for men !

Ce livre est un essai de “compréhension” scientifique, naturaliste et éthique, de notre “possible” avenir..., la dernière “mise-à-jour” d'un **modèle global** permettant de comprendre la complexité des changements imposés à l'évolution biologique et physico-chimique de la Terre par l'apparition des systèmes anthro-techniques².

La “finalité” du système Gaïa est ce que Lovelock nomme **l'habitabilité**³. Mais l'habitabilité **pour qui ?**

« **Trop tard pour l'humanité...** » Celle-ci, à supposer qu'elle puisse arriver à changer ses comportements, qui depuis des siècles détruisent les équilibres naturels, qui existaient⁴ avant l'arrivée de *Homo sapiens techneticus*⁵, ne pourra plus empêcher la survenue des conséquences catastrophiques de ses destructions, **le point de non retour** (tipping point) est dépassé. C'est ce qu'il affirme, soutenu par des centaines de travaux scientifiques.

Observé de l'espace, par un biologiste extra-terrestre, **l'organisme** de Gaïa apparaît comme **une symbiose**.

Des **phénomènes d'auto-régulation**, qui échappent à l'humanité, s'y produisent à un rythme lent à l'échelle humaine, mais **inéluctables à l'échelle de Gaïa**,... ils peuvent brutalement engendrer des changements destructeurs.

Quel est l'avenir de toutes les formes de vie que notre planète porte en elle et qui la supportent avec elle ?

L'espèce humaine pourra-t-elle être encore accueillie ? En a-t-elle la capacité ?

A final warning before a final warming and a final war ? “Apocalypse” and peace now ?

1 _____ pour citer ce travail : Bricage P. (2009) La nature vivante “peu perceptible”, “continuellement changeante” et “incomprise” de l'organisme que l'homme appelle Terre. Un dernier avertissement... à l'humanité. **Lecture systémique de la crise mondiale**. Journées Afscet, Andé, 8 p. <http://www.afscet.asso.fr/crise/pbgaia.pdf> et <http://www.afscet.asso.fr/crise/pbcrise.pdf>

2 _____ “systèmes anthro-techniques” : (selon Lovelock) **un ensemble de systèmes sociaux évolutionnaires associant “symbiotiquement”, des humains, déterminés génétiquement pour se comporter en prédateurs tribaux, et des technologies, qui augmentent plus rapidement les capacités destructrices que les capacités cognitives de ces humains.**

Reste à “définir” ce qu'est la symbiose ! (Sapp, 1994; Bricage, 1986, 2001b) ..., car, elle est encore toujours décrite comme une association à bénéfices réciproques, “gagnant-gagnant” !, et, **même Lovelock prend cette “mauvaise” définition de la symbiose** (Sciama, 2007) !

“Mauvaise”, car **jamais il n'y a d'avantages sans inconvénients** (Bricage, 1998).

“Mauvaise”, car comme toute structure émergente, elle est **à la fois plus et moins que la somme de ses acteurs**.

Les partenaires y sont **à la fois gagnants et perdants** et indissociables : **à la fois ils existent et n'existent plus**.

C'est **une association à avantages et inconvénients réciproques et partagés** (Association for the Reciprocal and Mutual Sharing of Advantages and DisAdvantages ou ARMSADA) (Bricage, 2000b, 2001b) : <http://www.armsada.eu>.

La seule entité existante, et le seul gagnant, est le TOUT (Bricage, 2001a, 2003 a & b).

3 _____ C'est ce que j'appelle la **“capacité d'accueil” de l'écoexotopie** (Bricage, 2002a).

4 _____ L'homme n'est plus en adéquation avec la **capacité d'accueil de Gaïa**, en la détournant pour lui seul (Bricage, 1991b), il diminue ce que j'appelle la **“capacité d'être accueilli” de son endophysiotope** (Bricage, 2000b).

Toute forme de vie est intégrée à un écoexotopie d'accueil, un sol par exemple, dont elle est inséparable (Bricage, 2003 a).

5 _____ du grec **technet** artificiel, à ne pas confondre avec **technit** artiste, artisan, **techn** métier, art, ou **tecn** rejeton, jeune pousse (Cailleux & Komorn, 1981). **L'homme est un “artefact” de l'évolution, co-auto-construit “par lui-même et pour lui-même”.**

artefact : du fait... de l'art, du travail, du métier, « structure ou phénomène, d'origine artificielle ou accidentelle, rencontré au cours d'une observation ou d'une expérience portant sur un phénomène naturel » (Petit Larousse, 1986)

L'homme, “auto-co-domestiqué”, s'applique, tôt ou tard, toujours, à lui-même, ce qu'il a mis au point pour ses animaux ou plantes domestiques (culture de masse, standardisation, contrôle de la reproduction, transgénèse).

l'auteur : James E. Lovelock <http://www.ecolo.org/lovelock/>

Centenaire dans 10 ans, le britannique est un écologiste de terrain et **un scientifique pragmatique**⁶..., il a contribué à divers brevets (qui lui assurent son autonomie financière) dont la construction d'un instrument scientifique pour mesurer **la destruction de la couche d'ozone** atmosphérique par les dérivés des CFC⁷ (ChloroFluoroCarbures).

Auteur de plus de 200 articles scientifiques, il est co-auteur, avec Lynn Margulis⁸, de **l'hypothèse Gaïa**.

"Accueillie avec indifférence"..., l'hypothèse est devenue, après vérifications expérimentales, la théorie Gaïa¹⁰, théorie à laquelle il a consacré plusieurs livres¹¹, dont

- **Les Ages de Gaïa**. (1990) Éditions Robert Laffont, La Fontaine des Sciences, Paris, 291 p.

- **La Terre est un être vivant**.¹² **L'hypothèse Gaïa**. (1999) Éditions Flammarion, Champs, Paris, 183 p.

Lovelock s'attache surtout à **une approche cybernétique du système climatique**, qu'il considère **d'un point de vue utilitaire**. Il calcule même **la valeur monétaire de la régulation** de la composition de l'atmosphère par les êtres vivants pour montrer à quel point sa destruction pourrait être préjudiciable à **l'économie**..., il est membre de l'Association des Écologistes Pour le Nucléaire (AEPN), car il estime que cette industrie est moins dangereuse pour Gaïa (**Tableau 1**, p. 69) que l'usage des combustibles fossiles et que les craintes qui entourent le nucléaire sont "peu rationnelles", il intervient dans le film **"Nous resterons sur Terre"** de Pierre Barouquier et Olivier Bourgeois (avril 2009), avec Edgar Morin et Mikhaïl Gorbatchev <http://pro.nousresteronssurterre.com>.

Le message du livre : quelle place pour l'humanité dans le vivant ?

Il faut commencer par le glossaire, à la fin du livre (p. 163-168), qui donne la définition de tous **les mots clés** : albédo, ..., **biosphère**, **consilience**, **écosystème**, effet de serre (greenhouse effect), ..., **hysteresis**, rétro-actions (positive or négative **feedback**), système, théorie du **chaos**. Puis, s'il n'y a qu'un chapitre à lire, il faut lire le premier.¹³

1. La théorie Gaïa¹⁴ : comment fonctionne l'organisme terrestre ?

Le nom de Gaïa fut utilisé pour désigner ce qu'il évoquait dans ses premiers articles par le terme "peu spectaculaire" de « **Earth System Hypothesis** » traduisible par "Hypothèse selon laquelle la Terre se comporte **globalement** comme un Système **intégré** évolutionnaire" (Bricage, 1991b). "Baptiser" une hypothèse du nom d'une déesse représentative de "la Terre nourricière", lui valut à la fois une indéniable notoriété populaire et beaucoup d'incompréhension scientifique. Il lui fallut attendre 2001, avec la déclaration d'Amsterdam, signée par un millier de scientifiques appartenant à l'**Union Géophysique Européenne**, pour que le concept de Gaïa soit reconnu et énoncé de la façon suivante : « **Le système de la Terre se comporte comme un système intégré (unique) auto-régulé comportant des constituants physiques, chimiques, biologiques et humains** ». Et, la vie c'est l'eau.

6 _____ Lovelock est né le 26 juillet 1919, à Letchworth (Grande-Bretagne). Il étudie la chimie à l'Université de Manchester puis entre au Medical Research Council ("Conseil" de Recherche Médicale) de Londres. De 1960 à 1970, sous contrat avec la NASA, il travaille à la mise au point d'instruments d'exploration des planètes par des sondes automatiques. Il propose alors l'analyse de l'atmosphère de **la planète Mars** car, s'il y existait une vie, il lui faudrait, comme sur **la planète Terre**, utiliser l'atmosphère pour **y puiser des matières premières et y évacuer ses déchets**, et cela en modifierait la composition ("signant" la présence de la vie).

7 _____ gaz complètement fluorés et/ou chlorés (alcane halogénés) <http://fr.wikipedia.org/wiki/Chlorofluorocarbone>

8 _____ Née en 1938, Lynn Margulis, microbiologiste américaine, professeure à l'université du Massachusetts, est la conceptrice de la **théorie endosymbiotique** de l'origine de la cellule eucaryote (Margulis, 1981). Elle propose qu'elle est le résultat d'une **suite d'associations symbiotiques** avec différents procaryotes. Après avoir considéré l'idée avec méfiance, la communauté scientifique l'a validée (Margulis & Sagan, 1985). Lynn Margulis http://fr.wikipedia.org/wiki/Lynn_Margulis soutient que la Terre n'est pas homéostatique mais **homéorhétique** (du grec rhaes : briser) les composants atmosphérique, hydrosphérique et lithosphérique sont régulés autour de points homéostatiques, mais ils **changent au cours du temps**, ce qui est le signe d'**écophases** (Dussart, 1979).

9 _____ En fait la cellule **eucaryote** est **une endosyncénose**, qui provient de la juxtaposition et de l'emboîtement (Bricage, 2001a) de monères préexistants (Bricage, 2003a) en une **ARMSADA**, probablement à la suite d'une fusion virale (Bricage, 2005a, b & c).

10 _____ Dans un article de 1972 Lovelock expose sa théorie selon laquelle la composition de l'atmosphère terrestre est **régulée par les êtres vivants, notamment les bactéries**. Ce sont les articles scientifiques publiés en 1974 avec Lynn Margulis qui exposeront et "accréditeront" l'hypothèse Gaïa http://en.wikipedia.org/wiki/Gaia_hypothesis.

11 _____ site de référence pour la biographie de Lovelock : http://fr.wikipedia.org/wiki/James_Lovelock

12 _____ « **Bien sûr, la Terre n'est pas vivante comme vous et moi, ou une bactérie, et dans ce sens, c'est une métaphore. Mais après tout, il ne manque à Gaïa que la reproduction.** » James Lovelock (Lovelock, 2009).

13 _____ *The Journey in Space and Time*. Chapitre 1., p. 1-22. Qui, en fait, est le résumé et le bilan du livre.

14 _____ *The History of Gaia Theory*. Chapitre 6., p. 105-122.

Cette définition n'a jamais satisfait Lovelock, qui, dans ses ouvrages, explique que **le terme d'auto-régulé n'a pas de sens si n'est pas précisée la finalité que tend à maintenir cette auto-régulation**. Pour lui, cela désigne seulement le **"phénotype" global émergent** qui résulte d'un certain **état d'équilibre, lui-même produit de l'autorégulation¹⁵, et qui s'impose en retour comme contrainte d'ensemble (globale) aux variations (locales) des facteurs**, ce, tant que ces variations se font **dans des limites compatibles avec l'équilibre durable de l'ensemble**.

La finalité, pour Lovelock, du système Gaïa est l'habitabilité. Mais pour qui ? Pour Gaïa !

Le système Gaïa s'est développé à partir de l'action combinée et interagissante de 3 types d'actions : - des changements physiques (géologiques, océaniques, atmosphériques), - des changements biologiques (apparition des premières entités vivantes, des bactéries, puis des cellules puis des métaphytes et des métazoaires), - des changements anthropo-techniques. **L'habitabilité, état émergent final**, résulte du fait que tous les constituants, bien qu'évoluant **localement**, séparément, selon leurs propres rythmes et dans leur propre espace, influencent **globalement** la croissance et le développement des autres participants. Ainsi est apparu "un monde terrestre" que peuvent habiter les organismes vivants "terrestres" mais qui est aussi régulé par le maintien des niches écologiques qu'ils y produisent et y maintiennent en s'y développant et en se reproduisant. Le système a ainsi fourni des "havres habitables"¹⁶ pour les premiers humains – ceci jusqu'au moment où la prolifération de ceux-ci et de leurs moyens de destruction massive (le feu, les outils, les technologies modernes) ont empêché **les autres acteurs** de continuer à jouer leurs rôles locaux indispensables à l'auto-régulation globale "comme le font les organites semi-autonomes d'une cellule" (Bricage, 2005a).

L'auto-régulation du système Gaïa est robuste et "glocale".¹⁷

Pendant près de 4 milliards d'années les extinctions massives se sont multipliées, mais l'habitabilité de la Terre par les organismes vivants a résisté à de multiples accidents, géologiques, astrophysiques, et même provoqués par les organismes vivants. Cependant l'habitabilité pourrait disparaître **à la suite de perturbations, trop fortes ou trop rapides, ne permettant pas l'inter-adaptation** des divers facteurs. Ce pourrait être la chute d'un méga-astéroïde, une guerre nucléaire générale ou un réchauffement brutal (comme celui observé actuellement ?). Mais, avant que les éléments les plus fragiles, anthropologiques d'abord et biologiques ensuite, ne soient éliminés au profit d'un équilibre matériel stable, mortel pour la vie, le système peut **se rééquilibrer** (Bricage & al., 1989) mais **à des niveaux plus restrictifs**, ne permettant la survie et le développement que d'espèces s'étant adaptées à ces nouvelles conditions. **« Cette co-auto-régulation conduira à des modes de fonctionnement, que les hommes, s'ils ont survécu, sous quelque forme que ce soit, qualifieront de "dégradés", mais que les méduses ou les bactéries thermophiles "apprécieront..." »** **« Tout est relatif... »** (Bricage, 2007a), **« Le malheur des uns fait le bonheur des autres », et réciproquement... « Le bonheur des uns fait le malheur des autres »¹⁸**.

2. Un réchauffement global (a final warming) : les causes, l'ampleur.¹⁹

Pour la **géophysique**, l'évolution du climat relève de **causes matérielles** : éruptions avec dégazages, impacts d'astéroïdes, dérives des continents, modifications des interactions entre la Terre et le soleil. Longtemps, ces causes furent les seules prises en compte. Pour la **biologie**, elle relève des produits de l'activité des organismes vivants : oxygène et CO₂, méthane, "déchets" ayant des conséquences **à la fois** sur le climat et les équilibres vitaux. Ce ne fut que trop tard, et non sans difficultés, que les biologistes purent faire valoir leurs arguments, montrant comment la production d'oxygène puis de CO₂ par les organismes **intégrés dans les sols** avait modifié les climats. Ce n'est que très récemment que les tenants des deux approches ont enfin compris qu'elles n'étaient **pas mutuellement exclusives** mais **au contraire mutuellement complémentaires et inter-dépendantes** et que tous ces facteurs entraient en jeu simultanément, provoquant des effets d'inter-actions, **difficiles à analyser et plus encore à prévoir...**, et que c'était **l'éco-système global Terre**, c'est-à-dire l'association de la vie et de son environnement de survie, qui jouait le rôle de co-auto-régulation, **permettant l'adaptabilité locale, dans certaines limites, glocales**, de toutes les espèces vivantes.²⁰

Le problème n'est-il que climatique ? Dans les premiers chapitres, Lovelock présente les mesures récentes, et les images (en pages centrales) de la fonte des glaciers terrestres et des glaces marines arctiques...

15 _____ C'est ce que j'appelle **"la loi systémique constructale"** (Bricage, 2007b & c).

16 _____ des **"niches" écologiques** (Bricage, 1986), c'est-à-dire **"un écoexotopie d'accueil"** (Bricage, 2000a, 2002a).

17 _____ glocale : **à la fois** globale et locale, le local agissant sur le global et réciproquement (Bricage, 2004a & b).

18 _____ **« Il n'y a jamais d'avantages sans inconvénients. "Survivre c'est transformer les inconvénients en avantages et éviter que les avantages deviennent des inconvénients." »** (Bricage, 1998).

19 _____ The Climate Forecast. Chapitre 2., p. 23-45. **clathrate(s)** : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Clathrate>

20 _____ Lovelock a bâti en 1981 le modèle de "physiologie intégrative" du **Daisyworld** montrant la **co-auto-régulation** par l'action conjuguée des facteurs géophysiques et biologiques : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Daisyworld>.

... mais, afin de montrer comment est créée **une fausse impression de sécurité, au sein du grand public et même chez beaucoup de scientifiques**. Cette disparition locale rapide des glaces cache le phénomène global du réchauffement destructeur, car la chaleur disponible, utilisée à la fonte de la glace, ne modifie pas dans l'immédiat les températures globales. « **On peut donc se croire tranquille** », d'autant que des variations aléatoires entre saisons froides et saisons chaudes peuvent laisser penser que le réchauffement global est une illusion. Mais, lorsque toutes les glaces seront transformées en eau, l'augmentation continue de température se fera sentir sans effet tampon, entraînant **des phénomènes d'emballlements destructeurs** : remontée des océans, dégazage du méthane des clathrates²¹, désertifications ici, inondations là, et, **partout**, destruction d'un grand nombre de biotopes vitaux pour les humains.

La carte des prévisions d'occupation de la Terre par les hommes à l'échéance de quelques décennies est effrayante... pour l'homme. Les zones littorales, les plus peuplées et les plus riches, seront submergées par la montée des eaux. Les pays pauvres, côtes du Bangladesh et de l'Inde, seront les premières victimes. Tous les pays seront frappés. Shanghai, New York, Londres, les deltas du Rhin et de l'Escaut seront recouverts par la mer. À l'inverse, toute la ceinture intertropicale de la Terre sera soumise à la désertification, les grands fleuves qui permettent aujourd'hui l'irrigation disparaîtront. Le désert remontera haut vers les pôles dans l'hémisphère nord. En Europe, seuls les pays du grand Nord et les îles océaniques (comme la Grande Bretagne) conserveront un climat un peu tempéré. Les seules bénéficiaires du changement seront les terres arctiques et polaires, comme la Sibérie ou le Nord du Canada ainsi que, à l'autre extrémité du monde, la Nouvelle Zélande, l'Australie côtière et le continent antarctique.²²

Même si le système global de la Terre pouvait se rééquilibrer autour d'une température moyenne accrue de seulement 4°C, il ne s'agirait que d'un **équilibre précaire supposant le fonctionnement à plein régime des processus photosynthétiques comme au Carbonifère...**, il faudrait "encourager" le développement d'une végétation dense et diverse pour peupler les terres nouvellement colonisées. Or **les hommes seront en compétition avec la végétation afin de "continuer à exploiter" ce qui restera d'eau et de terrains cultivables**. S'ils faisaient l'erreur de déboiser..., ce qui demeurerait d'habitabilité, même réduite, disparaîtrait, au détriment en premier lieu de l'homme.²³

Les humains ayant disparu, un nouvel équilibre pourra s'installer, mais "ce phénotype" se situera à un niveau encore plus dégradé. Ce phénomène de rétrogression est un mécanisme de défense "banal" de tout système vivant soumis à une agression. La Terre redeviendra ce qu'elle était avant l'ère du pré-Cambrien.²⁴

3. Les prévisions (a final warning), les obstacles et les solutions.

La théorie Gaïa, **comme toute théorie scientifique, prévoit nombre de phénomènes** que les observations du passé, du présent et du futur peuvent démentir ou vérifier. Or un nombre de plus en plus grand d'observations vérifient aujourd'hui ses prévisions, et laisse craindre que les plus inquiétantes pour notre avenir sur la planète se vérifient... Lovelock s'interroge sur les défaillances des scientifiques dans l'analyse d'un phénomène dont on découvre trop tard l'ampleur. Pourquoi le "très compétent" *International Panel on Climate Change* présente-t-il **des projections linéaires "optimistes pour l'homme"**... démenties par tous ceux qui se livrent aux observations ingrates de terrain, aux pôles et dans les océans ? De telles prévisions heurtent trop d'intérêts pour être encouragées et diffusées ! **Notre cerveau est-il apte à comprendre** le monde alors qu'il n'a pas été construit par l'évolution (Robert, 1984) pour enregistrer **des changements lents**, portant sur **des objets de vastes dimensions et peu observables**, comme l'atmosphère et les océans ? La solution n'est pas dans la croyance en la vertu de grands modèles théoriques faisant appel à beaucoup de mathématiques et d'informatique²⁵, "faciles à établir et difficiles à modifier", mais dans les observations de terrain, coûteuses et demandant beaucoup de courage. Le problème n'est pas le climat mais l'eau !

21 _____ géophysiology p. 100. La terre est bien vivante... Ce n'est pas une métaphore ! Et, elle a la fièvre.

22 _____ Voir les photos des disparitions ("**vanishing**") en pages centrales, ou "on line" les e-cards du **wwf** <http://www.panda.org>

23 _____ To be or Not To be Green. Chapitre 8., p. 134-148.

24 _____ Gaïa a vu d'autres extinctions... Ce n'est pas la première hécatombe (De Wever, 2002; Bricage, 2007a).

Il y a 1 milliard d'années la terre était totalement recouverte de glace. Il y a 540 millions d'années la vie explose. À la fin du Permien, il y a 250 millions d'années, **95 % des espèces vivantes se sont éteintes**. Il y a 130 millions d'années le climat est uniformément chaud, pas de glace même aux pôles, c'est le début de l'ère des dinosaures **qui disparaissent lors d'une extinction massive** il y a 65 millions d'années (De Wever, 2002).

25 _____ La difficulté à rapprocher les modèles d'évolution géophysiques ou biologiques tient à la nécessité de passer de **modèles mathématiques prévoyant des évolutions linéaires déterministes** à des modèles qui imposent le recours à la systémique ou à la théorie du chaos déterministe. De tels modèles ne permettent de prévisions à peu près fiables **que pour les grands nombres et les très longues durées**, ils ne peuvent exclure la survenue, imprévisible et à tout moment, de **phénomènes paroxystiques pouvant être destructeurs, sur le court comme sur le long terme**.

L'obstacle essentiel est **l'enfermement disciplinaire**. Une théorie comme Gaïa suppose une coopération active entre disciplines dont les thèmes demeurent très éloignés : les sciences physiques de la Terre, la météorologie et l'océanologie, les sciences de la vie appliquées à l'histoire et à la description des milieux vivants et la systémique des systèmes anthropotechniques. Leurs méthodes d'observation et leurs instruments sont rarement communs. Non seulement ces domaines restent étrangers les uns aux autres, mais **leurs paradigmes et leurs concepts concernant l'évolution des systèmes et leurs façons de modéliser sont différents**. L'évolution des systèmes anthropotechniques, sous l'angle anthropologique ou géopolitique, n'est pas évoquée. Lovelock se borne à "égratigner" les tenants du **«business as usual»** et les mouvements écologistes qui fondent sur des arguments non scientifiques de véritables croyances.²⁶ Cela n'entache en rien la validité de ses constatations. Un nombre croissant de scientifiques, dont beaucoup sont réticents à s'exprimer, par crainte de retombées négatives pour leur carrière, disent **qu'il est désormais trop tard** pour compter sur la réduction de la production des gaz à effets de serre afin d'éviter une hausse des températures moyennes d'ici 2050²⁷. La réduction des émissions, pour être efficace, devrait être de 75% par an vers 2015 ! Malgré les rares mesures prises à grand peine aujourd'hui, la courbe des émissions restera croissante d'environ 5% par an. Et **une hausse apparemment bénigne de 4° C des températures moyennes détruira les civilisations tels que nous les connaissons**. Au moins plusieurs milliards d'hommes provenant de l'Asie, de l'Afrique et de l'Amérique centrale, se dirigeront vers les rares oasis climatiques, "les radeaux de sauvetage écosystémiques", qui ne permettront la survie que de quelques centaines de millions d'humains mais aussi surtout, d'abord, d'un nombre minimal des **écosystèmes naturels indispensables à la protection de ce qui restera de l'organisme de Gaïa**.

En l'état actuel des technologies, aucune des causes de réchauffement ne pourra être réduites dans les 10 ans. On se trouve en face de mécanismes échappant à tout contrôle de la volonté humaine. Chacun défend son intérêt. Il n'est temps que de préparer deux types de solutions plus hasardeuses les unes que les autres : - **les projets de géoingénierie**²⁸ visant à diminuer l'ensoleillement de la Terre et accélérer les processus d'absorption des gaz à effet de serre (considérés jusqu'ici comme des tentatives des lobbies politico-industriels pour ne pas réduire la consommation de pétrole ou pour faire financer des programmes technologiques, pour remplacer les grands programmes d'armement des décennies passées), avec beaucoup d'argent et une grande prudence scientifique, ces technologies pourraient être **des solutions temporaires**, - **l'adaptation prévisionnelle** visant à organiser dès maintenant la survie des humains sur une Terre dont les actuelles régions habitables et productives seront détruites par le réchauffement.

Les zones les plus peuplées et les plus fertiles seront soit inondées soit désertifiées. On les évacuera au profit de zones inhospitalières aujourd'hui, aux pôles et dans les régions de toundra au nord des continents américain et eurasiatique. Elles permettront tout juste la survie. Des milliards d'humains seront obligés de s'entasser dans des mégapoles verticales afin de libérer le maximum de terres cultivables et d'aires industrielles consacrées à la production d'énergies renouvelables. L'alimentation sera végétale ou artificielle. La vie sauvage actuelle disparaîtra totalement, sur terre et dans les mers. S'il y a des survivants, ne survivront que les bactéries. **La terre appartient aux monères**.

Électronique, confort domestique, domotique, informatique, robotique, **demain l'énergie ne pourra qu'être électrique**. Continuer l'exploitation des combustibles fossiles sera inacceptable ! Même si les consommations de luxe sont sévèrement réglementées, il faudra énormément d'électricité. **L'électricité ne pourra qu'être nucléaire**.²⁹ L'énergie solaire ne représentera qu'un appoint, à condition de ne pas occuper trop d'espace. Les autres sources dites renouvelables seront soit marginales soit sans issue (Sciama & al, 2007). Lovelock s'en prend en particulier à l'énergie éolienne³⁰, dans laquelle il voit un nouveau piège industriel pour les sociétés. En ce qui concerne l'atome : l'uranium ne manquera jamais, les déchets pourront être stockés puis transformés, et le risque technologique est moindre que celui des autres sources. Il salue la France pour sa clairvoyance et l'exemple qu'elle donne au monde, en ayant su installer avec une compétence industrielle et scientifique sans égale la plus forte densité au monde de centrales atomiques par habitant. Car **c'est le meilleur compromis**³¹ (**avantages/inconvénients**) pour **diminuer notre empreinte écologique**.

26 _____ « *But planting crops of sugarcane, beetroot, maize, oilseed rape and other plants solely for fuel production is almost certainly one of the most harmful acts of all.* » p. 12.

27 _____ **temps de latence** : temps qui s'écoule entre le stimulus déclencheur (la cause) et la réponse observée (l'effet). Dans toute organisation temporelle, il est **au moins égal à la durée d'un cycle du phénomène observé** (Bricage, 2005d).

seuil : valeur minimale à atteindre (et à dépasser) pour obtenir un effet (masse critique, effectif critique).

28 _____ **Geoengineering**. Chapitre 5., p. 92-104.

29 _____ **Nuclear Energy**., p. 68-76. & **Fossil Fuels**., p. 77-80. *In* Energy and Food sources. Chapitre 4.

30 _____ **Wind Energy**., p. 81-86. *In* Energy and Food sources. Chapitre 4.

31 _____ **Tableau 2**, p. 83. Le charbon est le pire émetteur de CO2.

conclusion : “ce qu'il aurait pu dire...” “a final war between men.”³²

Les scientifiques, climatologues et ingénieurs qui envisagent ces solutions ne sont pas nombreux. La majorité préfère faire ce qui a jusqu'ici toujours été fait : se fier à la providence... d'événements ou de découvertes qui modifieraient le diagnostic. Ainsi peut-on “continuer sans rien changer”, même si la survenue de crises de plus en plus violentes, comme nous commençons à en vivre, dément la pertinence d'une telle inconscience... ou insouciance ?

Malgré ces mesures, à supposer qu'elles puissent être décidées et appliquées, dans l'ambiance de guerre que provoquera la crise climatique, l'avenir sera si sombre, que l'humanité traversera certainement une grave crise morale, avec augmentation de la délinquance, des suicides et refus de la reproduction. Les spécialistes des grands systèmes collectifs mettent en garde contre une crise sociétale. Les procédures d'évacuation et de réimplantation, la gestion nécessairement autoritaires des ressources subsistantes, le contrôle des affrontements entre les mieux dotés et les autres, les conflits religieux et ethniques, nécessiteront des appareils d'administration publique et de gouvernement mondial **dont les organisations nationales et internationales actuelles sont totalement incapables**. Rien ne prouve que demain elles en soient capables. Si à cela s'ajoutent des guerres et affrontements, ainsi que des pandémies inévitables (Bricage, 1999), la population pourrait tomber en deux ou trois générations, à un milliard d'humains.³³ La crise biologique serait le préalable pour assurer la survie de l'espèce, et seulement si elle change son comportement... pour éviter une crise écologique. “Les mêmes causes produisant les mêmes effets”, « **Celui qui oublie les leçons du passé est condamné à les revivre.** »..., il est devenu “vital” d'adopter les versions les plus pessimistes des prévisions.³⁴ Certes, les gros dégâts n'affecteront que nos enfants ou nos petits enfants. Pourquoi s'en inquiéter déjà ? Nombre de ceux qui détiennent le pouvoir se rassureront, se disant qu'ils ne verront pas tout cela. Sauf aveuglement et égoïsme, il faut dès maintenant se préparer au pire, pas seulement en élaborant des modèles réalistes, mais d'abord en réduisant fortement nos trains de vie qui sont déjà condamnés. Les plus jeunes ou les plus aventureux y trouveront peut-être d'autres stimulants que ceux que n'offrent plus notre société mondiale libérale de consommation.

discussion : “pour approfondir et compléter” “le message de Gaïa”³⁵
“ce qu'il ne dit pas”...**a final war between “Man related” species and “Gaïa related” species ?**

Dawkins avait “ridiculisé” l'hypothèse Gaïa... : les gènes “égoïstes” se battent pour survivre dans un milieu, si les phénotypes modifient ce milieu, cette aptitude à modifier ne peut se transmettre héréditairement. Lovelock fustige la rigidité des “néo-darwiniens”, illustrée par cette objection selon laquelle les espèces vivantes s'adaptent aux changements du milieu et ne peuvent les provoquer afin d'en faire des facteurs d'évolution globale.³⁶ Car des groupes d'animaux (ou de phénotypes) peuvent constituer des “super-organismes”, **nouveau niveau d'organisation** (Bricage, 1986, 2000a, 2002c) capables d'évoluer par mutation/sélection comme un Tout, et de construire des écoexotopes nouveaux au sein desquels se poursuit, ou non, l'évolution des génotypes (**concept de “sélection de groupe”**).

Le **fonctionnement co-auto-régulé des acteurs** d'une ruche contribue à son habitabilité, non seulement pour les abeilles, mais aussi pour tous les organismes, utiles ou nuisibles, qui y vivent. Cette habitabilité peut-elle être présentée comme la finalité de la ruche ? La ruche est **un état émergent, temporaire et fragile** (Cox-Foster & van Engelsdorp, 2009), concernant non seulement **localement la ruche**, mais **globalement l'espèce “abeille”** et plus généralement **l'éco-système local** où elle se développe, et qui inclut (malgré l'abeille ?) les apiculteurs et les agriculteurs... Cet état se maintient jusqu'à ce qu'un pesticide, que l'endophysiotope de la ruche ne peut pas éliminer, soit déversé dans l'air ou l'eau (ou le sol) de son écoexotope... (Bricage, 2004c, 2009).

32 _____ par analogie avec le sous-titre « A final **warning** » : warning (**attention danger**), **warming** (réchauffement), **war** (guerre).

33 _____ « **The ethics of “a lifeboat world” where the imperative is survival are wholly different from those of the cosy (but costly !)** **self-indulgence of the latter part of the twentieth century... how we will decide who among the thirsty will be allowed aboard.** » p. 12.

34 _____ To the Next World. Chapitre 9., p. 149-162.

35 _____ « **Make no mistake, our instinctive fear of the wild is sound: wholly natural places are inimical to innocent city folk as is the landscape of an alien planet... : all these livings are potentially dangerous to us should we settle near them.** » p. 9.

36 _____ Et pourtant c'est le cas ! Lorsque les conditions deviennent trop changeantes, des bactéries sont capables de modifier leur écoexotope, ou leur endophysiotope, pour en augmenter la mutagénicité (Laurent, 2003). Ce qui aboutit à une plus grande diversité de leurs génotypes, et même si la presque totalité meurt, il en reste toujours suffisamment qui survivent (et se survivent).

Tout se passe comme si Gaïa, par son changement climatique, rééquilibrait sa **capacité d'accueil** en faveur des organismes anciens, dont la **capacité d'être accueilli** a fait ses preuves dans le passé, en défaveur de l'espèce humaine et de ses formes de vie associées, les plantes et animaux **"domestiques"**, **de la maison de l'homme**³⁷ **mais pas de celle de Gaïa !** Gaïa, en considérant **indissociablement ses acteurs biotiques et abiotiques**, possède les 7 caractéristiques fonctionnelles de toute entité vivante (Bricage, 1991b, 2000a) : la mobilisation de flux de matière et d'énergie (Kelemen, 2009), le mouvement interne (séismes) et externe (périple autour du soleil), la capacité de réagir à des stimulations (fonte des glaces), la croissance (en masse de vie !), l'organisation spatiale et temporelle (Bricage, 2005d), l'intégration (au sein du système solaire)³⁸ et, maintenant qu'existe l'espèce humaine (la seule capable de voyager dans l'espace interplanétaire), celle de reproduction globale. L'homme est une **espèce clé-de-voute** pour Gaïa³⁹, car il sait re-produire ("bouturer") des écosystèmes pour re-construire une biosphère ailleurs. Mais, **pour tout système vivant la reproduction est un luxe, qui passe après sa survie**. Gaïa, organisme homéotherme, "a la fièvre", pour lutter contre une infection parasitaire (de type "viral")⁴⁰ par l'homme, tout comme notre organisme a la fièvre... seul moyen de lutte contre un virus comme celui de la grippe (Bricage, 1999) ou un cancer (Bricage, 2008). Pour Gaïa, l'espèce humaine peut être à la fois la **pire ou la meilleure** des "acquisitions" évolutives, comme certains virus sont indispensables à la vie, ceux qui lui permettent de survivre et de se survivre (Bricage, 2008), alors que d'autres virus apparentés sont létaux, pour la vie et pour eux-mêmes ! Seules survivent les ARMSADA (Bricage, 1991b, 1998, 2002b). Les gisements de fossiles sont remplis d'espèces qui après avoir envahi toute la biosphère ont toutes totalement disparu (Bricage, 2007a) : **il y a toujours plusieurs solutions d'équilibre** (Bricage, 1991a),... **avec ou sans l'homme ?**

références : les associations symbiotiques, les lois du vivant "vivant"

Bricage P. (1986) Organisation et niveaux d'intégration. p. 4. *In Documents pour les travaux dirigés de biotechnologie. DEUG Études et Gestion des Ressources Naturelles, Fac. Sciences, Univ. Pau*, 55 p.

Bricage P. (1991a) Évaluation des interactions entre la densité et diversité des chenilles de Lépidoptères et les diversité et degré de défoliation des feuillus d'un bois. Mesure de la polyphagie et prédiction des pullulations potentielles. *Acta Entomologica Vasconae* 2: 5-21.

- Les caractéristiques du vivant "vivant" :

Bricage P. (1991b) *Les Caractéristiques des Organismes Vivants*. Bibliothèque Fac. Sci. Univ. Pau, A.P.I.D.S., 44 p.

Bricage P. (1998) La Survie des Systèmes Vivants. *Atelier fondateur de MCX20 "Prendre soin de l'homme", Centre Hospitalier Général de Pau*, 19 oct. 1998, 3 p.

Bricage P. (1999) Enquête publique relative à l'extension d'un élevage concentrationnaire de canards en gavage Le GAEC Fardiel, à Lasclaveries. Préfecture de Pau, 08/01/99, vol. 1: 16 p., vol. 2: 38 p.

Bricage P. (2000a) La Survie des Organismes Vivants. *Atelier AFSCET "Systémique & Biologie". Fac. Médecine des St Pères, Paris, 4 fév. 2000*, 44 p. <http://www.afscet.asso.fr/SURVIVRE.pdf>

Bricage P. (2000b) Systèmes biologiques : le "jeu" de la croissance et de la survie. Quelles règles ? Quelles décisions ? Quels bilans ? *La décision systémique : du biologique au social. Ateliers AFSCET, Paris, Institut International d'Administration Publique, 25 nov. 2000*, 6 p. <http://www.afscet.asso.fr/JdVie1.pdf>

Bricage P. (2001a) Pour survivre et se survivre, la vie est d'abord un flux, ergodique, fractal et contingent, vers des macro-états organisés de micro-états, à la suite de brisures de symétrie. *Atelier AFSCET "Systémique & Biologie", Paris, Institut International d'Administration Publique, 11 p.* <http://www.afscet.asso.fr/ergodiqW.pdf>

- Les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés :

Bricage P. (2001b) A new evolutionary paradigm : the Associations for the Mutual Sharing of Advantages and of Disadvantages. *In The creation of a sustainable society depends on Innovative Systems Thinking. 100th Anniversary of Karl Ludwig von Bertalanffy's International Conference on Systems Thinking "Unity through Diversity", Vienna, Österreich* 1 p.

37_____ Pour les plantes de grande culture (pomme de terre, betterave, luzerne, blé), le rendement dépend du pH du sol. Lorsqu'un agriculteur cherche à cultiver du blé (pH optimal supérieur à 7), là où il ne pourrait obtenir un bon rendement que pour la pomme de terre (pH optimal 6,0), il doit "amender" le sol, **le métamorphoser en un autre écosystème**. Et c'est difficile, car un écart de pH de 1 c'est un écart de concentration en "acidité" de 10 fois. Un sol, c'est **une multitude d'organismes vivants qui ne forment qu'un**. Changer le pH du sol c'est aussi les faire disparaître tous. **Toute forme de vie lutte pour sa survie**. Ce serait inconscient et illusoire de ne pas le croire. C'est donc **une lutte à mort de l'homme (et de ses plantes et de ses animaux domestiques) contre tous les autres êtres vivants** "sauvages" déjà présents avant l'homme et adaptés à Gaïa mais "inutiles" à l'homme (Bricage, 2009).

38_____ (*In Collectif, 1995*) mouvements : séismes (p. 18.), réactions aux stimulations : El Nino (p. 9.), La couche d'ozone (p. 12-13.), l'atmosphère (p. 64-65.), croissance : monde vivant (p. 32-33.), flux de matière & énergie : érosion des côtes (p. 10-11.), icebergs (p. 14-15.), volcanisme (p. 18-19.), organisation spatiale et temporelle : ères géologiques (p. 34-35.), amazone (p. 44-51.), intégration : planète mars (p. 134-135.), reproduction : bactéries de l'extrême (p. 20-21.).

39_____ **Lovelock croit que l'humanité est le système nerveux** (Sciama, 2007) **(capacité de réactions aux stimulations) de Gaïa, et qu'il lui manque la reproduction** (voir note 10), **alors qu'elle en est le système reproducteur**.

40_____ "Vus de l'espace" les effets de l'humanité apparaissent comme des **"plages de lyse"** sur **"un tapis vivant"** dense.

Bricage P. (2002a) Héritage génétique, héritage épigénétique et héritage environnemental: de la bactérie à l'homme, le transformisme, une systémique du vivant. *Évolution du vivant et du social: Analogies et différences. Colloque AFSCET Andé*, 20 p. <http://www.afscet.asso.fr/heritage.pdf>

Bricage P. (2002b) Only sustainable development can ensure both care of the environment and intra-generational equity. In 2.5. *Environmental care, intra-generational equity, inter-generational justice, good governance leading to solidarity and equity. Global Ethics for a Humane World*, 1 p. <http://fsw.kub.nl/globus/conference>

Bricage P. (2002c) The Evolutionary "Shuttle" of the Living Systems. *5th European Systems Science Congress 16th-19th Oct. 2002, Hersonissos, Crete, Greece*, Res. Systemica 2: 6 p. <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Crete02/Bricage.pdf>

Bricage P. (2003a) Organisation, intégration et espace-temps des systèmes vivants. *Intégration dans les systèmes biologiques, sociaux, techniques et culturels, Colloque AFSCET Andé*, 17 mai 2003, 31 p.

Bricage P. (2003b) Seules perdurent les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés. *Atelier Développement durable, MCX33-APC, CIRESS Toulouse, 21 mai 2003, Conseil Régional Midi-Pyrénées*, 2 p.

- La gouvernance du vivant :

Bricage P. (2004a) La gouvernance du vivant: les acteurs et les systèmes., *Colloque AFSCET Andé La gouvernance*, 26 p. <http://www.afscet.asso.fr/pbAnde04GV.pdf>

Bricage P. (2004b) Entre local et global, la gouvernance associative : quels rôles, quels coûts, quelle éthique ? *Colloque AFSCET Andé La gouvernance*, 14 p. <http://www.afscet.asso.fr/pbAnde04GA.pdf>

Bricage P. (2004c) La Nature de la Violence dans la Nature. Res-Systemica 4: 9 p.

<http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Violence04/bricage.pdf>

- Seules survivent, et se survivent, les Associations à Avantages et Inconvénients Réciproques et Partagés :

Bricage P. (2005a) Le langage du vivant : plurilinguisme, transfrontaliarité et associativité. 9 p. *Congrès national ANLEA, Université de Pau et des Pays de l'Adour*. <http://www.abbayeslaiques.asso.fr/BIOsystemique/ANLEA05PauPB.pdf>

Bricage P. (2005b) La durabilité contractuelle du vivant. seules perdurent les associations à avantages et inconvénients réciproques et partagés. *Anthropo-politique et gouvernance des systèmes complexes territoriaux*, Presses de l'Université des Sciences Sociales de Toulouse, p. 111-117. <http://www.afscet.asso.fr/PBtlseMCX33.pdf>

Bricage P. (2005c) The Cell originated through Successive Outbreaks of Networking and Homing into Associations for the Mutual and Reciprocal Sharing of Advantages and of Disadvantages, between the Partners, with a Benefit only for their Wholeness. *6th European Systems Science Congress Proceedings : workshop 1 Ago-Antagonism*, 10 p. <http://minilien.com/?AhsGujV2gC>

- Modélisation :

Bricage P. (2005d) La Modélisation de la Modularité Temporelle du Vivant : Le Temps est à la fois Plus et Moins que la Somme de ses Parties. *6th European Systems Science Congress Proceedings : workshop 19 Gouvernance Sanitaire et Sociale*, 10 p. <http://minilien.com/?X8Db8nnL16>

Bricage P. (2007a) In Bellanger B. *Vers la fin des saisons ? Dossier spécial Science & Vie* 1075: 60-78.

Bricage P. (2007b) Comment les systèmes biologiques mettent-ils en place (team building) des organisations, juxtaposées et imbriquées en réseaux (networks), "groupwares" robustes et durables ? Quels sont les facteurs limitants de ces processus ? *Journées annuelles AFSCET, Intelligence des systèmes & action collective, Andé, 2 & 3 juin 2007*, 42 p. (Tableau 1. **The message of Ecology**, p. 15.) (Tableau 5. **The message of Governance**, p. 39.) <http://www.afscet.asso.fr/Ande07pb.pdf>

Bricage P. (2007c) Les boucles "constructales" en sciences de la vie : l'intelligence est-elle dans les boucles ? *Journées annuelles AFSCET, Intelligence des systèmes & action collective, Andé, 3 juin 2007, table ronde "L'intelligence des boucles"*, 6 p. <http://minilien.com/?ZLmLWlrhgf>

Bricage P. (2008) La Semi-Autonomie du Vivant : la Stratégie du Choc et le "Collège Invisible", l'Origine du Cancer. Le cancer est le résultat d'une rupture de l'équilibre de l'association à avantages et inconvénients réciproques et partagés, constitutive de la cellule, et à l'origine de la cellule. Cette rupture est causée par une agression entraînant la perte de la non-autonomie. *7th Systems Science European Union Congress Proceedings, Human Autonomy and Systemics Workshop, Lisboa, Portugal*, 34 p. <http://www.afscet.asso.fr/resSystemica/Lisboa08/bricageWS1.pdf>

Bricage P. (2009) Les principes et concepts de base de l'écologie. "Un premier avertissement passé inaperçu..." *A First Warning... Essai de lecture systémique de la crise mondiale, Journées d'Andé, 27 & 28 juin 2009*, 8 p. <http://www.afscet.asso.fr/crise/pbdussart.pdf>

Bricage P. & al. (1989) Évaluation des cortèges des Lépidoptères défoliateurs d'un bois de feuillus (bois de Pau). *J. Kartzaleak* 13: 5-26.

Caillieux A. & J. Komorn (1981) *Dictionnaire des Racines Scientifiques*. CDU-SEDES, Paris, 263 p.

Collectif (1986) *Petit Larousse illustré en couleurs*. Librairie Larousse, Paris, 1665 p.

Collectif (1995) *L'atlas 96. Le bilan géographique de Science & Vie*. Science & Vie, Paris, 146 p.

Cox-Foster D. & D. van Engelsdorp (2009) Sauvons les abeilles. *Pour La Science* 379: 28-35.

De Wever P. (2002) Une épouvantable hécatombe. *La Recherche* 355: 32-33. & 34-35.

Dussart B. (1979) *Principes et applications de l'écologie. 1-Concepts de base*. Vuibert, Paris, Thèmes Université, 64 p.

Kelemen P. (2009) L'origine des laves sous-marines. *Pour La Science* 379: 36-41.

Laurent J. (2003) Le hasard novateur. In *Le monde selon Darwin*. Sciences et Avenir HS 134: 40-45.

Lovelock J. (2009) *The Vanishing Face of Gaia. A Final Warning*. Penguin Books, 178 p.

Margulis L. (1981) *Symbiosis in Cell Evolution. Life and its environment on the early earth*. W.H. Freeman, San Francisco, 419 p.

Margulis L. & D. Sagan (1985) L'origine des cellules eucaryotes. *La Recherche* 163: 200-208.

Robert J.-M. (1984) *Comprendre notre cerveau*. Éditions du Seuil, Collection « Points Sciences », Paris, S41, 270 p.

Sapp J. (1994) *Evolution by Association. A History of Symbiosis*. Oxford University Press, 255 p.

Sciama Y. (2007) *James Lovelock*. Science & Vie 1075: 100-105.

Sciama Y. & al. (2007) Après le pétrole... Nucléaire ou charbon ? *Science & Vie* 1074: 46-65.