

Résilience (écologie)

☞ Pour les articles homonymes, voir Résilience.

La **résilience écologique** est la capacité d'un



Après un incendie, l'écosystème forestier a une certaine capacité à « cicatriser » et à se reconstituer. Cette capacité de résilience écologique varie selon le contexte biogéographique et historique.



Exemple illustrant la capacité des arbres à contribuer à la résilience écologique ; L'épave métallique de l'Edith Cavel coulé en 1825 près de l'estuaire du Maroni, en Amérique du Sud, s'est rapidement couvert d'arbres d'essences pionnières bien qu'exposée en été à une température diurne très élevée.

écosystème, d'un habitat, d'une population ou d'une espèce à retrouver un fonctionnement et un développement normal après avoir subi une perturbation importante (facteur écologique). La dégradation d'un écosystème réduit sa résilience.

Selon Jean-François Jaudon, ingénieur, une empreinte écologique forte diminue la résilience écologique. On évoquera par exemple la résilience d'un écosystème forestier pour décrire sa capacité à se reconstituer après



À l'ouest de La Nouvelle-Orléans, 6 mois après le passage de l'ouragan Katrina.

un incendie ; à partir de la *banque de graines* du sol, des propagules apportées par l'air, l'eau ou des animaux ou à partir de rejets, ou de la cicatrisation d'individus résistants au feu.

Par extension on parle aussi de résilience écologique pour les solutions que certaines communautés, voire l'humanité entière, cherchent aux crises écologiques locales ou globales qu'elles affrontent (guerres, surpêches, désertifications, déforestations, tsunamis, crises climatiques, etc.).

La résilience est parfois de l'ordre de l'adaptation, parfois elle s'apparente à un changement de paradigme^[1] (certains comme Nicolas Hulot appelant, par exemple, à une *transformation écologique* du monde^[2], ou une *transformation écologique et sociale*^[3]).

1 Origine du concept

De nombreux indices laissent penser que la diversité et la complémentarité des organismes présents dans un milieu sont les gages d'un meilleur auto-entretien de l'écosystème (« système auto-catalytique »)

Des chercheurs aussi différents que James Lovelock, l'écologue canadien C.S. Holling ou David Tilman ont montré l'importance de la biodiversité pour la résilience, le premier au travers de son « *hypothèse Gaïa* », le second dans un article qui a en 1973 promu ce concept, et le troisième dans ses travaux sur la biodiversité.

David Tilman avec l'Université St-Paul (Minnesota, États-Unis) a étudié l'utilité de la biodiversité dans la

prairie de cette région, à partir de 1982, en mesurant la productivité de la prairie sur 207 parcelles plantées d'espèces locales contrôlées. Certaines parcelles étaient « monospécifiques » (ne contenant qu'une seule espèce végétale), les autres en contenant des quantités croissantes, avec différentes associations. En 1988, une grave sécheresse (la pire depuis au moins 50 ans) a affecté la région des prairies, tuant toutes les récoltes avec trois milliards de dollars de perte pour les agriculteurs. L'équipe de David Tilman a alors constaté que certaines parcelles avaient spectaculairement résisté. Il s'agissait toujours des parcelles présentant la plus grande biodiversité. La productivité de parcelles n'abritant qu'une ou deux espèces de plantes était six fois moindre que celles des parcelles en comportant 15 à 25, ce qui confirmait l'importance des associations d'espèces adaptées à une zone biogéographique, les unes captant mieux l'azote de l'air, d'autres l'eau de profondeur, etc. La biodiversité est aussi une diversité fonctionnelle permettant aux communautés d'espèces, c'est-à-dire à l'écosystème, d'exploiter au mieux les ressources du lieu et du moment. Cette étude portait sur la diversité spécifique des espèces, mais il semble que la diversité génétique joue un rôle aussi important, notamment dans les populations naturellement quasi monospécifiques des milieux extrêmes (sub-polaires, sub-désertiques, salés, etc.).

Plus tard en 1996, le projet européen BIODDEPTH a associé, dans le même esprit, huit pays qui ont étudié la biodiversité de 480 parcelles. En 1999, les observations de David Tilman étaient confirmées : plus la diversité fonctionnelle des espèces était importante, plus l'écosystème était productif et résilient face aux perturbations^[4].

2 Mesure

La résilience écologique est une des formes de *résistance* : la capacité d'un système (population, écosystème, biome, biosphère...) à retrouver (ou conserver) un état d'équilibre dynamique après une phase d'instabilité due à une perturbation extérieure ou interne.

Cette résistance peut se mesurer à l'ampleur de la perturbation pouvant être absorbée avant que le système ne change de structure en changeant les variables et les processus qui en contrôlent le comportement. Ce type de résistance a été défini comme la résilience écologique. On ne peut pas la mesurer à échelle globale ou planétaire mais, aux échelles locales ou en laboratoire, on peut mesurer la résilience de systèmes locaux (après inondation, sécheresse, incendies, pulvérisation de biocide, etc. dans la nature, ou dans un écotron, ou en laboratoire après exposition à un biocide, une longue privation d'eau, d'oxygène ou de lumière)^[5] par exemple.

Alors même que l'*intégrité écologique* peut être dégradée, une *connectivité écologique* fonctionnelle (et pas seulement apparente) semble être une des conditions de la ré-

silience et de la stabilité à long terme des écosystèmes^[6].

3 Conditions nécessaires

Elles varient selon les espèces, les populations et les paysages ou biomes considérés, mais de manière générale ce sont les conditions de la biodiversité, de l'évolution et de la sélection naturelle, qui passent notamment par le maintien de la *diversité génétique*, pour les forêts par exemple^[7], et en particulier pour les grandes forêts tropicales qui selon les modèles les plus récents et les plus complexes, se montrent plus résilientes au réchauffement climatique, en termes de conservation de leur biomasse face aux sécheresses passagères que ce qui était prédit par les premiers modèles. Le modèle HadCM3 du Met Office's Hadley Centre prédit toutefois une perte de biomasse des forêts tropicales d'ici 2100^[8].

4 Interventions humaines



Colonisation spontanée d'un champ après arrêt de la culture (en Pologne). Ici, des graminées, puis des arbres, apparaissent spontanément, en commençant par des espèces et essences pionnières. Il peut toutefois falloir des siècles ou millénaires pour effacer totalement les traces de l'Agriculture intensive.

L'Homme dispose de divers moyens (dont les plantations) pour tenter d'accélérer les processus naturels de résilience : on parle de techniques *génie écologique* ou de *gestion restauratoire*.

Quelques exemples :

- L'école de sylviculture Prosilva cherche à copier les processus naturels de résilience plutôt qu'à s'y substituer.
- Akira Miyawaki a été un pionnier de l'utilisation d'espèces locales et diversifiées pour la restauration de sols, de forêts de protection et de boisements à grande échelle sur des sites très dégradés, au Japon, puis dans divers pays tropicaux.

- Diverses méthodes de restauration d'une strate herbacée fleurie sur sol *retourné* (*Inversion soil*) ont été efficacement testées, en particulier pour restaurer des sous-bois riches en fleurs sauvages^[9].
- En forêt méditerranéenne, des expérimentations sont menées par des chercheurs pour définir les meilleures conditions pour la restauration d'une zone forestière mixte, c'est-à-dire composée d'un mélange feuillus-résineux. La diversité des espèces rend en effet la forêt plus résiliente aux incendies, attaques de rongeurs, augmentations de températures^[10] ...

5 Phénomène spontané, quand les conditions sont réunies



Début de colonisation et dégradation de l'asphalte par une flore spontanée, sur la partie forestière d'une autoroute polonaise non terminée et peu utilisée (Olimpijka)

Un exemple intéressant, visible sur Google Earth, est celui de la zone interdite de Tchernobyl où les loups et les ours sont spontanément revenus, alors que de nombreuses autres espèces, d'oiseaux notamment, recolonisent la zone depuis que l'agriculture et la chasse y ont disparu (sachant qu'il est trop tôt pour savoir si cette recolonisation perdurera et quels seront les impacts de la radioactivité sur ces écosystèmes).

Cette hypothèse est parfois contredite, une récente étude de Anders Pape Moller, de l'Université Pierre-et-Marie-Curie de Paris qui étudie depuis longtemps la biodiversité sur ce site contaminé déclare que "les populations d'oiseaux sont, en général, inférieures de moitié à celles que l'on trouve à l'extérieur du site". De même, il note que pour certains insectes, les populations sont inférieures à 90 % par rapport au reste de l'Ukraine^[11]. Cette zone pourrait donc aussi être un *piège écologique*.

6 Notes et références

- [1] Sunde J., 2008, *Résilience ou transformation ?*, Samudra, n° 51, p. 20-24.
- [2] Guillaume Malaurie et Maël Thierry Hulot : *"La transformation écologique ne se fera pas avec la majorité présidentielle"* ; Article du Nouvel'Ops, publié 2011-04-13
- [3] ex. : Actes d'assises - août 2011 ; *Ières assises de la transformation écologique et sociale en Nord-Pas-de-Calais*, CERDD, en ligne le 31 août 2011
- [4] Résumé/communiqué des conclusions de Biodepth
- [5] A. Steinman, P. J. Mulholland, A. V. Palumbo, T. F. Flum & D. L. Deangelis, « *Resilience of lotic ecosystems to a light-elimination disturbance* », *Ecology*, vol. 72, 1299–1313, 1991 (Résumé).
- [6] R. Armstrong, « *The effects of connectivity on community stability* », *American naturalist*, vol. 120, 391–402, 1982.
- [7] Koskela, J., Buck, A. and Teissier du Cros, E., editors. 2007. *Climate change and forest genetic diversity: Implications for sustainable forest management in Europe*. Bioersity International, Rome, Italy. 111 pp
- [8] Quentin Mauguit (2013), *Réchauffement : les forêts tropicales plus résistantes qu'il y paraît*
- [9] Liste d'exemples de strates herbacées restaurées au Royaume-Uni, illustrés de photographies
- [10] Article vulgarisé sur des méthodes d'ingénierie écologique favorisant la résilience des écosystèmes
- [11] <http://www.journaldelenvironnement.net/article/tchernobyl-destructeur-de-biodiversite,18478>

7 Voir aussi

7.1 Articles connexes

- Biodiversité
- Écologie du paysage
- Hoge Veluwe (zone naturelle de 5 000 ha restaurée sur d'anciens champs cultivés aux Pays-Bas)
- Interaction biologique
- Évolution, coévolution
- Écologie, Biologie des populations
- Opportunisme
- Parasitisme
- Mutualisme
- Flore commensale
- Éthologie

- Commensalisme
- Amensalisme
- Facilitation écologique
- Interaction durable
- Évolution
- Résilience écologique
- Renaturation.

7.2 Liens externes

- (en) Portail du réseau *Resilience Alliance*, qui associe des chercheurs travaillant sur le thème de la résilience sociale et écologique.
- (en) Walker, Holling, Carpenter et Kinzig, *Resilience, adaptability and transformability* (synthèse des caractéristiques des systèmes résilients)
- (en) Site du *Stockholm Resilience Centre* (un centre international de recherches transdisciplinaires pour une gouvernance des systèmes socio-écologiques résilients)
- (en) Microdocs et documents pédagogiques sur la résilience écologique (avec vidéos, nécessite connexion haut débit)
- Résilience bioéconomique

7.3 Bibliographie

- Martin, Sophie., *La résilience dans les modèles de systèmes écologiques et sociaux*, Thèse de doctorat de mathématiques appliquées, de l'école normale supérieure de Cachan (soutenance : 2005-06-17).
- P. SCHUSTER, K. SIGMUND & R. WOLFF « *Dynamical systems under constant organization 3 : Cooperative and competitive behavior of hypercycles* », *Journal of Differential Equations*, vol. 32, 357–368, 1979
- G. BUTLER, H. FREEDMAN & P. WALTMAN, « *Persistence in dynamical systems* », *Journal of Differential Equations*, vol. 63, 255–263, 1986
- H. FREEDMAN & P. WALTMAN, « *Persistence in models of three interacting predator-prey populations* », *Mathematical Biosciences*, vol. 68, 213–231, 1984.
- F. JORDAN, I. SCHEURING & I. MOLN'AR, « *Persistence and flow reliability in simple food webs* », *Ecological Modelling*, vol. 161, 117–124, 2003.

- V. A. A. JANSEN & K. SIGMUND, « *Shaken not stirred : on permanence in ecological communities* », *Theoretical Population Biology*, vol. 54, no 3, 195–201, 1998.
- R. MAY, « *Thresholds and breakpoints in ecosystems with a multiplicity of stable states* », *Nature*, vol. 269, 471–477, 1977.
- C. WISSEL, « *A universal law of the characteristic return time near thresholds* », *Oecologia*, vol. 65, 101–107, 1984.
- C. HOLLING, *The Resilience of Terrestrial Ecosystems : Local Surprise and Global Change*, W. CLARK & R. MUND (dir.), chap. Sustainable development of the biosphere, Cambridge University Press, UK, 1986.
- R. MAY, *Stability and Complexity in Model Ecosystems*, Princeton University, Princeton (NJ), 1973.
- D. TILMAN, « *Biodiversity : population versus ecosystem stability* », *Ecology*, vol. 77, 350–363, 1996.
- P. EHRLICH & A. EHRLICH, *Extinction : the Causes and Consequences of the Disappearance of Species*, Random House, New York, 1981.
- B. WALKER, « *Biological diversity and ecological redundancy* », *Conservation Biology*, vol. 6, 18–23, 1992.
- J. BEDDINGTON, C. FREE & J. LAWTON, « *Concepts of stability and resilience in predator-prey models* », *Journal of Animal Ecology*, vol. 45, 791–816, 1976.
- J. BENGTSSON, « *Disturbance and resilience in soil animal communities* », *European Journal of Soil Biology*, vol. 38, 119–125, 2002.
- N. BONNEUIL & K. M'ULLERS, « *Viable populations in a prey-predator system* », *Journal of Mathematical Biology*, vol. 35, 261–293, 1997.
- M. A. JANSSEN & S. R. CARPENTER, « *Managing the resilience of lakes : a multiagent modeling approach* », *Conservation Ecology*, vol. 3, no 2, 15, 1999.
- A. IVES, « *Measuring resilience in stochastic systems* », *Ecological Monographs*, vol. 65, no 2, 217–233, 1995.
- C. LIN XU & Z. ZHEN LI, « *Stochastic ecosystem resilience and productivity : seeking a relationship* », *Ecological modelling*, vol. 156, 143–152, 2002.
- M. A. JANSSEN & S. R. CARPENTER, « *Managing the resilience of lakes : a multiagent modeling approach* », *Conservation Ecology*, vol. 3, no 2, 15, 1999.

- A. IVES, « *Measuring resilience in stochastic systems* », *Ecological Monographs*, vol. 65, no 2, 217–233, 1995.
- C. LIN XU & Z. ZHEN LI, « *Stochastic ecosystem resilience and productivity : seeking a relationship* », *Ecological modelling*, vol. 156, 143–152, 2002.
- J. BENGTSSON, « *Disturbance and resilience in soil animal communities* », *European Journal of Soil Biology*, vol. 38, 119–125, 2002.

-  Portail de la permaculture

-  Portail de l'écologie

8 Sources, contributeurs et licences du texte et de l'image

8.1 Texte

- **Résilience (écologie)** *Source* : [http://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9silience_\(%C3%A9cologie\)?oldid=110711470](http://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9silience_(%C3%A9cologie)?oldid=110711470) *Contributeurs* : Jeff-delonge, Carmine, Leag, Stéphane33, Gribeco, Gzen92, Clement b, Litlok, Crouchineki, Pautard, Jmax, Lamiot, GaMip, Rhizome, Sebleouf, Erabot, Eiffele, Analphobot, Speculos, Zorrobot, Tooony, Jean-Louis Swiners, Fluti, SieBot, Cardabelle, WTSM, MystBot, Ange Gabriel, HerculeBot, ZetudBot, Charlici, Gagea, Cantons-de-l'Est, Lomita, Scientif38, Cascade65, OrlodrimBot, Ambre Kokiyas, FDo64, Ali-baba-au-rhum, Addbot, Sciemoc et Anonyme : 14

8.2 Images

- **Fichier:Disambig_colour.svg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3e/Disambig_colour.svg *Licence* : Public domain *Contributeurs* : Travail personnel *Artiste d'origine* : Bub's
- **Fichier:Fairytales_konqueror.png** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/68/Fairytales_konqueror.png *Licence* : LGPL *Contributeurs* : ? *Artiste d'origine* : ?
- **Fichier:Maroni_boat_island.jpg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4e/Maroni_boat_island.jpg *Licence* : CC BY 2.5 *Contributeurs* : ? *Artiste d'origine* : ?
- **Fichier:NOEast18Mch06OldGentSwampToMRGOLeveeDump.jpg** *Source* : <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d6/NOEast18Mch06OldGentSwampToMRGOLeveeDump.jpg> *Licence* : CC BY-SA 3.0 *Contributeurs* : Photo by Infrogmatation *Artiste d'origine* : Infrogmatation of New Orleans
- **Fichier:Olimpijka_Puszcza_cm03.jpg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/57/Olimpijka_Puszcza_cm03.jpg *Licence* : CC-BY-SA-3.0 *Contributeurs* : ? *Artiste d'origine* : ?
- **Fichier:Permaculture_flower_fleur_permashort_color-1331px.png** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d8/Permaculture_flower_fleur_permashort_color-1331px.png *Licence* : CC0 *Contributeurs* : <http://clipartist.net/svg/permaculture-flower-fleur-permashort-color-september-2011-clip-art-svg-openclipart-org-commons-wikimedia-org-clipartist-net/> *Artiste d'origine* : <http://openclipart.org/>
- **Fichier:Point_Reyes_Inverness_Ridge.jpg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/63/Point_Reyes_Inverness_Ridge.jpg *Licence* : Public domain *Contributeurs* : Travail personnel *Artiste d'origine* : Smack (talk)
- **Fichier:Secondary_succeesion_cm02.jpg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/12/Secondary_succeesion_cm02.jpg *Licence* : CC-BY-SA-3.0 *Contributeurs* : ? *Artiste d'origine* : ?

8.3 Licence du contenu

- Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0