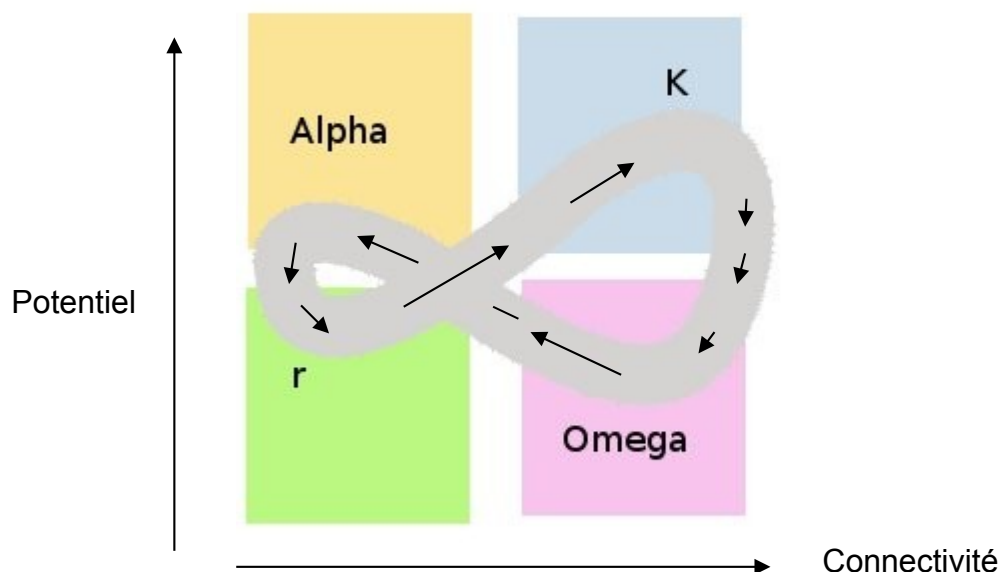


## Résilience : présentation de quelques concepts

### Le cycle adaptatif

Celui-ci présente plusieurs phases du développement d'un éco-système. Elles se déroulent sur des pas de temps qui ne sont pas homogènes, certaines étant rapides, d'autres beaucoup plus lentes. Il s'agit d'une modélisation qui résulte de l'expérience de biologistes mais aussi d'économistes et de sociologues.

Pour décrire les étapes du cycle adaptatif, trois propriétés des systèmes sont choisies : le potentiel de changement, l'interconnexion et la résilience. Le premier dresse le champ des options possibles pour le changement du système. Ainsi, un écosystème tropical ne se transformera pas en toundra à conditions climatiques constantes. Le changement s'opère dans un ensemble de limites que le potentiel de changement décrit. L'interconnexion ou plutôt le degré de connexion concerne la force et la nature du lien entre les variables et processus internes de contrôle du système et l'extérieur. Sa mesure reflète le degré de flexibilité ou de rigidité de ces contrôles et donc le degré de sensibilité aux variations externes. Ainsi, les écosystèmes coralliens sont très sensibles à la température de l'eau dont la variation ne peut aller au-delà de la fourchette 18-36°C. Enfin, la résilience mesure la vulnérabilité aux chocs inattendus et non prévisibles. Les écosystèmes peuvent se rétablir après un feu par exemple.



Les différentes phases du cycle :

- La **phase r**, d'exploitation se caractérise par le fait que quelques processus d'optimisation des ressources ont été sélectionnés et se révèlent performants au regard de certains critères. Il s'agit d'une phase où le potentiel et la connectivité sont encore faibles mais croissent rapidement. La durée de cette période est assez courte relativement à celle de la vie de l'écosystème.

*Exemple : le reboisement naturel après un feu de forêt indique qu'un type d'écosystème s'est imposé par rapport à d'autres possibles. La compétition entre les différents écosystèmes œuvre pour finalement se stabiliser*

- La **phase K** de conservation présente une durée beaucoup plus longue et consiste en un lent stockage de matière et d'énergie. Le potentiel et la connectivité croissent jusqu'à un optimum. La connectivité accroît la rigidité du lien entre les éléments du système, ce qui rend aussi plus efficace la mobilisation des ressources pour les stocker sous forme de matière ou d'énergie. Ceci correspond aux économies d'échelles qui dans les écosystèmes peuvent se trouver dans une forêt. On parle aussi de climax pour décrire le stade d'achèvement ultime de ces systèmes. Le potentiel de changement croît pour modifier, faire évoluer le système jusqu'à un optimum. Le potentiel de changement est maximum, c'est à dire que l'avènement d'autres systèmes et d'autres futurs devient de plus en plus crédible.

*Exemple : le taillis né à la suite d'un feu en véritable forêt qui se transforme en forêt.*

- La **phase  $\Omega$**  de relâche ou destruction créative (Schumpeter) est de nouveau une phase rapide. Le potentiel se réduit drastiquement, le système relâchant dans l'environnement l'énergie et la matière. Il peut s'agir d'une cause externe au système telle qu'un ouragan, un feu ou interne au système comme la mort d'une espèce clé, par exemple le corail dans l'écosystème corallien. La connectivité entre les éléments du système reste identique pendant un temps puis se réduit jusqu'à un minimum. Elle croît ensuite au début de la phase suivante.

*Exemple : un feu de forêt*

- La **phase  $\alpha$**  ou réorganisation voit le potentiel augmenter puis stagner de nouveau. La connectivité entre les éléments du système se réduit. Il s'agit typiquement d'une phase de réorganisation du système avec une forte innovation du fait de réarrangements possibles entre ses éléments. Les processus compétitifs sont légions et fonctionnent jusqu'à ce que certains soient sélectionnés pour l'efficacité d'utilisation des ressources. Cette phase se termine lorsque le potentiel de changement se réduit de nouveau alors que quelques processus émergent et vont engager la phase d'exploitation. Ainsi, les innovations qui avaient débutées et réussies sur de petites surfaces, en taches de léopard, se rejoignent pour former ensemble homogène, un écosystème naissant.

*Exemple : juste après le feu, de nouvelles espèces voient le jour et d'autres se maintiennent, par exemple celles résistantes au feu. Des micro-écosystèmes sont testés sans être pour l'instant en compétition.*

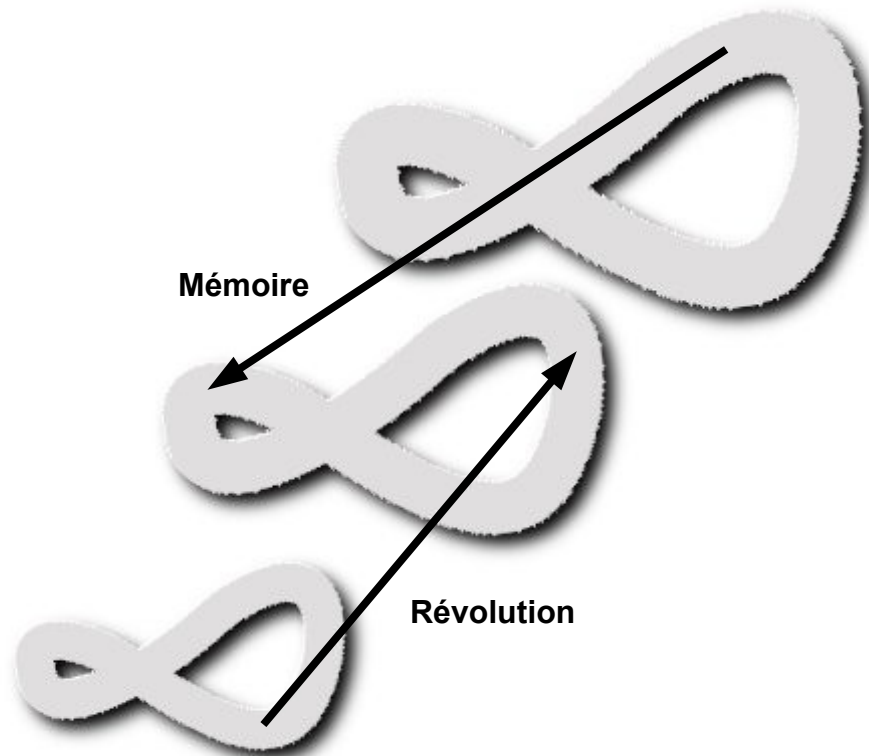
A noter que le passage de la phase  $\alpha$  à la phase r peut s'accompagner d'une fuite de matériels et d'énergie qui peuvent engendrer une irréversibilité dans le système. Ainsi, en fonction de certains seuils de nutriments ou d'énergie, certains écosystèmes se transforment pour aboutir à un état stable alternatif. Ainsi, des lacs superficiels alternent deux états : l'un avec une eau propre et une faune et une flore assez variée, l'autre avec une eau trouble, sans plantes et avec quelques espèces de poissons.

## Les Panarchies

Le second point concerne les panarchies. Une panarchie est un ensemble de cycles adaptatifs qui agissent ensemble à des échelles de temps et d'espace différentes. Ainsi, plusieurs cycles adaptatifs sont en relation à un moment donné pour produire un état du système. Plus l'échelle d'analyse est réduite, plus le pas de temps du cycle adaptatif observé est court. Ainsi, les changements pour une plante peuvent être rapides (jours ou semaine) alors que ceux intéressant une éco-région sont de l'ordre du millier d'années voire de plusieurs dizaines de milliers d'années.

Les cycles adaptatifs sont reliés entre eux par deux boucles : « souvenir » et « révolution ». La première est une boucle qui relie un cycle de niveau supérieur en phase  $K$  à un cycle de niveau inférieur en phase  $\alpha$ . Cette relation autorise le système de niveau supérieur à imposer ses règles et ses processus à celui de niveau inférieur alors que les modalités de régulation interne de celui-ci restent faibles (faible connectivité). Le cycle de niveau supérieur « rappelle » sa structure à celui de niveau inférieur. Il s'agit d'une sorte de mémoire. Le cas se présente pour des clairières qui ont été brûlées et dont la forêt environnante repeuple à l'identique imposant ses graines et l'organisation de ses espèces.

« Révolution » lie un cycle impliquant une échelle réduite et un temps court en phase  $\Omega$  avec un autre cycle d'échelle supérieure et de temps plus long en phase  $K$ . Le chaos du plus réduit se transmet au plus grand. Ainsi, un feu qui débute dans un espace dans lequel s'est accumulé le petit bois peut se transmettre à toute une forêt. Un autre exemple est celui des espèces invasive : *Caulerpa taxifolia* échappée du laboratoire de l'aquarium de Monaco met en danger les prairies de posidonies méditerranéennes.



L'efficacité de ces boucles se renforce au fur et à mesure que « l'alignement des étoiles » est d'autant meilleur. Ainsi, un cycle en phase  $\Omega$  n'aura aucune conséquence sur un autre cycle supérieur en phase  $\alpha$  ou  $r$  par exemple.