

Chapitre 3 : Conservation et restauration des écosystèmes

1. Définitions et concepts de base

1.1. Conservation : gestion active des ressources biologiques pour le plus grand profit des générations présentes tout en maintenant leur potentiel de satisfaction des besoins des générations futures. Contrairement à la préservation, la conservation assure le maintien à long terme des communautés naturelles dans des conditions (par exemple dans des réserves naturelles) qui permettent à l'évolution de se poursuivre.

Conservation *ex situ* : conservation d'éléments constitutifs de la diversité biologique en dehors de leur milieu naturel.

Conservation *in situ* : conservation des écosystèmes et des habitats naturels et le maintien et la reconstitution de populations viables d'espèces dans leur milieu naturel et, dans le cas des espèces domestiques et cultivées, dans le milieu où se sont développés leurs caractères distinctifs.(dég4)

1.2. Restauration : La restauration écologique est définie comme étant « le processus d'assistance à la récupération d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé ou détruit ». L'élément central de cette définition est « assistance à la récupération », ce qui implique deux choses :

- (i) la restauration écologique « *sensu stricto* » dont le but est de ramener le système à un état antérieur ou sur sa trajectoire historique afin qu'il puisse persister et que ses espèces puissent s'adapter et évoluer ;
- (ii) la gestion active est le moyen approprié pour réaliser ce retour.

L'objectif ultime, à très long terme, de la restauration devrait donc consister à préserver la biodiversité ainsi que la résilience et la capacité d'adaptation des écosystèmes aux changements environnementaux. Il s'agit donc aussi d'assurer le maintien de la complexité naturelle des paysages pour aider les écosystèmes à résister aux dégradations à venir.

2. La pertinence d'indicateurs biologiques et écologiques susceptibles de caractériser la réponse d'un écosystème à divers types de perturbations :

L'intégrité écologique d'un milieu naturel est déterminée par la combinaison de son degré d'intégrité chimique, physique et biologique. La dégradation d'une ou plusieurs de ces composantes se manifeste généralement dans la biocénose, c'est-à-dire dans les différentes communautés biologiques.

En ce sens, les altérations morphologiques, comportementales, tissulaires ou physiologiques, ainsi que l'abondance, le succès reproductif et la mortalité des espèces animales et végétales constituent des variables observables et mesurables reflétant l'état de leur habitat.

2.1. La bio-indication

La bio-indication réfère donc à un processus d'analyse de divers indicateurs biologiques qui s'inscrit dans la biosurveillance de la qualité des écosystèmes. Pour assurer la validité des résultats de cette approche, il est important de respecter certaines prémisses. D'une part, il faut s'assurer d'interpréter les changements observés sur la base d'une compréhension claire de ce que les variables considérées indiquent réellement. D'autre part, il faut être en mesure de « différencier les variations naturelles des variations induites par les changements environnementaux ». Il est donc essentiel d'avoir une bonne connaissance de l'écologie des bio-indicateurs sélectionnés et de disposer d'une série de sites de référence afin d'être en mesure de tenir compte de la variabilité naturelle intraspécifique, interspécifique ou temporelle.

Selon la définition de Banaru et Perez (2010), reprise par plusieurs autres auteurs, un bio-indicateur est un « organisme ou ensemble d'organismes qui, par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques, permet, de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème ou d'un écosystème et de mettre en évidence aussi précocement que possible leurs modifications, naturelles ou provoquées ». Le recours aux bio-indicateurs constitue donc « une mesure indirecte, substitutive, d'un phénomène écologique »

2.2. Utilisation des bio-indicateurs

Les bio-indicateurs sont utilisés pour déceler les changements qui surviennent dans l'environnement et la présence de pollution, mesurer les effets de ces perturbations sur l'écosystème et surveiller les améliorations de la qualité de l'environnement résultant de la prise de dispositions remédiatrices.

La surveillance de la qualité du milieu basée exclusivement sur le suivi des paramètres physico-chimiques ne permet pas de tirer des conclusions sur la santé de l'écosystème, puisqu'elle ne fournit pas de renseignement sur la qualité de l'habitat et est limitée à l'étude des polluants présents à des concentrations supérieures aux limites de détection des méthodes analytiques.

De plus, cette méthode ne permet pas d'intégrer les effets synergiques, additifs ou antagonistes des divers polluants sur les organismes. Par ailleurs, cette approche n'est pas efficace pour la détection des molécules hydrophobes, qui se retrouvent majoritairement dans les graisses des êtres vivants. La bio-indication est donc un outil indispensable pour évaluer la santé des écosystèmes.

Le recours à la bio-indication présente plusieurs avantages par rapport aux moyens de mesure instrumentaux traditionnels. D'abord, l'utilisation des bio-indicateurs est financièrement plus économique puisqu'elle permet généralement d'éviter d'employer du matériel technologique coûteux et d'économiser du temps. De plus, grâce à leur capacité de bioaccumulation, certains bio-indicateurs permettent une détection précoce des polluants ou des perturbations. Par ailleurs, les bio-indicateurs renseignent « sur la biodisponibilité des polluants plutôt que sur leur concentration totale dans le milieu ». Cette distinction est non négligeable lorsqu'on s'intéresse aux effets des polluants sur les organismes. Enfin, ils fournissent une indication intégrée des effets spatiotemporels des polluants sur le biote puisqu'ils « reflètent le temps total d'exposition au polluant, contrairement aux mesures instrumentales qui prennent les valeurs des paramètres de façon instantanée et localisée ».

2.3. Niche écologique

L'une des idées fondatrices de la bio-indication est le concept de niche écologique. Par définition, la niche écologique d'une espèce correspond à l'ensemble des caractéristiques de son habitat, son régime alimentaire, ses relations interspécifiques et ses rythmes d'activité, ainsi que sa place dans les réseaux trophiques et ses besoins en terme de reproduction. Le concept de niche écologique traduit donc la relation fonctionnelle entre une espèce et son écosystème, déterminée par la combinaison de ses limites de tolérance par rapport aux différents facteurs biotiques et abiotiques. Lorsque ces besoins spécifiques ne peuvent être comblés en raison d'une perturbation, il en résulte un déséquilibre écologique qui se manifeste par des variations dans les paramètres écologiques, physiologiques ou morphologiques du bio-indicateur.

2.4. Écart à la référence

Pour être efficacement exploités, les changements observés lors des activités de biosurveillance doivent être analysés en termes d'écart par rapport à un état de référence.

Ce dernier correspond à l'état d'un milieu naturel équivalent, mais exempt de toute perturbation d'origine anthropique, ou soumis à des pressions de très faible intensité.

Autrement dit, l'interprétation des résultats de la bio-indication nécessite « une connaissance du fonctionnement naturel de l'écosystème non transformé (état de référence) ».

2.5. Bioaccumulation, bioamplification et bioconcentration

Le phénomène de bioaccumulation consiste en l'assimilation de polluants dans un organisme (par adsorption ou incorporation) dont la concentration augmente dans le temps et devient plus élevée que dans l'environnement immédiat. La bioamplification, quant à elle, se définit comme l'accumulation d'une substance le long d'une chaîne trophique via l'absorption de substances (généralement organiques) provenant des nutriments par l'épithélium de l'intestin. Enfin, la bioconcentration réfère à l'absorption directe de substances présentes dans le milieu environnant par le biais de tissus ou d'organes.

Il existe différentes approches pour la bio-surveillance :

- des études *in situ*, soit directes sur des organismes collectés sur le site (bio-indication passive), soit indirectes, sur des organismes transférés sur le site (bio-indication active) ;
- des bio-essais, dans lesquels les espèces vivantes sont exposées au laboratoire à des échantillons prélevés sur un site pollué ;
- des indicateurs biologiques, obtenus par l'étude des communautés vivant en périphérie du site.

Ainsi, il a été montré qu'il existe deux types de bio-indication (Fig. 1):

- Les indicateurs avec un temps de réponse court (heures, jours) mais dont la signification écologique est faible peuvent être utilisés pour émettre des signaux précoces de la perturbation du milieu.

Ces indicateurs (biochimiques, physiologiques ou enzymatiques, appelés également biomarqueurs) réagissent avant que des altérations de l'écosystème soient observables.

- Les indicateurs avec un temps de réponse long (années) mais dont la signification écologique est forte permettent une bonne évaluation des effets à long terme d'une perturbation.

Ces indicateurs sont basés sur l'étude des populations (structure démographique, qualité de la reproduction, etc.) et des peuplements (diversité, assemblages, ... etc.)

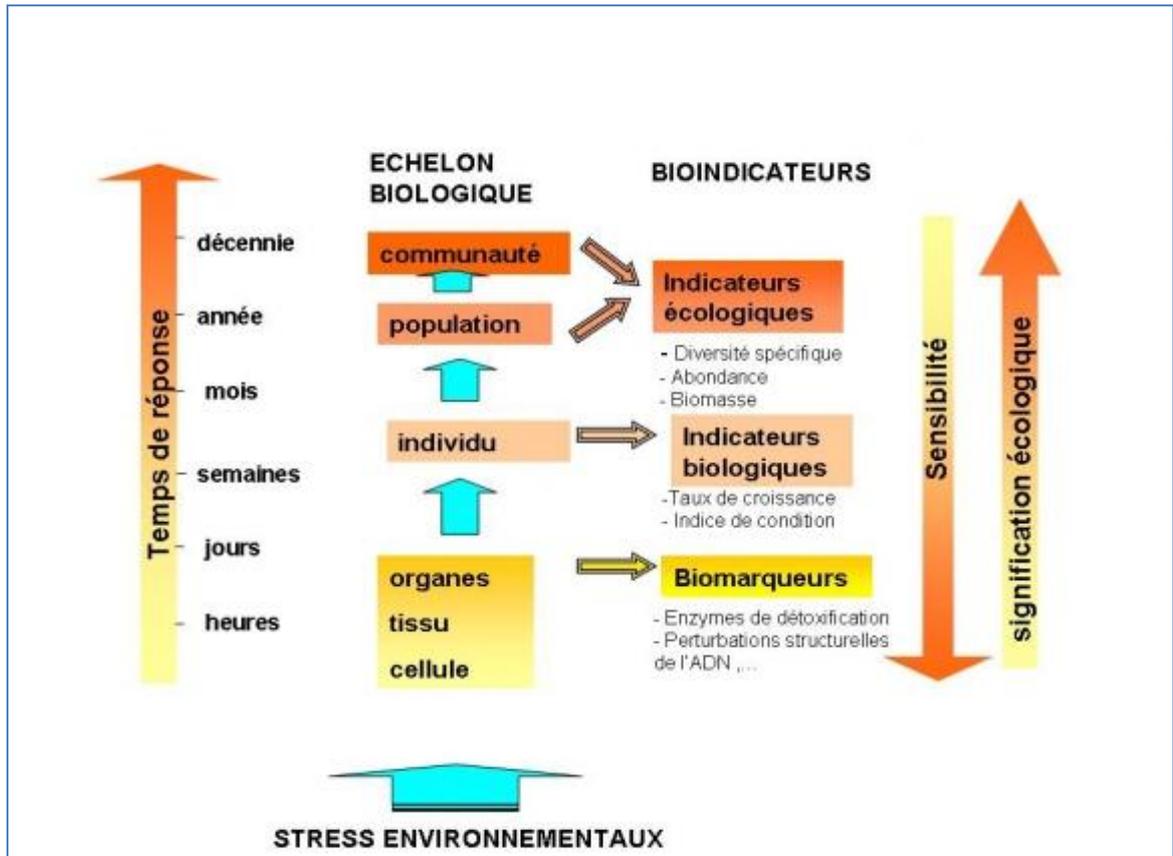


Figure 1. Diagramme illustrant les différentes approches liées à l'évaluation de la qualité environnementale (Amara, 2011).

2.6. Les différents groupes d'êtres vivants connus dans la biosurveillance

2.6.1. Animaux

En milieu aquatique, les mollusques lamellibranches constituent d'excellents indicateurs de contamination des eaux marines et continentales grâce à leurs fortes capacités de bio-accumulation. Moules, huîtres ont été employées à vaste échelle dans la bio-surveillance des écosystèmes aquatiques en milieu marin *Sphaerium*, *Pisidium* etc. ont joué le même rôle en milieu d'eau douce. Depuis longtemps, l'observation de divers macro-invertébrés benthiques a donné lieu à l'évaluation de la qualité des eaux de surface. Ainsi certaines communautés sont polluo-résistantes (*Chironomus*, larves d'*Eristalis*, *Asellus*, *Lymnaea*,...) ou polluo-sensibles (larves d'*Ephemera*, de *Sialis*,...).

Plusieurs chercheurs ont été conduits à proposer des indices biotiques basés sur l'évaluation de la richesse spécifique et traduisant la qualité des eaux superficielles (Verneaux, 1967).

Les annélides hirudinéés représentent des bio-indicateurs recommandés dans les écosystèmes limniques. Ils sont utilisés comme bio-accumulateurs des composés organiques de synthèse.

Les poissons, en particulier, les téléostéens d'eau douce ou marins sont utilisés comme bio-indicateurs de pollution en milieu limnique ou océanique.

En milieu terrestre, on rencontre parmi les invertébrés terrestres, un certain nombre de groupes taxonomiques au fort pouvoir de bio-accumulation. Ainsi, les annélides oligochètes (*Eisenia*, *Lombricus*) sont utilisés comme bio-indicateurs de pollution des sols par les métaux lourds ou les composés organiques de synthèse. Les crustacés isopodes comme les cloportes, ainsi que les gastéropodes pulmonés sont aussi des bio-accumulateurs performants de la pollution des sols par les métaux lourds.

Les vertébrés terrestres sont également utilisés comme indicateurs de pollution car ils peuvent concentrer divers polluants dans certaines parties de leur organisme, et en particulier dans les phanères. Les oiseaux accumulent dans leurs plumages divers métaux lourds : ainsi la contamination en Cd et Hg a été recherchée chez les flamants roses et les aigrettes de camargue. On a utilisé de façon analogue chez les mammifères la capacité d'accumulation des métaux lourds dans les bois (cervidés), ainsi que dans les os, les dents, le foie ou le rein.

2.6.2. Végétaux

En milieu aquatique, plusieurs espèces végétales sont utilisées en raison de leur fort potentiel de bio-accumulation, telle que les mousses aquatiques comme *Fontinalis*, *Amblystegium*... . Parmi les végétaux supérieurs, les *Typha* ou massettes, sont fréquemment utilisées comme bio-accumulateurs de métaux lourds, de PCB...

Les plantes à bulbes et tubercules (carotte, arachide...) sont généralement d'excellentes espèces bio-accumulatrices des métaux lourds des sols contaminés.

3. Scenarios et remèdes envisagés pouvant être explorés dans l'évaluation de la Dégradation, Conservation et Restauration des Ecosystèmes.

Quatre scénarios possibles explorent le futur des écosystèmes et le bien être humain « pour les 50 années à venir et au-delà ». Les scénarios envisagent deux voies possibles pour le développement mondial :

Ils envisagent également deux approches différentes de la gestion des écosystèmes : dans l'une, les mesures prises sont réactives et les problèmes sont abordés une fois devenus évidents; dans l'autre, la gestion des écosystèmes est proactive et vise délibérément la préservation à long terme des services fournis par les écosystèmes.

Les quatre scénarios sont :

1) Orchestration (arrangement) globale (à l'échelle mondiale) : Ce scénario fait le portrait d'une société mondialement interconnectée qui s'intéresse au commerce mondial et la libéralisation économique, et qui adopte une approche réactive aux problèmes liés aux écosystèmes, mais qui prend également des mesures fortes;

- pour réduire la pauvreté et l'inégalité et investir dans les secteurs d'utilité publique tels que l'infrastructure et l'éducation. Des quatre scénarios, c'est celui qui présente la croissance économique la plus élevée et la population mondiale la plus faible en 2050.

2) Ordre par la force (à l'échelle régionale) : ce scénario représente un monde régionalisé et fragmenté, préoccupé par des soucis de sécurité et de protection, mettant l'accent principalement sur des marchés régionaux, en prêtant peu d'attention aux biens d'utilité publiques, et adoptant une approche réactive face aux problèmes liés aux écosystèmes.

- Des quatre scénarios, c'est celui qui présente les taux de croissance économique les plus bas (particulièrement dans les pays en voie de développement) «taux qui diminuent avec le temps » et la croissance démographique la plus forte.

3) Mosaïque d'adaptation (Reg + Mond) : dans ce scénario, les écosystèmes sont au centre de l'activité politique et économique. Les institutions locales sont renforcées, les stratégies de gestion locale des écosystèmes sont fréquentes et les sociétés développent une approche fortement proactive de la gestion des écosystèmes.

- Au départ, les taux de croissance économiques sont un peu bas mais ils augmentent avec le temps, et la population en 2050 est presque aussi importante que dans le scénario précédent (ordre par la force).

4) Techno jardin : Ce scénario représente un monde interconnecté à l'échelle mondiale et s'appuyant fortement sur une technologie respectueuse de l'environnement, faisant usage d'écosystèmes activement gérés dans le but de fournir des services « et bien souvent conçus à ces fins » et adoptant une approche proactive de la gestion des écosystèmes afin de prévenir les problèmes.

- La croissance économique est relativement élevée et s'accélère tandis que la population en 2050 atteindra un niveau moyen par rapport aux autres scénarios.

Le futur tel qu'il sera réellement consistera vraisemblablement en un mélange d'approches et de conséquences décrites dans les scénarios et comprendra des événements et des innovations qui n'ont pas encore été imaginés.

Aucun des scénarios n'est à même de refléter le futur tel qu'il se révélera dans la réalité.

D'autres scénarios pourraient être développés avec des issues soit plus optimistes soit plus pessimistes pour les écosystèmes, leurs services et le bien-être humain.

3.1 Les projections de 2000 à 2050 selon chacun des quatre scénarios :

A) La population mondiale devrait atteindre approximativement entre 8,1 et 9,6 milliards de personnes en 2050 (et entre 6,8 et 10,5 milliards en 2100) en fonction des scénarios.

B) Le revenu moyen par habitant devrait se situer entre 2 et 4 fois le revenu actuel en fonction des scénarios, entraînant une augmentation de la consommation.

C) Le changement dans l'affectation des terres, et en particulier l'extension de l'agriculture, devrait demeurer un des plus importants facteurs directs de changement, tant au niveau des terres que dans les rivières, les étangs et lacs. Les niveaux élevés d'éléments nutritifs dans l'eau devraient devenir un problème croissant, en particulier dans les pays en voie de développement. Les conséquences majeures que cela entraîne à l'heure actuelle comprennent la prolifération d'algues toxiques, des problèmes de santé, la mort de poissons ou encore l'endommagement des récifs coralliens.

D) Les effets du réchauffement climatique sur la biodiversité et sur les services fournis par les écosystèmes vont s'accroître. On s'attend au minimum à des changements dans la température, les précipitations, la végétation, le niveau des océans et la fréquence de phénomènes météorologiques extrêmes (tornades et tempêtes par exemple).

- E) Dans les quatre scénarios, on s'attend à ce que le réchauffement climatique augmente de façon significative la température moyenne à la surface du globe (de 1,5 à 2,0°C d'ici 2050 et de 2,0 à 3,5°C d'ici 2100).
- F) Les quatre scénarios prévoient que des mesures importantes et en priorité pour lutter contre le réchauffement de la planète seront prises d'ici le milieu du XXI^e siècle (approche réactive). On prévoit une augmentation de la moyenne des précipitations à l'échelle mondiale, mais certaines régions deviendront plus arides et d'autres plus humides.
- G) Le réchauffement climatique affectera directement les services fournis par les écosystèmes, par des changements dans la productivité et dans les zones de croissance de la végétation, ainsi que dans la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes.
- H) En outre, il est attendu que le réchauffement climatique touche également les écosystèmes de façon indirecte, par exemple à travers l'augmentation du niveau des mers qui perturbe la végétation du littoral.
- I) Une série de services fournis par les écosystèmes, identifiés comme représentant des défis clés pour le développement, seraient fortement perturbés par le réchauffement climatique. Ces services sont : l'offre d'eau potable, d'énergie et d'aliments, la préservation d'un environnement sain ainsi que la conservation de systèmes écologiques, de leur biodiversité et des biens et services écologiques qui leur sont associés.
- J) D'ici 2100, le réchauffement climatique et ses impacts pourraient devenir les principaux facteurs directs de perte de biodiversité et de changement dans les services fournis par les écosystèmes à l'échelle de la planète.
- K) Bien que certains services dans certaines régions puissent bénéficier dans un premier temps des augmentations de températures ou de précipitations prévues, on s'attend à un impact négatif net important sur les services des écosystèmes à travers le monde dès que le rythme de réchauffement sera supérieur à 0,2°C par décennie.

3.2 Comment les écosystèmes pourraient-ils changer d'ici 2050 ?

- A) La transformation rapide des écosystèmes devrait se poursuivre. On prévoit qu'environ 10 à 20% des prairies et des forêts actuelles seront transformées pour l'extension de l'agriculture, des villes et de l'infrastructure.
- B) La vitesse de transformation des écosystèmes dépendra fortement des changements dans la population, les richesses, le commerce et la technologie. D'après les quatre scénarios,

d'ici 2050, la perte d'habitats terrestres entraînera un brusque déclin dans la diversité locale d'espèces natives de l'endroit ainsi que dans les services qui y sont associés.

Les pertes d'habitats prévues dans les quatre scénarios entraîneront des extinctions à l'échelle mondiale à mesure que les populations s'adapteront aux habitats restants.

Le nombre d'espèces de plantes, par exemple, pourrait chuter de 10 à 15% à cause des habitats perdus entre 1970 et 2050.

C) Certaines espèces disparaîtront aussitôt que leur habitat sera modifié tandis que d'autres subsisteront pendant des décennies, voire des siècles. Les décalages entre la réduction des habitats et l'extinction des espèces qui en dépendent offrent la possibilité pour l'Homme de restaurer ces habitats et de sauver des espèces de l'extinction.

D) l'utilisation humaine des services fournis par les écosystèmes augmentera fortement. Dans de nombreux cas, cela entraînera une détérioration de la qualité des services et même une baisse au niveau de la quantité si l'utilisation n'est pas durable.

E) La croissance démographique et l'augmentation de la consommation par habitant entraîneront un accroissement de la demande en services, bien que les ressources soient exploitées de façon toujours plus efficace.

F) il est probable que la sécurité alimentaire demeure hors de portée de nombreuses personnes dans les pays pauvres (malgré l'augmentation de l'approvisionnement en nourriture et la diversification de l'alimentation mondiale).

G) il est prévu que les ressources mondiales en eau douce connaissent des changements complexes et importants qui varieront grandement en fonction de la situation géographique. Les précipitations accrues dues au réchauffement climatique offriront plus d'eau dans certaines régions mais y augmenteront également la fréquence des inondations.

H) Dans d'autres régions, les baisses de précipitations rendront l'eau moins accessible. En outre, les captages d'eau et les rejets d'eaux usées devraient fortement s'accroître dans certains pays en voie de développement.

I) la demande croissante de poisson entraîne un risque accru d'effondrement des stocks régionaux de poissons marins.

J) L'aquaculture pourra atténuer quelque peu cette pression mais devra pour cela cesser de dépendre elle-même de poissons marins comme source de nourriture pour ses élevages.

K) Il est difficile de prévoir dans quelle mesure les écosystèmes terrestres contribueront à la régulation du climat dans le futur. L'émission ou l'absorption de carbone par les écosystèmes influe sur les quantités de certains GES dans l'atmosphère et régule par conséquent le climat à l'échelle de la planète (plantes sont puits de carbone). A l'heure actuelle, les écosystèmes constituent un puits net de carbone, absorbant environ 20% des émissions de combustibles fossiles.

L) Ce service de régulation du climat sera très probablement perturbé par les changements dans l'affectation des terres, « bien qu'il soit difficile de faire des prévisions à cause de notre compréhension limitée des mécanismes de respiration des sols ».

M) Les services fournis par les écosystèmes des zones arides sont particulièrement vulnérables aux changements, surtout à ceux imputables au réchauffement climatique, au stress hydrique, et aux pratiques intensives.

N) La santé humaine devrait s'améliorer dans l'avenir. Le nombre d'enfants souffrant de sous-alimentations devrait diminuer, de même que la proportion de gens touchés par le SIDA/HIV, la malaria et la tuberculose. L'amélioration des mesures en matière de santé publique limite l'impact de nouvelles maladies comme le SRAS (Syndrome Respiratoire Aigu Sévère).

3.3. Quels sont les avantages de la gestion proactive des écosystèmes ?

A) Il ressort des scénarios que la gestion proactive des écosystèmes est généralement avantageuse, particulièrement face à des conditions changeantes ou nouvelles.

B) Les surprises écologiques sont toutefois inévitables étant donné la complexité des interactions impliquées et la compréhension actuellement insuffisante des propriétés dynamiques des écosystèmes.

C) Certains phénomènes surprenants, comme la capacité des insectes nuisibles à développer une résistance aux biocides, la contribution à la désertification de certaines affectations des sols.

D) Une approche proactive est plus avantageuse qu'une approche réactive car lorsque des services des écosystèmes sont dégradés, leur restauration, si elle est possible, demande plus de temps et d'argent que la prévention de la dégradation. Néanmoins, les approches, proactive et réactive présentent toutes deux des coûts et des bénéfices.

4. Quelles sont les principales incertitudes qui entravent la prise de décision relative aux écosystèmes ?

La réduction de certaines incertitudes importantes liées aux écosystèmes et à leurs services pourrait améliorer de façon significative la capacité des évaluations à offrir aux preneurs de décisions l'information dont ils ont besoin. De meilleures théories et modèles sont nécessaires afin de comprendre les liens entre les changements dans les écosystèmes et leurs impacts sur le bien-être humain, et d'en évaluer les conséquences économiques.

4.1 Les conditions et tendances au sein des écosystèmes sont difficiles à évaluer à cause des lacunes en termes d'information. Ces lacunes sont notamment imputables aux systèmes de surveillance, aux inventaires des espèces et aux modèles qui, tous, sont incomplets.

4.2 De meilleurs modèles pourraient fournir aux preneurs de décisions l'information détaillée établissant un lien direct entre les projections locales, nationales, régionales et mondiales concernant le futur des services fournis par les écosystèmes.

4.3 On ne dispose que d'une information limitée sur les coûts et bénéfices des options de politiques alternatives en termes de valeur économique totale (comprenant les services non marchands fournis par les écosystèmes). De plus, on n'en sait pas suffisamment sur l'importance qu'attribuent différentes cultures aux services culturels, comment cela évolue avec le temps, ou encore comment cela influence les décisions et les compromis entre effets souhaités et conséquences négatives.