



*"L'homme et les zones humides: un lien vital"*  
7e Session de la Conférence des Parties contractantes à la  
Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971),  
San José, Costa Rica, 10 au 18 mai 1999

### Cadre d'évaluation des risques pour les zones humides

#### Sommaire:

Introduction

Types de changements dans les caractéristiques écologiques

Évaluation des risques pour les zones humides

Indicateurs d'alerte rapide

Caractéristiques idéales des indicateurs d'alerte rapide

Exemples d'indicateurs d'alerte rapide

Réaction des indicateurs d'alerte rapide

#### Introduction

1. La Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971) a élaboré ce cadre conceptuel pour l'évaluation des risques pour les zones humides afin d'aider les Parties contractantes à prévoir et évaluer les changements dans les caractéristiques écologiques des sites inscrits sur la Liste des zones humides d'importance internationale et d'autres zones humides. Le présent cadre fournit des orientations sur les moyens de prévoir et d'évaluer les changements dans les caractéristiques écologiques des zones humides et insiste, en particulier, sur l'utilité des systèmes d'alerte rapide. Le Cadre d'évaluation des risques pour les zones humides est présenté comme un élément à part entière des plans de gestion des zones humides.
2. Les instruments de la Convention de Ramsar qui permettent d'évaluer et de maintenir les caractéristiques écologiques des zones humides sont nombreux et jouent un rôle central vis-à-vis de l'application du concept d'utilisation rationnelle de la Convention et des obligations des Parties contractantes découlant du traité. Ces instruments comprennent:
  - a. les Critères d'identification des zones humides d'importance internationale;
  - b. le Registre de Montreux des sites Ramsar dont les caractéristiques écologiques ont connu, connaissent ou sont susceptibles de connaître des changements (Résolution 5.4); et
  - c. les définitions de travail, lignes directrices sur la description et le maintien des caractéristiques écologiques des sites Ramsar et Principes opérationnels du Registre de Montreux (Résolution VI.1).
3. La Résolution VI.1, adoptée à la 6e Session de la Conférence des Parties contractantes à la Convention, en 1996, contenait également un cadre pour concevoir un programme efficace de surveillance des zones humides et demandait l'élaboration de systèmes d'alerte rapide appropriés pour détecter les changements défavorables et pour évaluer les définitions de travail de «caractéristiques écologiques» et «changement dans les caractéristiques

écologiques». Dans la période triennale qui a suivi, ces définitions de travail ont été étudiées et modifiées, comme on le voit dans la Résolution VII.10 qui adopte également le présent *Cadre d'évaluation des risques pour les zones humides*.

## Types de changements dans les caractéristiques écologiques

4. On peut regrouper les causes de changements défavorables dans les caractéristiques écologiques d'une zone humide en cinq grandes catégories:
  - a. modifications du régime de l'eau;
  - b. pollution de l'eau;
  - c. modifications physiques;
  - d. exploitation des produits biologiques; et
  - e. introduction d'espèces exotiques.
5. L'importance relative des différentes causes varie selon qu'elles sont observées au niveau régional ou national ou même de site en site. En outre, les causes de changement susmentionnées sont souvent reliées et il est parfois difficile de distinguer les effets des unes de ceux des autres. Un moyen plus simple d'envisager les changements dans les caractéristiques écologiques consiste à étudier le **type du changement** plutôt que **la cause du changement**. Selon la définition de «changement dans les caractéristiques écologiques» (voir le paragraphe 11 de la Résolution VII.10 qui adopte le présent Cadre), il y a trois grands types de changements – **biologique, chimique et physique**.
6. En adoptant un cadre approprié et des méthodes permettant de prévoir les changements dans les caractéristiques écologiques des zones humides, ce qui intéresse les gestionnaires des sites, c'est essentiellement le **type de changement**. Plus précisément, les changements défavorables qui résultent d'activités anthropiques.

## Évaluation des risques pour les zones humides

7. Afin de s'assurer que les indicateurs d'alerte rapide sont utilisés à bon escient, il importe que les processus de sélection, d'évaluation, d'analyse et de décision basés sur la réaction des indicateurs s'inscrivent dans un cadre d'évaluation structuré mais souple. Dans le contexte de la Convention de Ramsar, c'est un cadre d'évaluation des risques écologiques modifié, intitulé **Évaluation des risques pour les zones humides**, qui est proposé. Le cadre a pour objectif de décrire comment l'évaluation des risques pour les zones humides peut servir de «véhicule» pour piloter les opérations de prévision et d'évaluation des changements dans les caractéristiques écologiques en mettant notamment l'accent sur l'application de techniques d'alerte rapide.
8. La Figure 1 présente un modèle de base d'évaluation des risques pour les zones humides, conçu d'après un modèle plus général d'évaluation des risques écologiques. Il comporte six étapes, décrites dans les paragraphes qui suivent:
9. **Étape 1 – Mise en évidence du problème.** Il s'agit de déterminer la nature du problème et de préparer un plan pour la suite de l'évaluation des risques d'après cette information. Cette étape permet de définir les objectifs et la portée de l'évaluation des risques et de lui donner son fondement. Dans le cas d'un impact chimique, cela supposerait de recueillir et d'intégrer des informations sur les caractéristiques (par exemple, propriété, toxicité

connue) et la source de la substance chimique, de déterminer ce qui risque d'être affecté et comment et, surtout, ce qu'il convient de protéger.

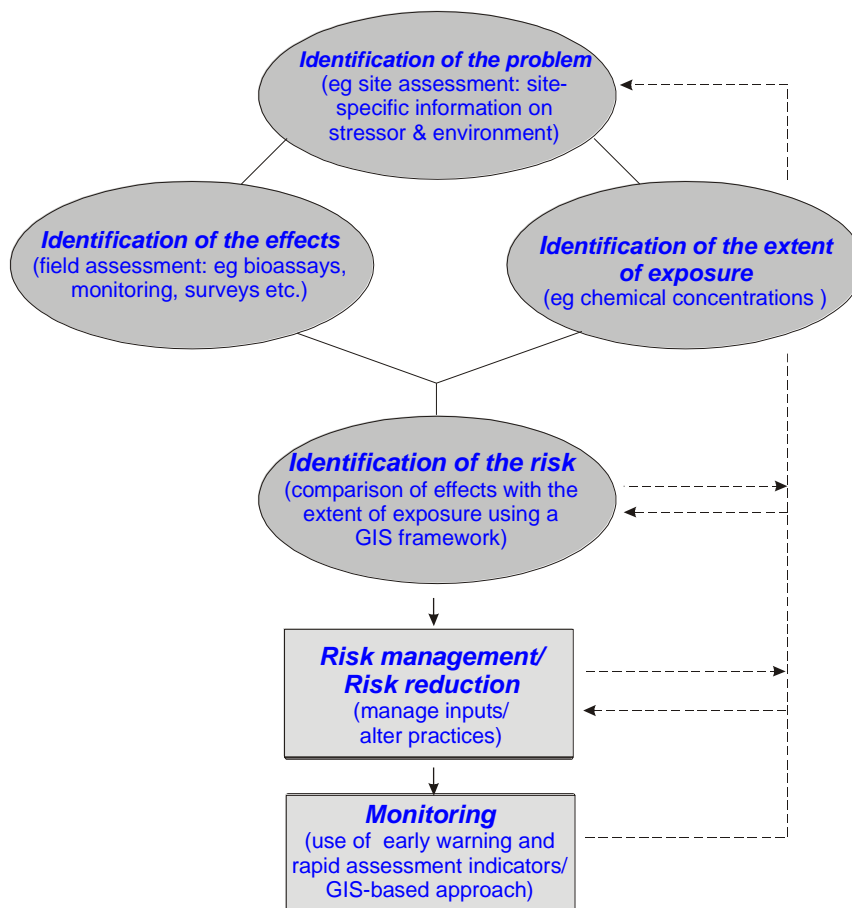
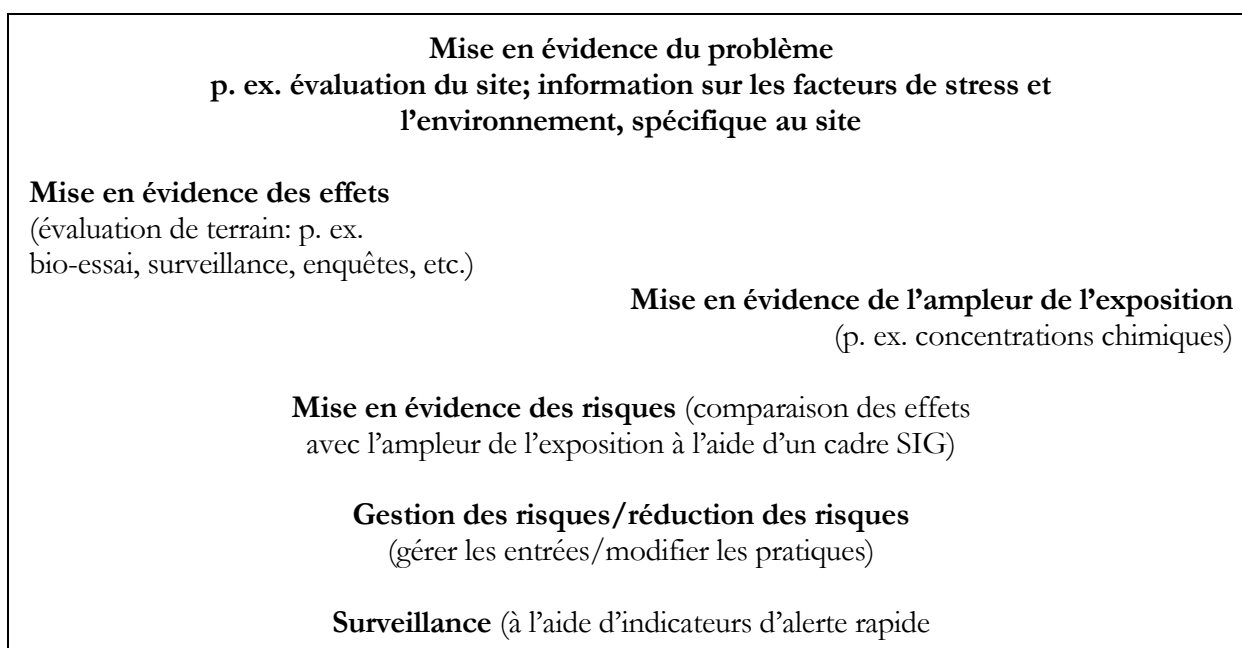


Figure 1. Modèle proposé d'évaluation des risques pour les zones humides



et d'évaluation rapide/méthode fondée sur le SIG)
---

10. **Étape 2 – Mise en évidence des effets défavorables.** Cette étape évalue l'ampleur probable des changements défavorables ou des impacts sur la zone humide. De préférence, les données devraient venir d'études sur le terrain car ce sont celles qui conviennent le mieux aux évaluations des impacts multiples que l'on constate dans de nombreuses zones humides. Selon la portée des changements défavorables et selon les ressources disponibles, ces études peuvent être de simples expériences quantitatives sur le terrain ou des études d'observation qualitatives. Pour les impacts chimiques, le bio-essai écotoxicologique est la méthode appropriée tandis que pour les changements dus à des plantes non désirables ou à des animaux redevenus sauvages, des observations sur le terrain et l'établissement de cartes suffiront peut-être.
11. **Étape 3 – Mise en évidence de l'ampleur du problème.** À cette étape, on estime l'ampleur probable du problème pour la zone humide concernée à l'aide d'informations rassemblées sur le comportement et l'ampleur du problème ailleurs. Dans le cas d'un impact chimique, les informations portent sur des processus tels que le transport, la dilution, la séparation, la persistance, la dégradation et la transformation, outre les propriétés chimiques générales et sur le taux de libération des substances chimiques dans l'environnement. Dans le cas de plantes envahissantes, les informations peuvent comprendre des données précises sur leur pénétration dans un écosystème, le taux de propagation et les préférences en matière d'habitat. Les études de terrain sont vraisemblablement la meilleure méthode mais les données historiques, la simulation et les études expérimentales sur le terrain et/ou en laboratoire sont des méthodes de substitution ou complémentaires qui permettent de définir l'ampleur du problème.
12. **Étape 4 – Mise en évidence des risques.** À cette étape, il s'agit d'intégrer résultats de l'évaluation des effets probables avec ceux de l'évaluation de l'ampleur probable du problème afin d'estimer le taux probable de changement écologique défavorable pour la zone humide. Il existe toute une panoplie de techniques permettant d'évaluer les risques, qui dépendent souvent du type et de la qualité des effets probables et de leur ampleur. Une des techniques utiles pour caractériser les risques pour les zones humides consiste à adopter un cadre fondé sur le SIG dans lequel les résultats des différentes évaluations sont surimposés sur une carte de la région concernée pour établir les liens entre les effets et l'impact. Outre qu'elle permet d'évaluer les risques, cette méthode permet aussi d'axer les futures évaluations et/ou mesures de surveillance sur des secteurs où l'on a déterminé d'éventuels problèmes.
13. **Étape 5 – Gestion et réduction des risques.** C'est le processus de décision final, pour lequel on utilise l'information obtenue grâce aux étapes d'évaluation décrites ci-dessus. À cette étape, on tente d'atténuer les risques sans compromettre d'autres valeurs de la société, de la communauté ou de l'environnement. Dans le contexte de la Convention de Ramsar, la gestion des risques doit également tenir compte du *concept d'utilisation rationnelle* et des effets potentiels des décisions de gestion sur ce concept. Le résultat de l'évaluation des risques n'est pas le seul facteur que l'on considère en gestion des risques; on tient également compte de facteurs politiques, sociaux, économiques et d'ingénierie/techniques ainsi que des avantages et limites respectifs de chaque mesure prise pour réduire les

risques. C'est une tâche pluridisciplinaire qui nécessite la mise en place de liens de communication entre les gestionnaires du site et les experts de différentes disciplines.

14. **Étape 6 – Surveillance continue.** La surveillance continue est la dernière étape d'un processus d'évaluation des risques et doit être entreprise pour vérifier l'efficacité des décisions prises en matière de gestion des risques. Elle doit comprendre des éléments qui servent de système d'alerte rapide fiable, permettant de savoir si une décision de gestion des risques a échoué ou est restée sans effets avant que les conséquences ne soient trop graves pour l'environnement. L'évaluation des risques n'a que peu d'intérêt si l'on n'entreprend pas une surveillance efficace. Le choix des points à mesurer dans le cadre de la surveillance est d'importance critique. Il est probable, en outre, qu'une méthode fondée sur le SIG est une bonne technique d'évaluation des risques des zones humides, car elle comprend une dimension spatiale utile pour surveiller les effets défavorables sur les zones humides.

### Indicateurs d'alerte rapide

15. Grâce aux indicateurs d'alerte rapide, il est possible de détecter des effets précurseurs ou qui indiquent le déclenchement d'impacts réels sur l'environnement. Cette «alerte rapide» ne fournit pas nécessairement la preuve irréfutable d'une dégradation de l'environnement à plus grande échelle mais permet de déterminer s'il faut ou non intervenir ou poursuivre l'étude. De ce fait, les indicateurs d'alerte rapide peuvent être définis comme *«les réactions biologiques, physiques ou chimiques mesurables à un stress particulier, précédant éventuellement l'apparition d'effets défavorables importants sur le système concerné»*.
16. Parmi les trois principaux types de changements dans les caractéristiques écologiques décrits au paragraphe 5 ci-dessus, les changements chimiques ont retenu, de loin, le plus d'attention du point de vue de leur impact sur l'environnement et des facteurs de prévision. En conséquence, la grande majorité des techniques d'alerte rapide a été élaborée dans le but d'évaluer les effets des substances chimiques sur les écosystèmes aquatiques. Il est recommandé de poursuivre les évaluations afin de mettre en évidence des indicateurs appropriés pour les autres grands types de changements. Les exemples d'indicateurs d'alerte rapide décrits dans le présent Cadre correspondent essentiellement à des méthodes d'évaluation biologique et physico-chimique permettant de prévoir des changements chimiques importants (c'est-à-dire la pollution) sur les zones humides ou de donner l'alerte.
17. Le choix d'indicateurs s'inscrit dans une hiérarchie de décisions indispensables qui permettent aux gestionnaires d'organiser des programmes de surveillance continue afin d'évaluer la santé de l'écosystème. Après avoir mis en évidence ce qui pose ou pourrait poser un problème et déterminé les valeurs environnementales à protéger, les administrateurs devraient donc s'efforcer de mettre en évidence les **objectifs d'évaluation** aux fins de la protection de la zone humide. Les activités suivantes peuvent, par exemple, être mises en place:
- a. **Détection rapide de changements aigus et chroniques** pour fournir des informations préalables de sorte que l'on puisse éviter des impacts écologiques importants.
  - b. **Évaluation de l'importance écologique de l'impact** par la mesure de la diversité biologique, de l'état de conservation et/ou des réactions au niveau de la population, de la communauté ou de l'écosystème.

18. Pour déterminer les effets sur l'écosystème dans son ensemble – ou l'importance écologique des effets observés – il est généralement nécessaire de mesurer les «éléments auxiliaires» de l'écosystème. Habituellement, ces éléments sont les communautés ou assemblages d'organismes ou l'habitat ou les espèces clés indicatrices, chaque fois qu'ils sont étroitement liés aux effets ressentis à l'échelle de l'écosystème. L'information sur l'importance écologique des effets défavorables est plus facile à obtenir dans le cadre de programmes régionaux ou nationaux qui comprennent la gamme complète des perturbations – des sites non dégradés à des sites gravement dégradés. Les méthodes d'évaluation rapide peuvent être utiles dans ce contexte.
19. Lors du choix d'un indicateur, il importe de garder présents à l'esprit la définition de «caractéristiques écologiques» d'une zone humide (voir le paragraphe 11 de la Résolution VII.10 adoptant le présent Cadre) et l'accent mis sur les éléments biologiques, chimiques et physiques de l'écosystème. Il peut donc être utile de sélectionner des indicateurs d'alerte rapide en fonction des éléments qui sont les plus susceptibles de changer. Les trois éléments sont étroitement liés. Bien qu'il existe des interactions, le *Cadre d'évaluation des risques pour les zones humides* fournit un processus qui aide à mettre en évidence les indicateurs les plus appropriés pour évaluer ou prévoir les changements.
20. Il importe de tenir compte de la pertinence d'un indicateur d'alerte rapide du point de vue écologique. Toutefois, les concepts d'alerte rapide et de pertinence écologique peuvent entrer en conflit. Les types de réponses biologiques que l'on peut mesurer, ainsi que leur relation avec la pertinence écologique et avec la capacité d'alerte rapide sont schématisés à la Figure 2. Par exemple, la réaction des marqueurs biologiques peut offrir une capacité d'alerte rapide exceptionnelle pour d'éventuels effets défavorables mais très peu d'éléments permettent d'établir que les réactions observées aboutissent ou culminent en des effets défavorables au niveau individuel et encore moins au niveau de la population, de la communauté ou de l'écosystème. On ne peut donc pas considérer que les marqueurs biologiques soient pertinents du point de vue écologique. Si l'objectif d'évaluation principal est la détection rapide, il est probable que celle-ci se fera aux dépens de la pertinence écologique et l'inverse sera sans doute vrai si c'est de l'importance écologique des effets que l'on tient compte.

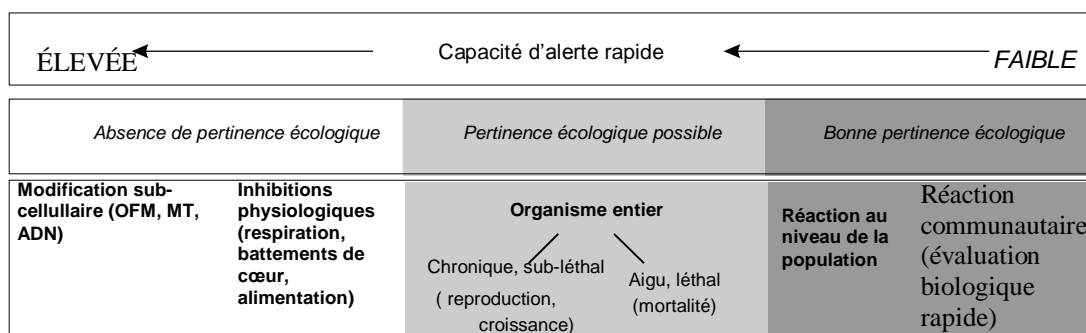


Figure 2 Relation entre la pertinence écologique et la capacité d'alerte rapide vis-à-vis des réactions biologiques mesurables

### Caractéristiques idéales des indicateurs d'alerte rapide

21. Pour pouvoir servir d'indicateur d'alerte rapide, une réaction particulière doit être:
- a. **prévisionnelle:** il faut qu'elle ait lieu à des niveaux d'organisation, soit biologique soit physique, qui fournissent une indication de la dégradation ou d'un effet défavorable quelconque avant que l'environnement ne subisse un dommage grave;
  - b. **sensible:** pour détecter d'éventuels impacts importants avant qu'ils ne se produisent, un indicateur d'alerte rapide doit être sensible à une faible perturbation ou aux premières étapes du problème;
  - c. **diagnostique:** elle doit être suffisamment spécifique à un problème pour augmenter la certitude de mettre en évidence la cause d'un effet;
  - d. **largement applicable:** elle doit indiquer des effets potentiels pour une vaste gamme de perturbations;
  - e. **corrélée aux effets réels sur l'environnement/à la pertinence écologique:** cela signifie qu'une exposition continue à une perturbation, et en conséquence la manifestation continue de la réaction, a généralement, ou souvent, des répercussions défavorables marquées sur l'environnement (à l'échelle de l'écosystème);
  - f. **opportune et d'un bon rapport coût-efficacité:** elle doit fournir des l'information assez rapidement pour que l'on puisse prendre des mesures de gestion avant qu'il n'y ait des répercussions graves sur l'environnement et être peu coûteuse à mesurer tout en fournissant le plus possible d'informations par unité d'effort;
  - g. **pertinente aux niveaux régional ou national:** elle doit correspondre à l'écosystème évalué;
  - h. **socialement adaptée:** elle doit avoir une valeur évidente et observable pour les parties prenantes ou permettre de détecter un signal socialement pertinent;
  - i. **facile à mesurer:** elle doit pouvoir être mesurée à l'aide d'une procédure normalisée réputée fiable, avec une grande précision;
  - j. **constante dans l'espace et dans le temps:** elle doit pouvoir détecter de petits changements et clairement établir qu'une réaction provient de sources anthropiques et non de facteurs naturels qui font partie du bruit de fond naturel (c'est-à-dire un signal élevé par rapport au bruit);
  - k. **non destructive:** la mesure de l'indicateur ne doit pas être destructive pour l'écosystème évalué.
22. On ne saurait trop insister sur l'importance des caractéristiques susmentionnées car toute évaluation de changements réels ou potentiels dans les caractéristiques écologiques sera aussi efficace que les indicateurs choisis pour l'évaluer. Toutefois, aucun indicateur d'alerte rapide ne saurait posséder toutes les caractéristiques idéales et, dans bien des cas, certaines entreront en conflit ou ne seront tout simplement pas réalisables.

### Exemples d'indicateurs d'alerte rapide

23. Un certain nombre d'indicateurs d'alerte rapide ont été mis au point pour l'évaluation des écosystèmes des zones humides. Ils ont été répartis en trois grandes catégories:
- a. essais de toxicité rapides;
  - b. essais d'alerte rapide sur le terrain; et
  - c. évaluations rapides.
24. Le Tableau 1 présente une description de tous ces indicateurs ainsi que de leurs limites éventuelles. Chacune des techniques peut correspondre à différents objectifs des

programmes d'évaluation de la qualité de l'eau. Bien que la plupart des indicateurs d'alerte rapide soient de nature biologique, il existe des indicateurs physico-chimiques qui sont souvent utilisés à la première phase de l'évaluation de la qualité de l'eau.

**Tableau 1 Rôle et limites éventuelles de différents types d'indicateurs d'alerte rapide**

Type de réaction et rôle	Limites éventuelles
<p><b>a. Essais de toxicité rapides</b> Évaluation de la toxicité en laboratoire sur des organismes sensibles (par exemple, mesure de l'effet sur la croissance, la reproduction), avec une production rapide de résultats. Ce sont des essais prévisionnels qui permettent, éventuellement, d'appliquer des mesures de gestion souples et opportunes (par exemple, déterminer un taux de dilution sécuritaire pour le déversement d'effluents à la composition changeante).</p>	<p>La pertinence écologique des réactions sublétales mesurées (par exemple, croissance, reproduction) n'a généralement pas été établie.</p>
<p><b>b. Essais d'alerte rapide sur le terrain</b> Mesure sur le terrain des réactions sensibles et sublétales des organismes par la surveillance ou l'évaluation. Ces essais peuvent fournir des informations préalables ou préventives permettant d'éviter de graves impacts écologiques.</p>	<p>La pertinence écologique des réactions mesurées (notamment des marqueurs biochimiques) n'a généralement pas été établie.</p>
<p><b>c. Évaluations rapides</b> Différentes méthodes de surveillance normalisée, rapide et d'un bon rapport coût-efficacité peuvent fournir une première évaluation des conditions écologiques dans de vastes régions. La couverture large permet d'identifier des "points chauds" et donc de prévoir et prévenir une répétition de tels événements ailleurs.</p>	<p>Les résultats sont généralement bruts et ne permettent, habituellement, de détecter que des impacts relativement graves.</p>

### Essais de toxicité rapides

25. Ce sont des bio-essais de toxicité en laboratoire conçus pour fournir des réactions rapides et sensibles à un produit chimique au moins. Ils indiquent que des effets défavorables pourraient se produire à de plus hauts niveaux de l'organisation biologique (par exemple, les communautés et les écosystèmes). Les essais de toxicité en laboratoire sont particulièrement utiles pour un ou des produit(s) chimique(s) qui n'ont pas encore été libérés dans le milieu aquatique (par exemple, un nouveau pesticide ou des eaux usées avant libération). Ils constituent une base pour la prise de décisions sur les concentrations ou les taux de dilution/libération sécuritaires, éliminant ainsi, ou du moins atténuant, les effets défavorables



sur le milieu aquatique. Toutefois, il existe des écarts importants dans la *pertinence écologique* des réactions pouvant être mesurées.

## Essais d'alerte rapide sur le terrain

26. Ce groupe comprend une gamme de techniques regroupées parce qu'elles sont utilisées pour mesurer les réactions ou les tendances sur le terrain et qu'elles donnent, en conséquence, une indication plus réaliste des effets sur l'environnement. À la différence des essais de toxicité en laboratoire, les essais d'alerte rapide sur le terrain permettent de prédire et/ou d'évaluer les effets des produits chimiques présents. Certaines des techniques peuvent aussi être appliquées aux problèmes biologiques et physiques.
27. **Évaluation directe de la toxicité.** Il s'agit d'utiliser les essais de toxicité pour évaluer et surveiller les effets des substances chimiques libérées dans les écosystèmes aquatiques (par exemple, déversements d'eaux usées, contamination des cours d'eau par les pesticides et autres produits agricoles chimiques). L'évaluation de la toxicité *in situ* d'une masse d'eau qui reçoit un polluant sert à vérifier l'efficacité des prévisions basées sur les essais de toxicité rapides décrits ci-dessus (paragraphe 25). Toutefois, si l'on estime que les réponses mesurées sont sensibles, les résultats peuvent aussi servir d'alerte rapide aux impacts potentiels aux plus hauts niveaux de l'organisation biologique.
28. **Surveillance du phytoplancton.** En raison de ses besoins nutritionnels, de sa place à la base de la chaîne alimentaire aquatique et de son aptitude à réagir rapidement et de manière prévisible à une vaste gamme de polluants, le phytoplancton est peut-être l'indicateur d'alerte rapide le plus prometteur en ce qui concerne les changements dans les caractéristiques écologiques des zones humides induits par des produits chimiques. En outre, sa sensibilité aux changements de concentration des nutriments en fait un indicateur idéal pour évaluer l'eutrophisation. On peut l'utiliser dans les bio-essais de toxicité décrits précédemment, dans les essais de toxicité rapides et dans l'évaluation directe de la toxicité. Ces méthodes sont rapides, peu coûteuses et sensibles et peuvent être menées aussi bien au laboratoire que sur le terrain, à l'aide soit d'algues cultivées en laboratoire, soit d'assemblages naturels de phytoplancton. Les bio-essais de fractionnement des algues évaluent les effets des polluants sur les paramètres fonctionnels (par exemple, absorption de C<sup>14</sup>, biomasse), de fractions de tailles différentes, d'un assemblage naturel d'algues. Les indicateurs structurels, tels que les changements dans la composition des espèces et dans les assemblages par taille se sont également révélés particulièrement sensibles.
29. **Marqueurs biologiques.** On peut les définir comme des indicateurs biochimiques, physiologiques ou histologiques soit de l'exposition, soit des effets de produits chimiques particuliers au niveau de parties d'un organisme ou au niveau de l'organisme. Le concept de base est que les changements intervenant dans la biochimie, la physiologie ou l'histologie d'organismes individuels précèdent souvent des effets au niveau de tous les organismes et éventuellement, par conséquent, de la population, de la communauté et de l'écosystème. En bref, on prélève des animaux aquatiques dans le site ou les sites concernés et dans un site de référence, puis on évalue et on compare les marqueurs biologiques. Une autre variante serait de placer des micro-organismes "en cage" dans le milieu qui nous intéresse et de mesurer la réaction des marqueurs biologiques après une période de temps prédéterminée. On a utilisé des marqueurs biologiques pour prévoir les éventuels effets défavorables d'un certain nombre de types de polluants, y compris de produits chimiques organiques tels que les

pesticides et les hydrocarbures de pétrole, les métaux lourds et les mélanges complexes (par exemple, les effluents industriels).

30. Trois types éventuellement utiles de marqueurs biologiques sont la fonction oxydase mixte, la vitellogénine qui est un marqueur biologique à disruption endocrine potentielle et la bio-accumulation. On a démontré que de nombreux marqueurs biologiques donnent une alerte rapide en ce qui concerne les éventuels effets défavorables sur l'environnement de produits chimiques particuliers ou d'effluents complexes. Ils fournissent la forme la plus avancée d'alerte biologique rapide.

## Évaluations rapides

31. Celles-ci sont de plus en plus utilisées pour surveiller la qualité de l'eau car elles permettent de rassembler une information écologiquement pertinente sur de vastes régions géographiques, de façon normalisée et pour un coût relativement faible. L'inconvénient, c'est que les méthodes d'évaluation rapide sont, en général, relativement «brutes» et, partant, non conçues pour détecter des effets subtils. Les caractéristiques souhaitées ou essentielles de l'évaluation rapide sont:
  - a. la réaction mesurée est globalement considérée comme reflétant correctement les conditions écologiques ou l'intégrité d'un site, d'un bassin versant ou d'une région (c'est-à-dire l'élément auxiliaire d'un écosystème);
  - b. les méthodes d'échantillonnage et d'analyse des données sont hautement normalisées;
  - c. la réaction est mesurée rapidement, à faible coût et avec une production rapide des résultats;
  - d. les résultats sont faciles à comprendre, même pour des profanes; et
  - e. la réaction a valeur de diagnostic.
32. Toute une gamme de méthodes d'évaluation rapide est en train d'être élaborée. Elle comprend des méthodes d'évaluation biologique rapide à l'aide d'invertébrés, la surveillance de l'avifaune et la télédétection. Toutes ont des applications particulières et, dans bien des cas, ont encore besoin d'être affinées.
33. La surveillance physico-chimique est également reconnue comme une composante vitale de tout programme d'évaluation intégré qui utilise des mesures biologiques pour évaluer l'état des cours d'eau. La surveillance des paramètres physico-chimiques normalisés peut être utilisée de différentes manières. Premièrement, elle fournit un état des caractéristiques physico-chimiques d'une masse d'eau qui, lorsqu'on le poursuit sur une longue période, fournit un historique de la variation des caractéristiques dans le temps. Deuxièmement, de nombreux paramètres physico-chimiques ont l'aptitude de modifier la toxicité de polluants particuliers. La plupart des paramètres physico-chimiques normalisés de la qualité de l'eau sont simples, peu coûteux et faciles à mesurer et devraient être utilisés pour compléter toute étude de surveillance écotoxicologique ou biologique.

## Réaction des indicateurs d'alerte rapide

34. Accepter la nécessité d'adopter des indicateurs d'alerte rapide dans un programme de surveillance suppose que l'on soit prêt à agir dès réception de messages de changement rapide et qu'un plan de gestion convenu est en place. Les premières étapes de ce plan de gestion peuvent comprendre une série de concertations entre les parties prenantes qui

négocient à propos du type et de l'ampleur des changements jugés importants, ainsi que de ce qu'il en coûte de décider qu'il y a un impact quand en réalité il n'y en a pas ou de ne pas détecter un véritable impact. Ce sont des paramètres statistiques importants qu'il convient d'établir car ils déterminent la confiance que l'on place dans les résultats de la surveillance.

35. L'intégration d'indicateurs d'alerte rapide dans un programme de surveillance suppose une approche de gestion tenant compte de principes de précaution, c'est-à-dire prévoyant une intervention avant que des changements réels et importants au niveau de l'écosystème ne se produisent. L'intervention en réaction aux changements d'un indicateur d'alerte rapide se produit donc lorsqu'on atteint un seuil de déclenchement prudent et généralement arbitraire dans la réaction mesurée.
36. Les programmes d'évaluation d'impact les plus efficaces sont généralement ceux qui comprennent deux types d'indicateurs, à savoir ceux qui sont associés avec l'alerte rapide aux changements et ceux qui sont considérés comme étroitement associés aux effets au niveau de l'écosystème. L'indicateur «du niveau de l'écosystème» pourrait comprendre des populations importantes sur le plan écologique (par exemple, des espèces clés) ou des habitats ou des communautés d'organismes qui servent d'«éléments auxiliaires» de l'écosystème approprié. Les indicateurs utilisés pour l'évaluation rapide jouent normalement ce rôle. Lorsque les deux types d'indicateurs sont mesurés dans un programme de surveillance, l'information fournie par les indicateurs du niveau de l'écosystème peut alors être utilisée pour évaluer l'importance écologique de tout changement observé dans un indicateur d'alerte rapide.
37. Tout comme pour les indicateurs d'alerte rapide, les seuils de changement et autres critères de décision statistique pour les indicateurs «du niveau de l'écosystème» doivent être négociés et décidés à l'avance. Les décisions spécifiques sur les seuils de changements sont une question que l'on ne peut traiter efficacement que sur la base des sites, tout en tenant compte des valeurs écologiques et de l'utilisation rationnelle du site.