



# **Suivi et évaluation de l'efficacité des outils et actions de la Trame Verte et Bleue**

*Simon Véron, Jennifer Amsallem*



**Juillet 2014**

**Maître d'ouvrage**

Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie/ Direction Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature / Direction de l'Eau et de la Biodiversité / Bureau de l'intégration de la biodiversité dans les territoires

**Equipe d'étude**

IRSTEA – UMR TETIS

**Auteurs**

Simon Véron

Jennifer Amsallem

**Relecture**

Romain Sordello, MNHN

**Contact**

Jennifer Amsallem : [jennifer.amsallem@teledetection.fr](mailto:jennifer.amsallem@teledetection.fr)

Et un grand merci à tous ceux qui nous ont accordé du temps pour cette étude !

## Table des matières

<b>1</b>	<b><i>Introduction</i></b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b><i>Contexte de l'étude</i></b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b><i>Matériels et méthodes</i></b>	<b>6</b>
3.1	Protocole d'enquête téléphonique	6
3.2	Recherche Bibliographique	8
3.3	Analyse des informations	8
<b>4</b>	<b><i>Mettre en œuvre un suivi et une évaluation de l'efficacité des outils et actions de la Trame Verte et Bleue</i></b>	<b>8</b>
4.1	Contexte historique du suivi et de l'évaluation	8
4.2	Les suivis	9
4.3	L'évaluation	11
4.4	Des indicateurs pour le suivi et l'évaluation de l'efficacité des actions	12
4.5	Difficultés de mise en œuvre d'un dispositif de suivi et d'évaluation	14
4.6	Les facteurs d'amélioration des suivis	14
4.7	Le suivi et l'évaluation de l'efficacité des projets de Trame Verte et Bleue	15
<b>5</b>	<b><i>Des dispositifs de suivi et d'évaluation de l'efficacité spécifiques à certains milieux</i></b>	<b>23</b>
5.1	Suivi et évaluation en milieu ouvert : le cas particulier des milieux agricoles	23
5.2	Les dispositifs de suivi et d'évaluation spécifiques aux milieux forestiers	37
5.3	Suivi et évaluation spécifiques aux continuités écologiques des cours d'eau	45
5.4	Suivi et évaluation de l'efficacité des outils et actions spécifiques aux zones humides	55
5.5	Les dispositifs de suivi et d'évaluation de l'efficacité spécifiques aux milieux littoraux	65
5.6	Conclusion	71
<b>6</b>	<b><i>Suivi et évaluation de l'état de conservation des habitats</i></b>	<b>72</b>
6.1	Introduction	72
6.2	Définitions	72
6.3	Evaluation de l'état de conservation des habitats naturels	72
<b>7</b>	<b><i>Dispositifs de suivi et d'évaluation spécifiques aux espèces</i></b>	<b>75</b>
7.1	Introduction	75
7.2	Suivis biologiques des populations	75
7.3	Suivi des déplacements des espèces	84
7.4	Comparaison des méthodes	89
7.5	Conclusion	89
<b>8</b>	<b><i>Suivi et évaluation de l'efficacité des outils de préservation de la biodiversité mobilisables pour la TVB</i></b>	<b>91</b>
8.1	Introduction	91
8.2	Les espaces naturels faisant obligatoirement partie de la Trame Verte et Bleue	92

8.3	Les espaces naturels protégés susceptibles d'intégrer la TVB	96
8.4	Suivi et évaluation des documents d'urbanisme	100
8.5	Suivi et évaluation des Schéma d'Aménagement de la Gestion des Eaux	103
8.6	Autres outils mobilisables dans le cadre de la TVB	104
8.7	Conclusion	106
<b>9</b>	<b><i>Suivi et évaluation des projets d'aménagement</i></b>	<b>106</b>
9.1	Introduction	106
9.2	Suivi et évaluation des mesures compensatoires des projets d'aménagement	106
9.3	Suivi et évaluation de l'efficacité des mesures prises dans le cadre des infrastructures linéaires de transport	109
9.4	Conclusion	120
<b>10</b>	<b><i>Suivi et évaluation de l'efficacité des opérations de restauration écologique</i></b>	<b>121</b>
10.1	Définition	121
10.2	Objectifs	121
10.3	Suivi et évaluation de l'efficacité de la restauration écologique	121
<b>11</b>	<b><i>Discussion</i></b>	<b>126</b>
11.1	Des manques pour le suivi et l'évaluation de l'efficacité des actions	126
11.2	Limites dans la mise en œuvre du suivi et de l'évaluation de l'efficacité de mesures environnementales et comment les dépasser	126
11.3	Perspectives pour le suivi et l'évaluation de l'efficacité des mesures TVB	130
<b>12</b>	<b><i>Conclusion</i></b>	<b>131</b>
	<b><i>Glossaire</i></b>	<b>142</b>
	<b><i>Acronymes</i></b>	<b>143</b>
	<b><i>ANNEXES</i></b>	<b>144</b>

# 1 Introduction

Le Grenelle de l'environnement s'est achevé fin 2007 par un accord des parties prenantes sur un ensemble de mesures destinées à une meilleure prise en compte de l'environnement et de sa composante biodiversité. Parmi ces mesures figure la définition d'une Trame verte et bleue, définie comme le « tissu vivant du territoire, qui assure les continuités et les proximités entre milieux naturels permettant aux espèces de circuler et d'interagir et aux écosystèmes de fonctionner ». La définition des éléments de mise en œuvre de la décision portant sur la Trame verte et bleue incombe au Comité opérationnel Trame verte et bleue (COMOP TVB), qui a disposé d'un mandat de deux ans (2008 - 2010) pour élaborer les éléments législatifs relatifs à la TVB, mais aussi sur la préparation des orientations et recommandations méthodologiques pour son élaboration. Pour assister le COMOP TVB dans son mandat, le Ministère en charge de l'environnement a souhaité réunir un groupe d'appui scientifique et technique regroupant l'Institut de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture (IRSTEA), le Muséum Nationale d'Histoire Naturelle (MNHN) et l'Office National des Eaux et des Milieux Aquatiques (ONEMA). Dans ce contexte, ce groupe d'appui mène des réflexions sur le dispositif de suivi et d'évaluation des SRCE qu'il serait souhaitable de mettre en place afin d'appuyer les structures ayant en charge l'élaboration des SRCE.

Au cours de ces travaux et réflexions, s'est posée de façon récurrente la question du suivi et de l'évaluation de l'efficacité des mesures qui peuvent être mises en œuvre pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques, ainsi que des outils mobilisés. Il est souhaitable de disposer d'un diagnostic sur les possibilités de suivre et d'évaluer ces actions et outils. Ce diagnostic pourra alimenter les différents niveaux de mise en œuvre de projets de trame verte et bleue, mais pourra aussi servir de base de réflexions à des gestionnaires d'espaces naturels qui mettent œuvre les mêmes actions ou mobilisent les mêmes outils dans le cadre d'autres politiques de protection de la nature. L'objectif de cette étude exploratoire est donc d'analyser quels sont les dispositifs mobilisables pour suivre et évaluer l'efficacité des actions et des outils utilisés dans le cadre de la mise en œuvre de projets de Trames vertes et bleues : types d'actions et d'outils les plus faciles à suivre et à évaluer, ceux qui posent le plus de difficultés, etc... Les actions et outils étudiés sont de nature très variables, ils peuvent porter par exemple sur les infrastructures linéaires de transport, les espaces naturels protégés, les milieux agricoles, forestiers, les cours d'eau, les zones humides, etc... Les objectifs de l'étude, basée sur une enquête auprès des acteurs de l'environnement, sont :

- Identifier des types d'actions et d'outils pour lesquels il existe déjà des outils performants de suivi et d'évaluation ;
- Analyser l'efficacité de ces outils ;
- Identifier des manques de connaissances et des difficultés rencontrées pour la mise en place de dispositifs de suivi et d'évaluation de l'efficacité d'actions et d'outils pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques ;
- Etablir des recommandations pour améliorer les dispositifs de suivi et d'évaluation de ces actions et outils.

Après avoir rappelé les enjeux et objectifs de la Trame Verte et Bleue, seront présentés les bases conceptuelles du suivi et de l'évaluation et les critères permettant de mener un suivi et une évaluation efficaces. La suite du rapport présente les dispositifs de suivi et d'évaluation identifiés au cours de l'étude. Sont présentées en parallèle les opportunités, difficultés et manques pour la mise en œuvre de ces dispositifs ainsi que les améliorations possibles comme celles apportées par des projets de recherche. Ces dispositifs ont été classés par rapport à des enjeux phares de la Trame Verte et Bleue :

- Suivi et évaluation spécifiques à certains milieux ;
- Suivi et évaluation de l'état de conservation des habitats ;
- Suivi et évaluation des déplacements des espèces ;
- Suivi et évaluation existants dans le cadre d'outils mobilisables pour la Trame Verte et Bleue ;
- Suivi et évaluation dans le cadre de projets d'aménagements ;
- Suivi et évaluation de l'efficacité des restaurations écologiques.

Les méthodes identifiées pouvant être l'objet d'études spécifiques, le rapport présente et recommande des éléments de bibliographie permettant de préciser et approfondir les connaissances.

Il est ensuite réalisé une synthèse sur la mise en œuvre de dispositifs de suivi et d'évaluation, sur les manques et améliorations possibles. Des perspectives pour la mobilisation de ces dispositifs dans le cadre de la Trame Verte et Bleue sont finalement présentées.

## 2 Contexte de l'étude

La loi portant engagement national pour l'environnement instaurant les schémas régionaux de cohérence écologique prévoit que « au plus tard à l'expiration d'un délai fixé par décret, le président du conseil régional et le représentant de l'Etat dans la région procèdent conjointement à une analyse des résultats obtenus du point de vue de la préservation et de la remise en bon état des continuités écologiques par la mise en œuvre du schéma [...]. A l'issue de cette analyse, le conseil régional délibère sur son maintien en vigueur ou sur sa révision. Le représentant de l'Etat dans la région se prononce par décision dans les mêmes termes ». Ce rendez-vous périodique impose de mettre en place un processus de suivi des choix techniques et des outils mis en place, ainsi que d'évaluation de leur efficacité. A ce titre, en première approximation, il est possible de parler d'évaluation de la politique de Trame verte et bleue régionale (COMOP TVB, 2010b).

Le projet de décret relatif à la Trame verte et bleue (2012) précise que les SRCE doivent comporter un dispositif de suivi et d'évaluation qui « s'appuie notamment sur des indicateurs relatifs aux éléments composant la trame verte et bleue régionale, à la fragmentation du territoire régional et son évolution, au niveau de mise en œuvre du schéma ainsi qu'à la contribution de la trame régionale aux enjeux de cohérence nationale de la trame verte et bleue. ». Cette évaluation, réalisée au plus tard tous les six ans à compter de l'adoption, de la révision ou du maintien en vigueur du schéma, pourra conduire à la révision du SRCE dans l'objectif d'une amélioration constante de l'état et de la fonctionnalité des continuités écologiques. Par ailleurs, au niveau national, le ministre en charge de l'écologie doit présenter au Comité national Trame verte et bleue les SRCE accompagnés d'une analyse de la contribution des SRCE à la cohérence nationale des trames vertes et bleues (Article D-371-2 du Code de l'Environnement).

Ainsi, le suivi et l'évaluation de la Trame Verte et Bleue portent principalement sur les Schémas Régionaux de Cohérence Ecologique. Plusieurs travaux ont été publiés à ce sujet, dont une note technique de propositions pour le dispositif de suivi et d'évaluation d'un SRCE, en 2013. Afin de poursuivre la réflexion sur le suivi et l'évaluation de la Trame Verte, l'objectif de cette étude est de présenter les principaux dispositifs de **suivi et d'évaluation de l'efficacité des outils et actions** mobilisables pour la préservation et remise en état des continuités écologiques, d'analyser les difficultés et manques pour la mise en œuvre de ces dispositifs et proposer des solutions pour améliorer les pratiques de suivi et d'évaluation.

## 3 Matériels et méthodes

La méthode s'est appuyée sur une recherche bibliographique et la réalisation d'entretiens. Cette étude s'intéresse aux dispositifs de suivi et d'évaluation **mobilisables** pour la TVB, une grande diversité d'acteurs a donc été contactée à l'échelle nationale et parfois à l'étranger.

### 3.1 Protocole d'enquête téléphonique

#### 3.1.1 Choix de la méthode

Il a été choisi de mener des entretiens téléphoniques. Des études américaines confortent d'ailleurs ce choix par enquête téléphonique (Alexander et Allan, 2007 ; O'Donnell et Galat, 2008).

Afin de définir un cadre aux entretiens, des questionnaires ont été réalisés et adaptés à la multiplicité des acteurs contactés. Les entretiens ont été menés de façon semi-directive, laissant une certaine liberté à l'interlocuteur tout en ayant un cadre de discussion. Cela a permis de se rendre compte du ressenti des personnes par rapport aux suivis et à l'évaluation, et d'obtenir des informations complémentaires aux questionnaires. Les entretiens ont été enregistrés par dictaphone afin de permettre leur retranscription.

### 3.1.2 Identification des contacts

Avant toute prise de contact, une recherche bibliographique a été menée pour connaître des retours d'expérience sur la mise en œuvre de dispositifs de suivi et d'évaluation, que ce soit dans le cadre de la Trame Verte et Bleue ou non. Cela a amené à identifier les premiers interlocuteurs. En premier lieu, les organismes fédérateurs à l'échelle nationale (Fédération des Parcs Naturels Régionaux, Fédération des Parcs Nationaux, Fédération des Réserves Naturelles, Conservatoire du Littoral...) ont été contactés. Cela a permis d'être redirigé vers des projets locaux intégrant le suivi et l'évaluation de leur efficacité. Au fur et à mesure des recherches, les informations nécessaires à l'étude ont été précisées ainsi que les types d'acteurs pouvant fournir ces informations. Globalement deux types de contacts ont été recherchés : ceux pouvant témoigner de retours d'expérience quant à la mise en œuvre opérationnelle de suivis et d'évaluation portant sur l'efficacité et ceux travaillant à améliorer les techniques et protocoles de suivi et d'évaluation.

### 3.1.3 Retour des entretiens

Les entretiens semi-directifs ont permis d'obtenir des réponses aux questionnaires mais aussi de faire ressortir des points qui n'auraient sans doute pas été abordés dans un entretien directif. Sur les 118 contacts identifiés, 77 ont répondu : 65 par téléphone, 6 par échanges de mails, 6 par entretiens direct.

Les principales structures à avoir été contactées sont les gestionnaires d'espaces naturels et les centres de recherche. Les entretiens ont, par rapport à la bibliographie, surtout permis de s'intéresser à des retours d'expérience sur la mise en œuvre pratique des dispositifs de suivi, et d'avoir accès à des documents pertinents pour cette étude.

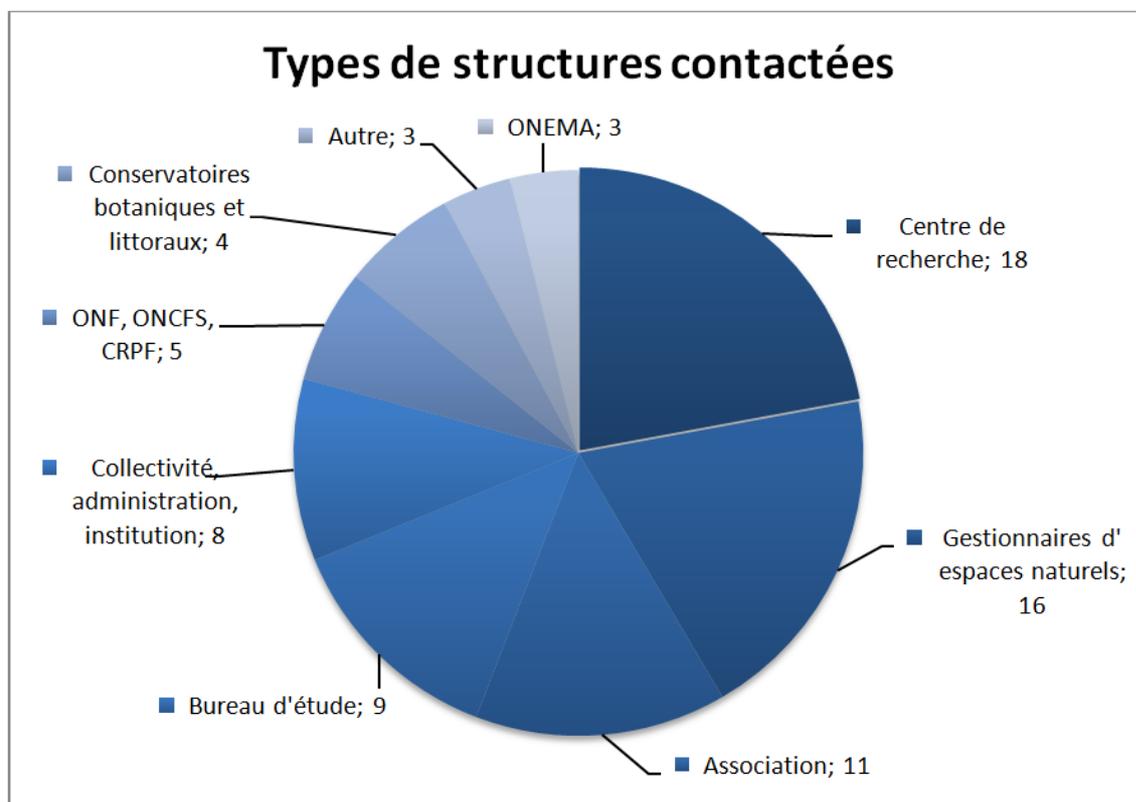


Figure 1: Types de structures contactées

## **3.2 Recherche Bibliographique**

Des recherches et analyses bibliographiques ont eu lieu tout au long de l'étude. Les documents étaient recherchés par mots clés dans des moteurs de recherche scientifique, ou en utilisant la bibliographie de publications, ou par envoi par les contacts. Les documents analysés étaient majoritairement des guides méthodologiques pour le suivi et l'évaluation ainsi que des publications scientifiques. La bibliographie a été complémentaire des entretiens pour la collecte d'informations.

## **3.3 Analyse des informations**

Les entretiens et la recherche bibliographique avaient pour but de réaliser un travail prospectif sur les dispositifs de suivi et d'évaluation mobilisables pour mesurer l'efficacité des outils et actions de la Trame Verte et Bleue. L'étude ne vise pas l'exhaustivité, en particulier du fait du très grand nombre d'actions et d'outils mobilisables pour la TVB. Elle a permis d'identifier des dispositifs de suivi et d'évaluation prometteurs qui sont présentés dans la suite du rapport.

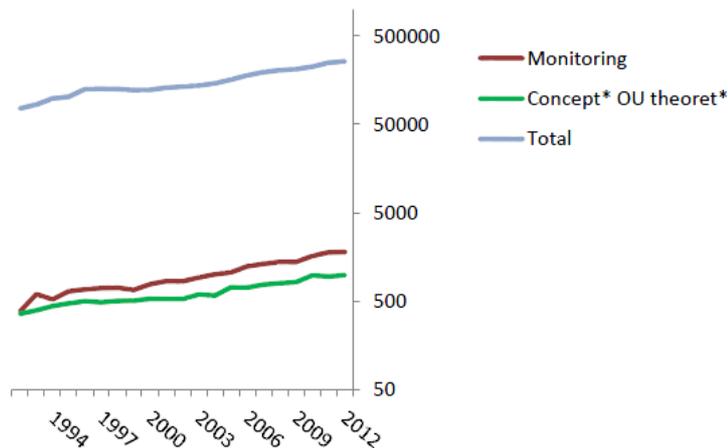
Les entretiens ont également permis de dégager les difficultés rencontrées, les manques, les perspectives et pistes d'amélioration.

Des grilles d'analyse ont été élaborées pour classer les informations puis les analyser. Une première grille présente les dispositifs de suivi et d'évaluation existants (cadre, méthodes et objectifs) en fonction des types d'actions, outils et projets identifiés. Sont présentés dans ce même tableau les avantages, inconvénients, manques et perspectives d'amélioration de chacun des dispositifs. Pour mieux se rendre compte de l'importance des manques et difficultés pour la mise en œuvre d'un suivi et d'une évaluation de l'efficacité des actions, une grille présente pour chaque difficulté identifiée, quels sont les acteurs l'ayant mentionnés lors des entretiens. Une grille évaluant les pistes d'amélioration possibles a été réalisée sur le même principe.

# **4 Mettre en œuvre un suivi et une évaluation de l'efficacité des outils et actions de la Trame Verte et Bleue**

## **4.1 Contexte historique du suivi et de l'évaluation**

Selon un nombre grandissant d'acteurs de la conservation de la biodiversité, un projet de gestion de bonne qualité est en partie lié à un dispositif de suivi et d'évaluation bien structuré (Stem *et al.*, 2005). Ainsi, la mise en œuvre de dispositifs de suivis et d'évaluation a augmenté depuis une dizaine d'années. Il s'agissait à l'origine d'une volonté de la part des financeurs de projet d'optimiser leurs investissements (Stem *et al.*, 2005). Une « culture de l'évaluation » s'est ainsi développée dans de nombreux domaines (Rossi *et al.* 2004). Que ce soit dans les spécialités de la santé, de l'éducation, du commerce, les programmes, projets et plus récemment les politiques publiques sont sujets à évaluation. En écologie, suivi et évaluation sont des outils incontournables pour mesurer la dynamique de la biodiversité et évaluer les pratiques de gestion (Gosselin, 2013). Ils permettent de montrer si un projet est opérationnel ou non et d'identifier quelles en sont les conditions. Le suivi et l'évaluation doivent amener à une meilleure prise de décision et donc à améliorer la conservation (Niemelä, 2000). Suivi et évaluation servent aussi de signal d'alerte lorsqu'un problème survient. Témoignant de l'intérêt de comprendre les fonctions du suivi et de l'évaluation et de comment les améliorer, le nombre de publications ayant traités au suivi et à l'évaluation a largement augmenté depuis une vingtaine d'années (Figure 2).



**Figure 2 : Evolution du nombre de publications ayant attiré au suivi et à l'évaluation**  
 Source : Scopus, champ thématiques Environnement et sciences biologiques et agricoles

Dans les parties qui suivent les concepts de suivi et d'évaluation sont distingués car ils présentent chacun des spécificités et peuvent être menés indépendamment. Cependant, dans la mesure où l'évaluation est une forme de structuration des données apportées par le suivi (Morandi, 2010) suivi et évaluation sont étroitement liés (Clarke, 1999).

## 4.2 Les suivis

### 4.2.1 Définition

Vos *et al.* (2000) définissent le suivi comme une mesure répétée dans le temps d'un jeu de variables donné, suivant un schéma spatial et temporel prédéfini. Il sert à évaluer l'état du système et expliquer les changements de cet état dans l'espace et le temps (Yoccoz *et al.*, 2001).

Un suivi n'est pas un inventaire (Siblet, 2013). Un inventaire se matérialise par une donnée de présence (ou trop peu souvent d'absence) sur un territoire donné. Les plus modernes d'entre eux apportent, à la marge, l'aspect quantification. Le suivi implique d'appréhender les relations qui peuvent exister entre la dynamique d'une population d'une espèce et la gestion du territoire qu'elle occupe (Siblet, 2013).

### 4.2.2 Fonctions des suivis

Généralement un suivi a deux grandes fonctions (Tear *et al.*, 2005 ; Keith *et al.*, 2011 ; Yoccoz *et al.* 2001) :

1. Alerter lorsque survient un écart par rapport au système souhaité
2. Estimer l'état, la dynamique d'un système et contrôler une gestion, une politique.

La première fonction est assurée par des suivis de « surveillance » et la seconde par des suivis « ciblés » (Thompson et Caillot, 2013).

Un suivi de surveillance implique les notions de veille et de vigilance. Il prend différentes formes : collecte de métriques de base, biologiques ou abiotiques, comme l'observation des paramètres de l'habitat d'une espèce... Ce type de suivi ne se base pas inévitablement sur des objectifs initiaux ou des hypothèses d'évolution des paramètres mesurés. Les protocoles sont suffisamment simples pour être reproductibles à long terme. (Thompson et Caillot, 2013)

Un suivi ciblé a pour but d'observer et de chercher à comprendre la trajectoire d'un objet, comme une population, une communauté, une espèce, ou d'un paramètre abiotique, par exemple la salinité, le pH... Le point de départ est une question bien identifiée, par exemple : la population est-elle en déclin ? Est-elle stable ? Ou bien est-elle en augmentation ? Le suivi s'accompagne de la définition

d'un protocole adapté à la question posée. Le suivi repose sur des données répétées dans le temps afin de vérifier l'atteinte d'un objectif de gestion ou renseigner un indicateur de dynamique (Thompson et Caillot, 2013).

D'autres classifications des suivis sont possibles. Par exemple, Lindenmayer et Likens (2010) identifient :

- Les suivis menés par curiosité : ils ne se basent pas sur la recherche d'une réponse à une question ou à un objectif précis. Ils sont uniquement guidés par la curiosité.
- Les suivis mandatés : les données sont collectées afin de répondre à une demande d'une politique, d'une directive... Leur principale fonction est d'évaluer des tendances.
- Les suivis menés à partir d'un modèle conceptuel et d'une structure rigoureuse. Des prédictions sont dégagées à partir de ces modèles et elles devront être testées lors du suivi.

L'UNESCO<sup>1</sup> distingue également :

- Les suivis des processus qui mesurent les moyens par lesquels les objectifs sont atteints. Ils comprennent l'utilisation des données saisies, l'information sur le progrès des activités et la façon dont les activités sont menées...
- Les suivis des impacts : ils examinent l'impact des activités du projet sur les objectifs.

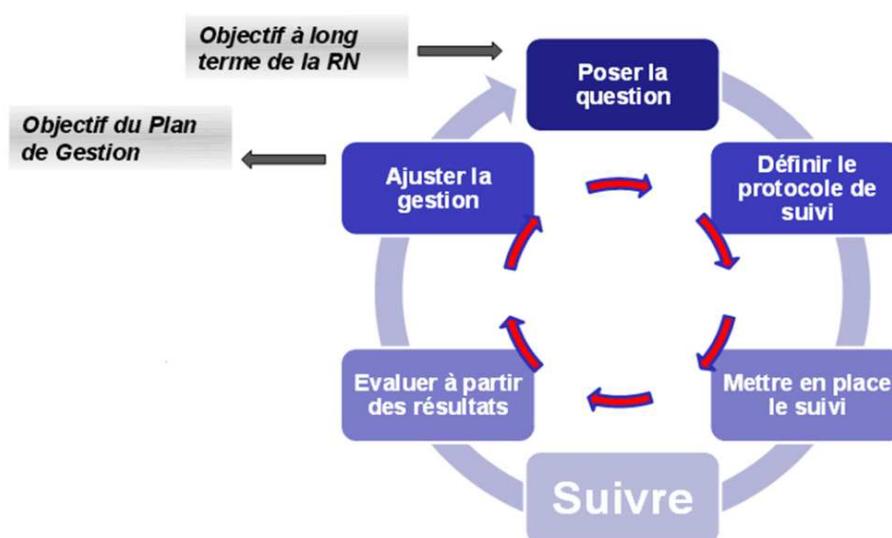
Selon l'UNESCO tous les systèmes de suivi d'un projet devraient incorporer à la fois un suivi des processus et un suivi des impacts.

### 4.2.3 Les grandes étapes d'un suivi

L'élaboration d'un projet de suivi se fait par grandes étapes. Gosselin (2013) s'est basé sur les travaux de Yoccoz *et al.* (2001) et Vos *et al.* (2000) pour décrire les grandes composantes des suivis écologiques. Ces dernières sont à la fois successives, interdépendantes et doivent être adaptées au cours du temps, il s'agit de :

1. Définir les objectifs du suivi
2. Définir les objets et variables à suivre
3. Définir la stratégie d'échantillonnage
4. Collecter les données
5. Valoriser les données
6. Maintenir et organiser des résultats

Ces étapes se retrouvent par exemple dans le cas des suivis des Réserves Naturelles (Figure 3).



**Figure 3 : Cycle du suivi et de l'évaluation des plans de gestion des Réserves Naturelles**

Source : Guide méthodologique des plans de gestion des réserves naturelles

<sup>1</sup> <http://www.unesco.org/csi/pub/info/seacam5.htm>

## 4.3 L'évaluation

### 4.3.1 Définition

L'évaluation va au-delà de la simple mesure (quantification des évolutions des paramètres, du degré de mise en œuvre d'actions, etc.) : c'est aussi une explication qui détermine notamment quels facteurs ont produit quels effets (Trosa, 2003). L'évaluation existe non seulement au sens mesurer mais aussi au sens porter un jugement (Rapport Deleau, 1985).

Des définitions de l'évaluation ont été données pour l'évaluation des politiques publiques :

Le décret du 18 novembre 1998, créant le Conseil national de l'évaluation, définit que : « l'évaluation d'une politique publique a pour objet d'apprécier l'efficacité de cette politique en comparant ses résultats aux objectifs assignés et aux moyens mis en œuvre ».

L'évaluation de l'efficacité d'une action vise à apprécier ses résultats, c'est à dire ce qu'elle produit au cours et au terme de sa réalisation.

Dans la littérature, les concepts de suivi et d'évaluation sont régulièrement confondus (Morandi 2010). Le suivi s'inscrit dans le temps et n'a pas pour objet de porter un jugement au contraire de l'évaluation qui est ponctuelle.

### 4.3.2 Fonctions de l'évaluation

Plusieurs composantes constituent l'évaluation d'une politique publique (COMOP TVB, 2010b) :

- **L'efficacité** analyse les réalisations et les résultats obtenus au regard des objectifs initialement fixés ;
- **La pertinence** permet d'apprécier l'adéquation des objectifs par rapport aux enjeux ;
- **La cohérence** apprécie l'adéquation entre les objectifs assignés aux programmes d'actions et les moyens qui lui sont alloués ;
- **L'efficience** apprécie les coûts et moyens investis pour les réalisations et résultats obtenus.

Bien que les finalités de l'évaluation d'une action et d'une politique soient différentes, les critères d'efficacité, de pertinence, de cohérence et d'efficience sont également adaptés à l'évaluation des actions.

Plus particulièrement, cette étude d'intéresse à l'évaluation de l'efficacité.

L'évaluation de l'efficacité n'est pas uniquement une démarche a posteriori des actions. Elle peut être menée à différentes étapes du projet avec alors des objectifs différents. Dès l'amont du projet (évaluation a priori ou *ex ante*) il est nécessaire de s'interroger sur le probable succès des actions, on peut alors avoir recours à des modélisations ou s'appuyer sur des études, des retours d'expérience. L'évaluation chemin faisant (ou *in itinere*), sert à s'assurer de la bonne trajectoire prise par l'opération et permet des réajustements en cours pour atteindre les objectifs fixés. L'évaluation a posteriori (ou *ex post*) permet de statuer sur la réussite du programme au regard des buts visés. L'évaluation de l'efficacité doit également prendre en compte les effets non prévus à la conception de l'action, voire non voulus. En outre, l'évaluation de l'efficacité va plus loin que la simple mesure du succès ou de l'échec :

- elle apporte une aide à la décision et permet ainsi d'améliorer la conservation ;
- c'est un outil de communication pour justifier les actions ;
- elle doit permettre de comprendre quels facteurs ont influencé l'efficacité.

### 4.3.3 Les formes de l'évaluation

La notion d'évaluation de l'efficacité a d'abord été intégrée dans les études d'impact dans les années 1970. Puis progressivement de nouvelles approches se sont développées : cadre logique, gestion basée sur les résultats, gestion adaptative, gestion par cycle de projet... (Stem *et al.*, 2005)

L'intégration de l'évaluation (mais aussi du suivi) dans une gestion par cycle de projet a notamment été utilisée par de grandes organisations internationales de conservation de la Nature comme le WWF ou l'UICN. Le principe est de considérer le suivi et l'évaluation comme une étape à part entière du cycle de projet, et non pas comme une démarche parallèle mise en œuvre à l'échéance du programme d'actions. Les indicateurs doivent de plus être clairement liés aux cibles, objectifs et activités du programme (Margoluis et Salafsky, 1998).

De nombreux auteurs recommandent d'intégrer l'évaluation des actions dans le cadre d'une gestion adaptative (Keith *et al.*, 2010 ; Lindenmayer et Burgman, 2005). Il s'agit d'un processus systématique d'amélioration constante des politiques et pratiques de gestion qui se base sur les leçons tirées des résultats de politiques et pratiques antérieures (Millenium Ecosystem Assessment). Une qualité essentielle de cette méthode est qu'elle prend en compte l'incertitude à travers une amélioration structurée des connaissances tout en cherchant à minimiser les risques de la gestion (Lindenmayer et Burgman, 2005).

Cependant, le suivi et l'évaluation sortent parfois du cadre opérationnel pour entrer dans un autre plus scientifique (Loïs, 2012). Des expertises poussées sont menées et permettent la collection d'une richesse de données et de mesures. Ce sont des projets menés sur de longues années, nécessitant de nombreux travaux universitaires et au coût élevé et ayant un objectif de recherche fondamentale.

Dans de nombreux autres cas l'évaluation demande de pouvoir faciliter la mesure et il est alors plus efficace de se référer aux expertises des naturalistes que de construire des indicateurs techniques et scientifiques complexes (Loïs, 2012).

## **4.4 Des indicateurs pour le suivi et l'évaluation de l'efficacité des actions**

### **4.4.1 Définition**

Une méthode régulièrement employée pour suivre et évaluer l'efficacité d'un plan d'actions, est d'avoir recours à des indicateurs.

Un indicateur écologique est une caractéristique mesurable de la structure (génétique, populationnelle, chimique, physique, spatiale,...), de la composition (gènes, espèces, populations, communautés,...), ou de la fonction (flux de gènes, démographie, fixation d'azote, perturbations,...) d'un système écologique (Mahy, 2012).

Néanmoins la définition du concept d'indicateur n'est pas consensuelle (parfois même conflictuelle). C'est un objet flou et ambigu ayant des significations différentes en fonction des contextes, et qui se situe à l'interface entre la science et la politique (Heink et Kowariki, 2010 ; Popy, 2010).

### **4.4.2 Fonctions des indicateurs**

Un indicateur est un moyen d'évaluation permettant de synthétiser une information complexe. Il permet à différents acteurs de dialoguer et de décider et est un outil de communication efficace. Un indicateur n'est ainsi pas une fin en soi. Il doit être conçu en fonction du destinataire de l'information et des objectifs recherchés (Loïs, 2012).

Pour Harold Levrel (2012) : « Les indicateurs ne sont pas de simples outils de mesure. Ils sont souvent appliqués à des objets complexes tels que la biodiversité ou le développement durable pour lesquels il est très délicat d'établir une mesure. C'est la raison de leurs succès : ils sont utilisés pour prouver l'atteinte des objectifs et constituent des outils politiques utilisés à des fins de communication, mais ils sont fondés sur des conventions qui ne sont pas uniquement scientifiques ».

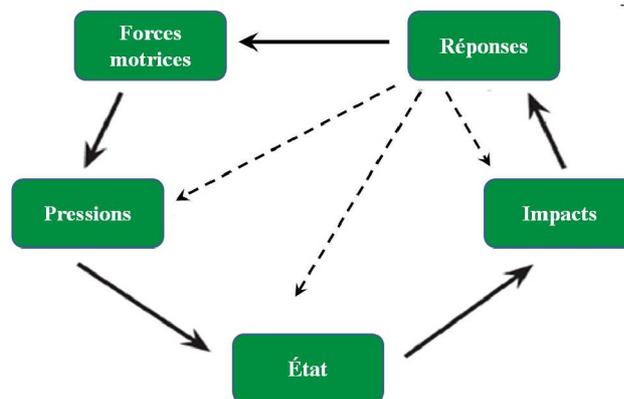
Les indicateurs sont ainsi des outils de concertation et d'arbitrage entre différentes préférences qui doivent servir à une cogestion adaptative (Kalaora, 2010).

### **4.4.3 Les types d'indicateurs**

Ulrich Heink et Ingo Kowarik (2010) distinguent les indicateurs en tant que composantes écologiques, par exemple les espèces pour la cohérence nationale de la TVB qui peuvent rendre compte de l'état

des continuités écologiques (Chaurand, 2010), de ceux en tant que mesures quantitatives des attributs de l'environnement, comme par exemple le nombre de corridors d'une région.

Les indicateurs peuvent également être classés à partir de cadres conceptuels comme celui PER (Pression-Etat-Réponse) ou son modèle amélioré, le DPSIR (Force Motrice – Pression – État – Impact – Réponse). Ces modèles peuvent permettre de mieux structurer les questions à se poser pour définir les objectifs des suivis et pour veiller à ne pas oublier d'éléments importants pour l'interprétation des changements observés.



**Figure 4: le modèle DPSIR**

Source : Observatoire Régional de la Biodiversité en Languedoc-Roussillon, <http://orblr.fr>

Ce modèle (Figure 4) est une chaîne de liens de cause à effet reliant, dans l'espace et le temps :

- les forces motrices : principalement le développement économique et social ;
- les pressions : par exemple le changement climatique, la fragmentation, la surexploitation... ;
- l'état du système : par exemple l'état des continuités écologiques;
- les impacts sur la santé humaine, les écosystèmes, l'économie et la société... ;
- les réponses de la société face aux processus dommageables aux continuités écologiques : actions mises en œuvre....

Dans le cadre du suivi et de l'évaluation de l'efficacité des actions, il s'agira principalement de s'intéresser à une évolution des états liés aux réponses (actions, outils, pratiques) apportées par les gestionnaires, aménageurs... Cependant, pour chaque problématique, le modèle DPSIR implique de s'interroger sur l'ensemble des catégories (Popy, 2010).

Les gestionnaires définissent parfois leurs propres classes d'indicateurs. Pour l'évaluation peuvent être distingués (Laffont et Payrot, 2012) :

- des indicateurs de moyens permettant d'évaluer les moyens mis à disposition du gestionnaire et à l'équipe de terrain (indicateurs relatifs aux moyens humains, matériels, gestion administrative) ;
- des indicateurs de résultat permettant de savoir si les principaux objectifs du plan de gestion ont été atteints.

Dans le cadre des programmes de gestion de la biodiversité, les indicateurs de résultats permettent de mesurer l'efficacité des actions. Néanmoins les indicateurs de moyens sont également très importants afin d'évaluer l'énergie dédiée au projet et le degré d'accomplissement des actions (surveillance, actions de pédagogie, de communication, de gestion technique et administrative).

#### 4.4.4 Limites des indicateurs

Un indicateur ne donne qu'une vue partielle de la réalité. Ainsi il ne lie pas directement les interventions de conservation avec les impacts qu'une action de gestion peut avoir. Ils peuvent également ignorer des informations importantes, il est donc préférable de définir des jeux d'indicateurs. Un poids égal leur est souvent attribué alors que certains ont plus d'importance que d'autres selon les enjeux identifiés. Pour corriger ce biais, des coefficients de pondération sont parfois associés aux indicateurs.

#### 4.5 Difficultés de mise en œuvre d'un dispositif de suivi et d'évaluation

Une méta-analyse des ressources bibliographiques sur le suivi et l'évaluation (Lindenmayer et Likens, 2010) a mis en évidence que la majorité des dispositifs de suivi et d'évaluation étaient un échec. Il a identifié de nombreuses raisons expliquant les échecs de ces dispositifs et notamment :

- le manque d'une définition précise des objectifs du suivi et de l'évaluation ;
- la mauvaise définition d'une structure de suivi ;
- la reproduction de modèles de suivi sans l'adapter aux enjeux du projet ...

Legg et Nagy (2006), considèrent même que le suivi et l'évaluation de l'efficacité des actions sont dangereux et ne donnent que l'illusion que quelque chose a été accompli. En effet, de par le manque de précision des objectifs et des hypothèses de départ, d'un manque de structure du suivi et de données de qualité, la puissance des tests statistiques nécessaires pour l'évaluation, est insuffisante. Si le test a une puissance faible, la probabilité d'avoir un résultat non-significatif sera alors forte. Des résultats non-significatifs peuvent mener à l'interprétation que, par exemple, une perturbation n'a pas eue de conséquence particulière, alors qu'en réalité il y a eu une dégradation de l'état de conservation.

#### 4.6 Les facteurs d'amélioration des suivis

Etablir une démarche de suivi et d'évaluation n'est pas suffisant, il faut pouvoir s'assurer de leur efficacité. Une condition de l'efficacité du suivi et de l'évaluation d'un projet est d'initier la démarche dès l'amont du projet. Les considérations qui suivent pour mener un suivi efficace peuvent en effet être réalisées uniquement dans le cas où le suivi et l'évaluation sont pensés en amont du projet.

La détermination des bonnes questions évaluatives est une étape fondamentale de la mise en œuvre d'un suivi. En effet, le suivi et l'évaluation sont menés par rapport à des enjeux qui sont tous différents selon les projets. À quoi le suivi va-t-il servir ? Quelles objets et variables sont les plus pertinents à mesurer ? À quelle échelle se mesure l'efficacité de l'action ? ... Les questions évaluatives permettront de définir des objectifs du suivi et éventuellement formuler les hypothèses et prédictions de ce qui est attendu dans le cadre du suivi (Gosselin, 2013). Pour arriver à poser clairement ces questions il est important d'intégrer les acteurs du territoire de projet dans la mise en œuvre de la démarche du suivi (Stem *et al.*, 2005). Ces acteurs pourront apporter leur aide pour mieux comprendre les enjeux de leur territoire, pour affirmer leurs attentes par rapport au projet...

Un autre aspect important de l'efficacité du suivi et de l'évaluation est d'inclure davantage de données dans les suivis écologiques. Les développements technologiques (ADN Barcoding) ou sociétaux (science participative) pourraient permettre d'améliorer le problème de manque de données disponibles pour les suivis (Gosselin 2013).

Le suivi et l'évaluation peuvent nécessiter qu'ils soient menés à long terme. Lindenmayer et Likens (2010) proposent des points essentiels pour maintenir des suivis effectifs (tableau 1) :

Gestion du suivi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• S'assurer d'un financement adéquat, pérenne et sûr</li> <li>• Définir des objectifs adaptables</li> <li>• Affiner et adapter les objectifs</li> <li>• Bénéficier d'une équipe compétente et stable</li> <li>• Former le personnel aux méthodes de suivi et d'évaluation</li> <li>• Etablir des partenariats entre scientifiques, décideurs et gestionnaires</li> <li>• Maintenir l'indépendance scientifique et l'intégrité du projet en évitant les conflits d'intérêt</li> </ul>
Protocoles de terrains
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contrôler l'adéquation des échelles spatiales et temporelles du suivi avec l'échelle des enjeux</li> <li>• Choisir des méthodes appropriées aux objectifs et au type d'habitat</li> <li>• Minimiser les impacts sur le site</li> <li>• S'assurer d'une réplification spatiale adaptée</li> <li>• S'assurer d'une réplification temporelle adaptée</li> <li>• Les sites de suivi et placettes devraient être à chaque fois marqués et identifiés</li> <li>• Etablir une référence appropriée et/ou un site de contrôle au début de chaque étude</li> <li>• Ne pas réutiliser les méthodes et procédures utilisées sur un site donné sur un autre site sans de solides tests et justifications</li> <li>• Disposer d'un équipement de terrain approprié</li> <li>• Garantir la sécurité des sites de recherche et des équipements de terrains</li> <li>• Avoir un accès sûr aux sites de terrains, incluant la disponibilité de véhicules adéquats</li> <li>• Être rigoureux sur les protocoles de terrains et de laboratoires</li> <li>• Avoir un temps significatif de terrain où seniors et jeunes travaillent ensemble</li> </ul>
Gestion des bases de données
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avoir une gestion rigoureuse des bases de données et de leur rangement</li> <li>• Avoir une révision et une mise à jour constante des jeux de données</li> </ul>
Valorisation du suivi
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maintenir un flux constant de publications pour développer la crédibilité du projet et la sensibilisation</li> <li>• Utiliser les résultats du programme de suivi comme cadre ou pour des opérations parallèles</li> </ul>

**Tableau 1 : facteurs clés pour le maintien d'un suivi efficace**  
*Source : modifié de Lindenmayer et Likens, 2010 ; Legg et Nagy, 2006*

## 4.7 Le suivi et l'évaluation de l'efficacité des projets de Trame Verte et Bleue

### 4.7.1 Historique des démarches de suivi et d'évaluation de la TVB

L'évaluation de la Trame Verte et Bleue est une démarche récente qui porte aujourd'hui principalement sur l'évaluation des SRCE (COMOP TVB, 2010b ; Chaurand, 2010 ; Dubus, 2012). La loi portant engagement national pour l'environnement instaurant les schémas régionaux de cohérence écologique prévoit que « au plus tard à l'expiration d'un délai fixé par décret, le président du conseil régional et le représentant de l'Etat dans la région procèdent conjointement à une analyse des résultats obtenus du point de vue de la préservation et de la remise en bon état des continuités écologiques par la mise en œuvre du schéma [...]. A l'issue de cette analyse, le conseil régional délibère sur son

maintien en vigueur ou sur sa révision. Le représentant de l'Etat dans la région se prononce par décision dans les mêmes termes. ». Ce rendez-vous périodique impose de mettre en place un processus de suivi des choix techniques et des outils mis en place, ainsi que d'évaluation de leur efficacité. (COMOP TVB, 2010b). Les travaux jusqu'alors réalisés sont les suivants :

- En 2010, un premier travail exploratoire effectué par Julie Chaurand porte sur les modalités de suivi des SRCE en vue de leur évaluation, à travers notamment la mise en place d'indicateurs, dans le cadre de son stage de fin d'études au sein d'Irstea (Chaurand, 2010) ;
- En 2011, les réflexions se poursuivent par le groupe d'appui (Irstea, MNHN, ONEMA) et se traduisent par des premières propositions de cadrage pour le suivi et l'évaluation des SRCE. De plus, le MNHN publie un document sur la généralisation du protocole de relevé de collisions expérimenté depuis deux ans en Franche-Comté (Rogeon et Girardet, 2011). En parallèle, Irstea et la Fédération des PNR organisent une journée d'échanges sur ce thème en Décembre 2011.
- En 2012, un Groupe de travail « Suivi et évaluation des SRCE » est mis en place. Il est composé d'équipes régionales volontaires et de quelques personnes et structures ressources. Piloté par Irstea, le groupe produit une note de propositions qui met à disposition un ensemble de questions évaluatives et d'indicateurs, centrés sur les objectifs communs des SRCE, et des règles d'organisation du dispositif. Ces propositions peuvent servir de base aux équipes régionales en charge du SRCE pour la mise en place de leur propre dispositif de suivi et d'évaluation. Elles proposent en particulier un jeu d'indicateurs de suivi qui pourrait être commun à l'ensemble des régions. Elles offrent également des pistes pour aider les équipes à définir au niveau régional des indicateurs complémentaires et des analyses qualitatives, plus adaptés aux objectifs régionaux et axes d'interventions spécifiques de chaque SRCE. Dans le cadre des travaux du Groupe de travail, une analyse de la faisabilité des indicateurs est réalisée (Dubus, 2012).
- En 2013, la note de proposition consolidée par le Groupe de travail est soumise à consultation auprès de l'ensemble des régions. Les avis des régions et l'analyse des premiers dispositifs de suivi et d'évaluation dans les SRCE les plus avancés permettent de finaliser la note et les fiches présentant les indicateurs retenus.
- En 2014, est prévue la mise en place des premiers indicateurs par le niveau national à destinations des régions. La poursuite des travaux passe notamment par l'approfondissement des réflexions sur certains indicateurs dont la méthode de construction s'avère complexe à déterminer.

La présente étude s'inscrit dans la continuité de ces travaux. Le groupe de travail « Suivi et évaluation des SRCE » a mis en avant l'importance du suivi et de l'évaluation aux différentes échelles de la TVB. L'objet de cette étude, complémentaire à l'évaluation des SRCE, porte sur le suivi et l'évaluation de l'efficacité des outils et actions de la TVB. Il existe un grand nombre d'outils et d'actions mobilisables dans le cadre de la TVB. La mise en œuvre de dispositifs de suivis et d'évaluation se développe de plus en plus, il en existe donc aussi un très grand nombre, une liste exhaustive ne pourra être établie. L'étude permettra de donner néanmoins des éléments de réponse à la question : quelles sont les pratiques françaises en matière de suivi et d'évaluation de l'efficacité d'actions et d'outils de conservation de la biodiversité ? Lesquelles de ces pratiques pourraient être mobilisables dans le cadre de la Trame Verte et Bleue ? De façon plus détaillée il s'agit d'une étude prospective qui interroge : quels acteurs ont mis en place un suivi et une évaluation de l'efficacité d'actions ou d'outils de conservation de la biodiversité ? Quels sont ces outils et actions ? Comment les dispositifs de suivi et d'évaluation sont-ils conçus ? Quels sont les protocoles existants qui prennent en compte les objectifs de la TVB ? Quels sont les manques, les difficultés pour la mise en place de dispositifs de suivi et d'évaluation de l'efficacité des outils et actions de la TVB ? Quelles sont les améliorations possibles relatives à ces manques et difficultés ?

## **4.7.2 Les objectifs du suivi et de l'évaluation de l'efficacité de la TVB à l'échelle des outils et des actions**

Reprenant les considérations précédemment énoncées, les objectifs du suivi et de l'évaluation vont au-delà de savoir si une action a permis d'atteindre les objectifs définis ou non. Suivre et évaluer permet de justifier les actions élaborées, d'aider à la prise de décision, d'orienter ces actions lorsqu'elles ne sont pas satisfaisantes, et donc améliorer la gestion. Dans le cadre de la TVB, suivre et évaluer l'efficacité permettrait par exemple d'analyser quel est l'effet de l'action sur la dispersion des espèces, sur l'état de conservation d'un réservoir de biodiversité,... Généralement il ne s'agira pas de suivre uniquement l'efficacité d'une seule action mais d'un ensemble d'action. L'évaluation de l'efficacité à l'échelle des outils et actions permettra également de contribuer à l'évaluation régionale de la TVB dont le cadre est en cours de définition (1.3.1). Il restera néanmoins à déterminer comment cette articulation entre évaluation à l'échelle des actions et évaluation à l'échelle régionale pourra être réalisée.

## **4.7.3 Les actions et outils mobilisables dans le cadre de la TVB**

### **4.7.3.1 Les actions de la TVB**

La Trame verte et bleue a pour objectif premier de contribuer à enrayer la perte de biodiversité, en participant à la préservation, à la gestion et à la remise en bon état des milieux nécessaires aux continuités écologiques (COMOP TVB, 2010a). La Trame Verte et Bleue ne doit pas être considérée comme le « couteau Suisse » de la conservation de la biodiversité (COMOP TVB, 2010a), elle n'est pas adaptée à répondre à tous les enjeux de protection de la biodiversité et est donc complémentaire d'autres méthodes. Il n'existe pas de définition d'une « action TVB » ou une liste de ces actions. Toutefois, nombreuses sont celles qui permettraient de contribuer aux objectifs de la TVB.

Un guide édité par les Espaces Naturels Régionaux du Nord Pas de Calais identifie par type de milieu les grandes actions couramment utilisées dans des projets de TVB (ENRx, 2011). Par exemple : développer les parcs urbains, préserver les haies, maintenir le continuum littoral... Ce guide établit également des recommandations pour mettre en œuvre un plan d'action pour des projets TVB. Le Conseil général de l'Isère a également produit un document intéressant sur les pièges écologiques qui font également partie des enjeux de la Trame Verte et Bleue. Il présente les types de pièges pour la faune (abreuvoirs sans échappatoires, poteaux creux...) et les solutions à apporter pour supprimer ou diminuer leurs impacts.

Du fait que les actions soient définies en fonction d'enjeux et objectifs spécifiques à chaque projet, il n'est ni pertinent ni possible de s'intéresser à chacune d'elle. Une action ne permet généralement pas d'atteindre un objectif de conservation à elle seule, c'est un ensemble d'actions qui permettra d'y arriver et qui est donc l'objet du suivi et de l'évaluation. L'étude ne s'est donc pas limitée aux suivis d'actions particulières mais aussi à des programmes d'actions, des plans de gestion, des pratiques agricoles et sylvicoles...

De plus, les enjeux et objectifs dépassent souvent l'échelle des actions. Pour Kalaola (2013) il faut « promouvoir des actions polycentrées et non plus limitées aux seules frontières des sites, ce qui implique la transformation des échelles de gouvernance par une mise en réseau des sites ». Selon Lois (2012) un indicateur d'évaluation doit être « replacé dans un cadre plus large » que celle de l'action : « l'évolution quantitative d'une espèce d'oiseau, par exemple, ne fait pas sens si l'on ne tient pas compte de la dynamique globale de l'espèce sur les territoires environnants ». Dans ces situations une question à se poser serait donc: quelle est la contribution de mon action à atteindre l'objectif identifié et comment mesurer cette contribution ?

### **4.7.3.2 Les outils de la TVB**

Concernant les **outils contractuels** de la TVB, un groupe de travail a conclu que tous les outils existants pouvaient être utilisés pour la TVB, moyennant des adaptations pour certains (COMOP TVB, 2010b). Un rapport d'étude de la Fédération des Parcs naturels régionaux de France et Fédération des Conservatoires d'espaces naturels présentant les outils contractuels mobilisables pour la TVB a été élaboré en 2010 (Pelegrin et Mougey, 2010), et actualisé en 2013 (Landas M., 2013).

Quant aux **outils réglementaires** de la TVB, une articulation importante est à rechercher avec la SCAP<sup>2</sup> (MEDDE, 2010). La SCAP contribuera notamment à la TVB en apportant une protection réglementaire aux nouveaux réservoirs de biodiversité. La SCAP n'est qu'un des outils mobilisables dans le cadre de la TVB. Il en existe d'autres comme les espaces protégés cités aux livres III et au titre Ier du livre IV du code de l'environnement pour la composante terrestre. Parmi tous ces outils on pourra citer (Orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques, 2011) :

- Intégrant les réservoirs de biodiversité
  - les réserves naturelles nationales;
  - les arrêtés de Biotope ;
  - les réserves biologiques ;
  - les cœurs de parcs nationaux ;
- Intégrant les corridors écologiques
  - Les couvertures végétales permanentes le long des cours d'eau mentionnées au titre de l'article L. 211-14 du code de l'environnement, qui visent notamment à constituer des corridors rivulaires
- Intégrant la TVB en tant que corridors ou réservoirs
  - Les cours d'eau, parties de cours d'eau ou canaux classés au titre des dispositions de l'article L. 214-17 du code de l'environnement ;
  - Les espaces de mobilité des cours d'eau déjà identifiés et validés sur la base d'études d'hydromorphologie fluviale, à l'échelle d'un bassin versant (SDAGE, SAGE, schémas départementaux des carrières) ;
  - Les zones humides d'intérêt environnemental particulier mentionnées à l'article L. 211-3 du code de l'environnement ;
  - Les zones humides dont la préservation ou la remise en bon état est nécessaire à l'atteinte des objectifs de la directive cadre sur l'eau, notamment les zones humides identifiées dans les SDAGE (notamment les registres des zones protégées), les programmes de mesures associés ou les SAGE.

Lors de l'identification de la TVB il est également nécessaire d'évaluer l'intégration des autres types d'espaces naturels aux réservoirs de biodiversité ou aux corridors. Notamment les sites Natura2000, les Espaces Naturels Sensibles, les terrains protégés par le Conservatoire du littoral, les réserves de chasse et de faune sauvage... (Orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques, 2011).

Un certains nombres d'outils fiscaux peuvent également être mobilisés pour la TVB : les dispositions relatives à l'exonération de la taxe foncière sur les propriétés non bâties, l'exonération des droits de mutation à titre gratuit, ou encore l'impôt sur le revenu (COMOP TVB, 2010b). Cependant le COMOP TVB précise dans son deuxième guide que « l'emploi des outils existants au service de la Trame verte et bleue ou l'identification de nouvelles propositions éventuelles restent à préciser et devront faire l'objet d'une évaluation des implications financières pour les acteurs concernés »

Cette étude ne prend pas en compte chacun de ces outils du fait de leur grand nombre et parce qu'il ne leur est pas toujours associé de dispositifs de suivi et d'évaluation de leur efficacité.

#### **4.7.4 Recommandations pour suivre et évaluer l'efficacité des outils et actions de la TVB**

Les dispositifs de suivi et d'évaluation se basent trop souvent sur le schéma « collecter maintenant » (des données) et « penser après » (aux questions évaluatives) (Roberts, 1991). Cette approche est un sérieux problème puisqu'elle implique que le suivi et l'évaluation ne sont pas ciblés et les résultats qui en découlent sont inutilisables (Lindenmayer et Likens, 2010). Suivre et évaluer l'efficacité d'actions et d'outils nécessite de se poser certaines questions à chacune des grandes étapes de la démarche

---

<sup>2</sup> La stratégie nationale de création d'aires protégées terrestres métropolitaines (SCAP) est fondée sur un diagnostic national du réseau actuel et sur l'identification des projets de création à prévoir dans les prochaines années. Son objectif est de placer au moins 2 % du territoire terrestre métropolitain sous protection forte d'ici 10 ans.

(4.2.3). Martins *et al.* (2007) considèrent notamment qu'un bon suivi n'est pas guidé par un cadre générique mais bien par la détermination des bonnes questions. Les réponses à ces questions vont guider la façon d'évaluer et suivre les actions et outils de la TVB. La partie qui suit présente, en fonction des grandes étapes identifiées par Vos *et al.* 2000 (4.2.3), des éléments de réflexion relatifs aux suivis et à l'évaluation de l'efficacité des outils et actions de la Trame Verte et Bleue. Il s'agit de pistes qui ont pu être dégagées à partir de la bibliographie et des entretiens. Il est toutefois nécessaire qu'une réflexion sur le sujet soit engagée selon les spécificités de chacun des projets.

#### **4.7.4.1 Les objectifs du suivi et de l'évaluation de l'efficacité**

##### *4.7.4.1.1 Composantes des objectifs du suivi et de l'évaluation*

La première question à se poser est le pourquoi du suivi. Les objectifs du suivi doivent être définis de façon aussi claire que possible (Yoccoz *et al.*, 2001). S'agit-il d'un objectif scientifique ou de gestion ? S'agit-il d'alerter un problème ou de contrôler une gestion ? De quels éléments les décideurs auront-ils besoin ?... (Gosselin, 2013)

Les composantes classiques des objectifs sont (Vos *et al.*, 2000):

- les entités concernées ;
- les types de changement qu'on souhaite détecter ;
- les contextes géographiques et écologiques d'analyse ;
- le délai dans lequel on souhaite avoir détecté l'événement ;
- la probabilité avec laquelle on souhaite pouvoir détecter l'événement.

Ces objectifs devraient être (Tear *et al.*, 2005)

- orientés en fonction des enjeux ;
- réalisables dans la période de temps allouée au projet ;
- crédibles et clairs.

Alors que la définition des objectifs devrait être une étape logique, il est régulièrement recensé des projets de suivi qui ne suivent pas d'objectifs précis (Vos *et al.*, 2000).

##### *4.7.4.1.2 Les difficultés et limites à définir des objectifs de suivi et d'évaluation*

La mauvaise définition des objectifs est également une limite aux suivis et à l'évaluation. Il arrive que les objectifs des suivis et évaluation ne soient pas définis en fonction des enjeux du projet mais des moyens dont disposent les gestionnaires (comm.pers Quétier). Ainsi certains programmes de suivi et d'évaluation sont définis en fonction des compétences de l'équipe chargée de leur mise en œuvre. Le risque est que le suivi soit alors mal ciblé, les résultats non interprétables, entraînant une mauvaise adaptation des actions lors de la révision du projet...

Un problème similaire a été mis en avant par la Société Wallonne de l'Évaluation et de la Prospective et la Société française d'évaluation (2007) : le syndrome du tournesol.

Celui-ci fait référence au « phototropisme » des acteurs qui ajustent leurs comportements (par exemple un programme d'actions) en fonction de l'origine de la lumière (c'est-à-dire de l'information) à laquelle ils sont exposés (à la manière d'un tournesol par rapport au soleil). Cette réflexion amène donc à se demander quels sont les risques du suivi et de l'évaluation (au centre des processus décisionnels) pour les décideurs et pour l'efficacité de la gestion.

Le « syndrome du tournesol » démontre bien l'importance de la définition des objectifs auxquels doit répondre le suivi : que souhaite-on suivre et pourquoi (Chaurand, 2010) ?

Un autre facteur de la mauvaise définition des objectifs est relatif à leur quantification. Tear *et al.* (2005) montrent que les objectifs quantitatifs des suivis et de l'évaluation de nombreux programmes en biologie de la conservation sont définis sans rigueur scientifique. Les auteurs posent la question « How much is enough<sup>3</sup> » et affirment qu'une réponse crédible ne peut généralement pas lui être apportée.

---

<sup>3</sup> « Combien serait suffisant ? »

Tear *et al.* (2005) définissent six standards pour définir des objectifs mesurables et permettant de mesurer l'efficacité des actions :

- Utiliser la « meilleure science disponible 4»
- Proposer différentes alternatives d'évaluation
- Proposer des objectifs à la fois à court terme et à long terme
- Prendre en compte les aspects de représentativité, redondance et résilience
- Adapter les objectifs au système étudié
- Evaluer les erreurs et les incertitudes

#### 4.7.4.2 Les objets et variables du suivi

##### 4.7.4.2.1 *Un choix plus politique et sociétal que scientifique*

Une fois les objectifs du suivi identifiés, il faut définir quels seront les objets et variables du suivi.

Hinds (1984) identifie le choix des variables et des éléments biologiques à suivre comme la principale difficulté du suivi et de l'évaluation. Différentes approches montrent qu'il est ainsi complexe de faire le choix des objets et variables à suivre. Spellberg (1991) considère que les objets et variables à suivre sont à identifier en fonction de critères écologiques. Face au fait qu'il est impossible de tout suivre, des concepts tels ceux de « espèce parapluie », « espèce vulnérable », « espèce rare », ... ont été définis. Vos *et al.* (2000) affirme que ces choix sont faits afin que l'objet du suivi repose sur une base scientifique. Néanmoins, l'approche scientifique ne devrait pas être le cadre du suivi et de l'évaluation de la gestion. En effet, les résultats de suivi ne doivent pas être compréhensibles uniquement par les gestionnaires, mais aussi par les décideurs, les acteurs économiques... Le choix des objets et variables à suivre reposent donc plus sur les questions politiques et sociétales que scientifiques. Il s'agira pour le gestionnaire de faire ce choix selon ce qu'il pense important et valorisable.

##### 4.7.4.2.2 *Choix des indicateurs de variables*

Les variables mesurées peuvent être des variables d'entrée (contrôlées, non contrôlées), qui sont des variables explicatives, des variables d'objectifs (variables à expliquer) ou des variables de contexte (Vos *et al.*, 2000). Souvent des indicateurs de variables sont mesurés mais il est primordial que ce choix soit validé scientifiquement. La double dimension scientifique et politique des indicateurs nécessite d'être prêt à faire des compromis entre rigueur scientifique et opérationnalité (une information simple, adaptée au public visé plus ou moins large et spécialisé) (Popy, 2010). Un bon indicateur de la préservation et de la remise en bon état des continuités écologiques devrait donc être (Chaurand, 2010) :

- Sensible
- Réactif aux variations des continuités écologiques, capable de montrer les tendances sur le long terme ;
- Spécifique d'un phénomène étudié et scientifiquement prouvé et validé ;
- Fiable et robuste : le résultat de la mesure doit être indépendant de celui qui l'effectue ;
- Opérationnel : facilement mesurable (calculé à partir de données actuelles ou futures) et interprétable (pas d'ambiguïté), réaliste, coût modéré en rapport avec l'usage qui en est espéré, compréhensible par tous les acteurs (éviter les indicateurs maîtrisés par un nombre restreint de spécialistes) ;
- Reproductible, transposable, généralisable.

##### 4.7.4.2.3 *Des variables quantitatives insuffisantes*

Mesurer uniquement des variables biologiques quantitatives est insuffisant, il est nécessaire d'apporter une évaluation qualitative aux suivis. Elles peuvent par exemple permettre de comprendre les facteurs

---

<sup>4</sup> Aux Etats-Unis le concept de « meilleure science disponible » repose sur 5 critères : une méthodologie scientifiquement valide, une technique ou théorie qui puisse être testée, qui a été l'objet de publications dont le taux d'erreur est connu et des standards contrôlent sa mise en œuvre, elle est acceptée par la communauté scientifique.

sociétaux, économiques, culturels, ainsi que les impacts et opportunités influençant les résultats (Stem et al., 2005).

#### 4.7.4.2.4 *Suivre des flux*

Lebreton (2013) recommande de dépasser les patrons descriptifs mais plutôt d'identifier « le plus précisément possible » les processus sous-jacents aux changements observés. Ceci demande alors de s'intéresser aux flux de matière et d'énergie pour les écosystèmes, aux flux de naissance, de mort, de dispersion, pour les populations.

### 4.7.4.3 **Définir une stratégie d'échantillonnage**

Cette partie présente quelques pistes pour la définition d'une stratégie d'échantillonnage.

#### 4.7.4.3.1 *Rôles de la stratégie d'échantillonnage*

La stratégie d'échantillonnage est « le parent pauvre » des suivis écologiques (Gosselin, 2013). Cette stratégie va dépendre de la fonction du suivi : contrôler une gestion, ou alerter, estimer l'état d'un système. Elle vise notamment à réduire le temps passé à récolter les données (Landrieu et Besnard, 2013). Son importance est capitale : elle détermine la confiance avec laquelle des changements écologiques peuvent être liés à des causes, comme des actions de gestion, des perturbations... (Vos et al., 2000).

#### 4.7.4.3.2 *Conditions d'une bonne stratégie d'échantillonnage*

Selon Landrieu et Besnard (2013), pour qu'un échantillonnage soit pertinent, les unités suivies doivent être sélectionnées aléatoirement. Vos et al. (2000) recommandent que le suivi et l'évaluation reposent sur un échantillonnage stratifié, aléatoire et sur placettes permanentes. Cependant la stratification fait débat (Boutin et al., 2009).

Le suivi n'implique pas uniquement l'échantillonnage de sites importants (Touroult, 2013). Les sites évoluent et, par exemple, un site non occupé par un taxon d'intérêt peut le devenir. Un échantillonnage aléatoire et si nécessaire stratifié est à privilégier pour pouvoir généraliser les résultats.

Lors de la définition de la stratégie d'échantillonnage il est nécessaire d'avoir défini le nombre d'échantillons avant le lancement du protocole. Il est en effet impossible de changer ce nombre une fois le suivi initié. Il existe des méthodes basées sur les tests de puissance pour déterminer en amont le nombre d'échantillons à réaliser (Touroult, 2013).

### 4.7.4.4 **Collecter les données**

La collecte des données est souvent la partie la plus développée des suivis mais aussi la plus coûteuse (Gosselin, 2013)

La partie 7.2.1 présente certains protocoles de collecte des données mobilisables dans le cadre de projets TVB.

Il faut avant tout s'assurer de la faisabilité opérationnelle des protocoles : quels sont les moyens disponibles ? Quelles sont les données déjà existantes ? Quelles sont les compétences que je peux rassembler pour le suivi ? Quels partenariats sont possibles ?... Gestionnaires et scientifiques prônent pour des protocoles de suivi qui soient facile à mettre en œuvre, demandent peu de moyens, peu de temps, utilisant des données existantes mais qui soient aussi scientifiquement valables (Conservatoire du Littoral, 2009 ; Lois, 2012). Par exemple, un protocole a été construit pour évaluer la gestion des Espaces Naturels Sensibles de l'Hérault par des agents qui n'ont pas d'expérience en suivi naturaliste (6.3.3). De même, il existe de nombreux protocoles de suivi et d'évaluation des milieux agricoles qui visent à l'autoévaluation par les agriculteurs (projet Ecodiag en Languedoc Roussillon par exemple).

L'efficacité probable des protocoles est également un critère de sélection. Dans le cadre d'échantillonnages il faudra choisir une méthode qui présente le moins de biais possibles (Gosselin, 2013).

Deux points sont pourtant souvent négligés : la détectabilité des espèces, la variation de qualité entre observateurs (Yoccoz et al. 2001 ; Vos et al. 2000). Pour corriger le biais lié à la détectabilité, il est possible de calculer une probabilité de détectabilité ou encore s'intéresser à des indices indirects de présence (pièges à trace...). Allouer les sites au hasard aux observateurs (Gosselin, 2013) ou

l'utilisation de nouvelles technologies (ADN environnementale...) (comm.pers. Déjean) sont des solutions pour prendre en compte les biais liés au facteur observateur.

#### **4.7.4.5 Traitement des données**

Le traitement des données ne considère pas seulement le stockage et l'analyse des données, elle inclut la valorisation et la présentation des résultats (Vos et al., 2000).

##### *4.7.4.5.1 Le stockage des données*

Il faut tout d'abord pouvoir stocker les données. L'utilisation d'un programme informatique de gestion des données est indispensable pour gérer le flux de données issues des suivis. Les Réserves Naturelles de France, les Parcs Naturels Régionaux disposent par exemple de logiciels spécifiques au stockage et à la gestion des données pour leurs sites, respectivement nommés l'outil Serena et l'outil EVA.

##### *4.7.4.5.2 L'analyse des données*

L'analyse des données devrait permettre de conclure sur le succès ou l'échec de l'action. Elle requiert généralement des analyses statistiques mais celles-ci ne sont pas toujours utilisées dans la pratique. L'interprétation des résultats est plus ou moins aisée selon les techniques de suivi utilisées, par exemple les suivis génétiques ne sont interprétables que par des spécialistes (comm.pers. Blanchet).

Un autre facteur à prendre en compte dans l'analyse des données est que certains changements ne surviennent ainsi qu'après une certaine période de temps. La précision des résultats va ainsi dépendre du moment à partir duquel les données seront mesurées (Lebreton, 2013).

Une autre question que pose l'interprétation des données est de savoir si les résultats obtenus sont bien dus à l'intervention de gestion. L'évolution de l'abondance d'une espèce d'oiseau dans un réservoir peut être le résultat d'une dynamique de population et non pas celui de la gestion (comm.pers. Derout).

Il faut pouvoir apporter des éléments d'analyse dans un cadre plus global que celui de la gestion, afin d'analyser quels facteurs ont pu impactés les tendances observées.

##### *4.7.4.5.3 La valorisation des données*

La valorisation des données doit être pensée dès la définition des objectifs du suivi, par exemple, on peut mettre en place un suivi pour justifier les actions et obtenir des financements supplémentaires ou pour justifier l'intégration d'éléments de Trame dans les documents d'urbanisme... Il peut également s'agir de diffuser les résultats et les retours d'expérience pour avoir des regards extérieurs sur l'étude (Gosselin, 2013). De nombreux auteurs considèrent d'ailleurs l'écologie comme une discipline basée sur les études de cas qui peuvent servir de référence pour de nouveaux projets (Shrader-Frechette et McCoy, 1993).

#### **4.7.4.6 Maintenir le suivi et l'évaluation**

Certains suivis nécessitent qu'ils soient maintenus dans le temps (Lindenmayer et Likens, 2010). Il s'agit alors d'évaluer l'évolution de la qualité du suivi. Gosselin (2013) privilégie un suivi de qualité constante plutôt qu'un suivi performant mais uniquement ponctuel. Le tableau 1 présente les facteurs permettant de maintenir un suivi à long terme.

Maintenir et améliorer les dispositifs de suivi et d'évaluation nécessite de procéder à leur évaluation (Vos et al. 2000). Cette évaluation mène à leur optimisation, adaptation en fonction des finances disponibles, des variations environnementales, de l'évolution des objectifs...tout en maintenant une cohérence temporelle.

#### **4.7.4.7 Organiser le suivi et l'évaluation**

L'organisation du suivi implique de savoir quelles sont les responsabilités de chacun des acteurs par rapport à la démarche : collecte des données, analyse, valorisation...

Créer des partenariats s'avère souvent indispensable pour mener un bon suivi. Le partenariat permet le partage des données, des compétences, la répartition des tâches... Il faut alors une bonne organisation entre partenaires qui évite les conflits d'intérêts, et un leadership fort (Lindenmayer et Likens, 2010).

Enfin il est possible d'avoir recours au volontariat dans le cadre de suivis longs et nécessitant de nombreuses données.

## 5 Des dispositifs de suivi et d'évaluation de l'efficacité spécifiques à certains milieux

Du fait des enjeux et des objectifs de conservation spécifiques à certains milieux, les gestionnaires, chercheurs..., ont développé des dispositifs de suivi et d'évaluation de l'efficacité des outils et actions, propres à ces milieux. Ces dispositifs peuvent être particulièrement utiles pour des projets de Trame Verte et Bleue, en raison de l'organisation en sous-trames. Tous les milieux n'ont pu être pris en compte. Des dispositifs de suivi et d'évaluation ont été identifiés pour :

- Les milieux ouverts, en particulier les milieux agricoles ;
- Les milieux forestiers ;
- Les milieux humides ;
- Les continuités aquatiques ;
- Les milieux littoraux.

### 5.1 Suivi et évaluation en milieu ouvert : le cas particulier des milieux agricoles

Les sous-trames de milieux ouverts sont régulièrement identifiées en tant que constituant de la Trame Verte et Bleue. Les dispositifs de suivi et d'évaluation les mieux développés sont ceux ayant traités aux pratiques et outils agricoles et il a donc été choisi de s'intéresser en particulier au milieu agricole. D'autres dispositifs de suivi et d'évaluation des milieux ouverts sont présentés en conclusion (5.6).

#### 5.1.1 Contexte

L'**agriculture** est à l'échelle mondiale une source importante d'érosion de la biodiversité (Green *et al.*, 2005). Les principales raisons résident dans :

- la transformation des systèmes : dissociation entre culture et élevage, spécialisation des exploitations, simplification des assolements, conversion des systèmes herbagers (prairies, pelouses) vers des labours... ;
- la transformation des paysages : irrigation, drainage des zones humides, remembrement, abandon des terres (homogénéisation), progression de la forêt et de l'urbain...

L'agriculture est ainsi le premier facteur anthropique de contrôle de la biodiversité en Europe.

46 % des habitats naturels d'intérêt européen sont liés aux activités agricoles, dont deux tiers sont menacés par l'intensification des pratiques et un tiers sont menacés par la cessation des activités traditionnelles comme la fauche et le pâturage (LeRoux *et al.*, 2008).

En France, 90 % des espèces végétales protégées sont liées aux activités agricoles (Lepart *et al.*, 2004) et 173 espèces d'oiseaux prioritaires sont inféodées aux zones agricoles (Tucker et Evans, 1997).

#### 5.1.2 Les effets des pratiques agricoles sur la biodiversité

Les effets des pratiques agricoles peuvent impacter à la fois positivement et négativement la biodiversité. Une étude de l'INRA (Leroux *et al.*, 2008) a identifié dans son chapitre premier les principaux effets de l'agriculture à l'échelle des parcelles et du paysage.

**Les produits phytosanitaires de synthèse** sont considérés comme l'un des facteurs majeurs responsables du sévère déclin de la biodiversité dans les agro-écosystèmes des pays industriels.

**Une forte intensité de pâturage** tend à avoir un effet négatif marqué sur la richesse spécifique des différents types d'organismes : végétaux, arthropodes, petits mammifères et faune du sol. Toutefois, la richesse de l'avifaune tend à être plus élevée dans les prairies les plus pâturées, même si l'abondance de chaque espèce y est plus faible.

**La fragmentation** en milieu agricole a un effet globalement négatif sur la biodiversité. Elle entraîne une diminution de la richesse spécifique de la plupart des groupes taxonomiques, même pour certaines espèces peu mobiles, et le déclin des populations végétales isolées.

**L'homogénéisation** de la matrice agricole due à l'intensification des pratiques est généralement corrélée à une baisse de la diversité spécifique...

Au contraire, **le maintien d'une hétérogénéité du paysage** a un effet globalement positif sur la biodiversité.

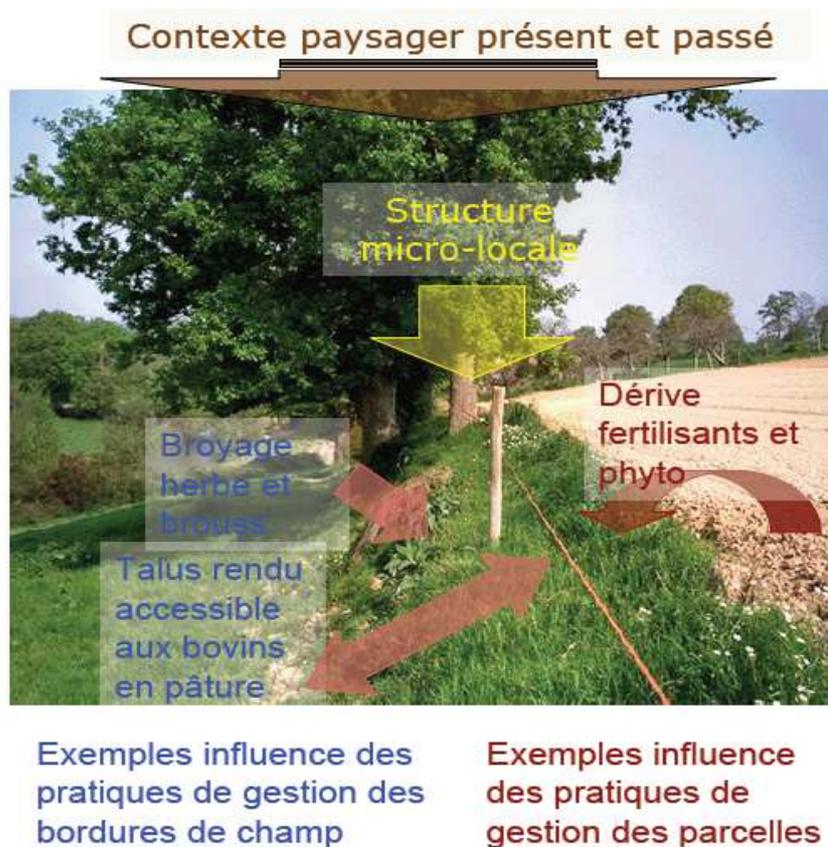
**Le maintien des bords de champ** agit positivement sur la richesse spécifique et l'abondance de nombreux groupes taxonomiques.

**La fertilisation** se traduit par des effets généralement positifs sur l'abondance et la croissance des organismes vivants dans le sol et dans la végétation des parcelles cultivées. Mais les effets sur la richesse spécifique et la diversité sont généralement négatifs.

### 5.1.3 L'agriculture dans la Trame Verte et Bleue

#### 5.1.3.1 Enjeux de la Trame Verte et Bleue en milieu agricole

L'activité agricole est à l'origine de l'homogénéisation des paysages et de leur fragmentation, impactant négativement la biodiversité (5.1.2). Au contraire, favoriser la complexité du paysage en milieu agricole est un élément clé pour la dispersion et la préservation de nombreux taxons. La notion de trame verte en milieu agricole prend ainsi tout son sens. Les éléments d'un réseau écologique ne se résument pas à des linéaires bien visibles comme le sont les réseaux de haies bocagères, ce sont aussi des bois, des landes, des friches qui servent de refuge, d'habitat... à la biodiversité (LeRoux *et al.*, 2008). L'effet des éléments d'un réseau écologique dépend de la surface qu'ils occupent, de leur "qualité" liée à leur taille, de leur forme, de la façon dont ils sont gérés. La qualité des habitats y compris dans les zones cultivées est ainsi tout aussi importante que la complexité des paysages. Outre une trame verte de qualité, il est également nécessaire que les habitats environnants soient en qualité et quantité suffisantes pour le maintien de la biodiversité (LeRoux *et al.*, 2008). Cela passe par des pratiques adaptées. Les interactions entre ces pratiques et les continuités écologiques sont néanmoins complexes (Figure 5). La Trame verte en milieu agricole est également indissociable d'aspects socio-économiques comme l'acceptabilité des pratiques par les agriculteurs. Ce n'est pas seulement l'association des agriculteurs mais aussi celle d'autres acteurs concernés par le maintien de la biodiversité comme les gestionnaires, les aménageurs... qui pourront rendre le projet efficace (LeRoux *et al.*, 2008).



**Figure 5 : La complexité des interactions entre activités agricoles et éléments de trame**  
*Source : Thenail et al., 2010*

### 5.1.3.2 Les outils de préservation de la biodiversité mobilisable pour la TVB en milieu agricole

La loi ne prévoit pas la création de nouveaux outils pour la mise en œuvre de la Trame verte et bleue en milieu agricole mais recommande de s'appuyer sur les outils existants en particulier sur les outils contractuels (Réseau Rural français, 2011).

Il existe en France une très grande diversité d'outils (contractuels, fonciers, financiers, réglementaires...) pouvant être mobilisés pour la Trame verte et bleue. Par exemple, une étude (Pelegri et Mougey, 2010) actualisée en 2013 présente les différents outils contractuels au service de la biodiversité. Une réflexion quant à leur utilisation est à mener en fonction des contextes locaux (contexte géographique, foncier et parcellaire, agricole...).

La TVB pourra également s'appuyer sur des politiques agricoles, par exemple l'éco-conditionnalité dans le cadre de laquelle la France a choisi de mettre en place des bandes enherbées le long des cours d'eau de certaines exploitations.

La Politique Agricole Commune, ne prend pas directement en compte la Trame Verte et Bleue, mais elle incite à prendre des mesures favorables à la biodiversité. La PAC conditionne en effet les aides reçues par les agriculteurs à la mise en œuvre de mesures environnementales : diversification des cultures, présence de réservoirs de biodiversité...

Les mesures agri-environnementales qui intègrent la gestion des bords de champ (fossés, talus, haies) renforcent aussi la qualité de la trame verte.

Les outils de conservation de la biodiversité en milieu agricole sont souvent utilisés à l'échelle de l'exploitation ou de la parcelle mais il faudrait inciter à une démarche collective (Réseau Rural français, 2011). Par exemple dans le Tarn, une cellule d'assistance technique zones humides a été mise en place au sein de la Chambre d'agriculture. Elle a pour objectif d'aider les gestionnaires à valoriser

au mieux leurs parcelles dans un contexte de déprise agricole des parcelles en fond de vallée (conservation des zones humides et valorisation pour le pâturage). Certaines Appellations d'Origine Contrôlées ont également développé des plans paysagers ou mis en place des mesures concertées pour favoriser la lutte biologique (Réseau Rural français, 2011). Enfin il sera nécessaire de coupler mesures agricoles, mesures d'urbanisme et mesures environnementales et intégrer les éléments de connectivité biologique à des niveaux locaux, régionaux et nationaux.

### 5.1.3.3 Le plan d'action agriculture

La TVB est une mesure phare du Plan d'action agriculture lancé en 2005 par le ministère de l'agriculture et de la pêche et révisé en 2009. Il réaffirme que le maintien, la restauration et la gestion de la biodiversité est l'affaire de tous les agriculteurs. Il s'agit de concilier agriculture et biodiversité sur les mêmes espaces. Un objectif qui nécessite de réaliser des actions conjointes de suivi de la biodiversité, de formation, de sensibilisation et de recherche « au carrefour des approches de territoire, d'agronomie, d'écologie ». Le Plan d'Action Agriculture souligne l'importance de la Trame Verte pour diminuer les impacts de fragmentation engendrés par les pratiques agricoles. Le plan vise ainsi à :

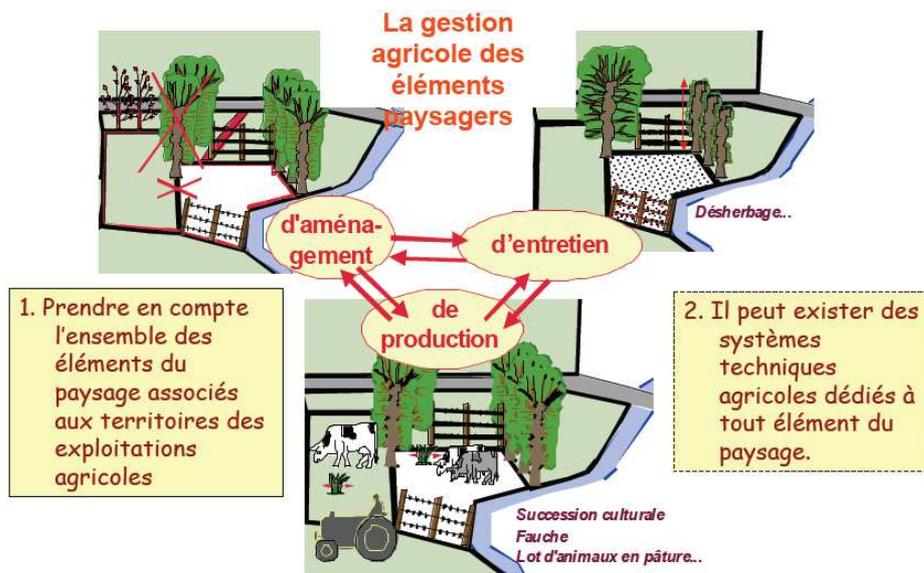
- « **Contribuer à la mise en œuvre de la trame verte et bleue** qui vise à restaurer les continuités écologiques en définissant les outils contractuels disponibles et en soutenant les partenaires locaux à l'échelle territoriale ;
- **Renforcer le lien entre espaces agricoles et trame verte et bleue** à travers le maintien ou la restauration d'infrastructures agroécologiques et la mise en œuvre de bandes végétalisées notamment. »

### 5.1.4 Les actions favorables à la biodiversité en milieu agricole

Il existe un certain nombre d'approches pour le maintien de la biodiversité en milieu agricole. L'une d'entre elles est de s'appuyer sur l'existant comme assurer le maintien de zones riches en biodiversité, le maintien de pratiques favorables... (Réseau Rural Français, 2011). L'Expertise Scientifique Collective de l'INRA « Agriculture et Biodiversité, valoriser les synergies » présente les effets d'un grand nombre de pratiques et peut recommander des orientations de gestion (LeRoux *et al.*, 2008).

Lorsque les continuités ne sont plus assurées et les habitats dégradés, des actions de restauration des habitats, de création de nouveaux éléments de trame, de gestion adaptée, de changement des pratiques peuvent être mises en place.

Les actions en milieu agricole contribuent généralement à la multifonctionnalité de la trame (Réseau Rural Français, 2011). Par exemple la création d'une mare peut servir à l'abreuvement du bétail et constituer un habitat pour les espèces aquatiques et semi-aquatiques. Ces actions peuvent être menées en parallèle à d'autres démarches, comme par exemple l'entretien des haies associé au développement d'une filière bois-énergie. Ces actions ont généralement trait à des aménagements, des pratiques d'entretien et, ou de production (Figure 6).



**Figure 6 : Types de pratiques en milieu agricole**  
Source : Thenail et al., 2010

### Exemples de pratiques en milieu agricole modifié de Soulard et al., 2011

- Création de bandes enherbées au-delà des surfaces en couvert environnemental
- Entretien des fossés et des canaux
- Création et entretien d'un maillage de zones de régulation écologique
- Maintien de la richesse floristique d'une prairie naturelle
- Restauration ou entretien de mares
- Entretien de haies, de bosquets ou d'arbres isolés
- Couverture des inter-rangs de vignes
- Création et entretien d'un couvert d'intérêt floristique ou faunistique
- Remise en herbe de parcelle culturale
- Ouverture d'un milieu en déprise
- Entretien de vergers hautes tiges et prés vergers
- Entretien mécanique des talus enherbés
- Entretien des ripisylves

## 5.1.5 Suivi et évaluation de l'efficacité des pratiques en milieu agricole

### 5.1.5.1 Contexte

Une mesure clé du Plan d'action agriculture révisé (5.1.3.3), est la mise en place d'un outil de suivi de l'état de la diversité du vivant en milieu rural et de son évolution, en lien avec l'évolution des pratiques agricoles.

Cet objectif complexe peut être appréhendé de façon simplifiée en utilisant des indicateurs pertinents, communicables et partagés par les agriculteurs. Ils doivent permettre de caractériser l'état de la biodiversité sauvage et domestique en milieu rural, ainsi que d'évaluer les réponses apportées et leurs effets (Preud'homme, 2009).

Cet outil est défini sous la forme d'un observatoire de l'évolution de la biodiversité en lien avec les pratiques agricoles.

Pour mener à bien ce projet le Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la pêche a confié au Muséum National d'Histoire Naturelle une étude identifiant les indicateurs les plus pertinents à mobiliser à différentes échelles spatiales (parcelle, exploitation, régionale, nationale) et qui fournit des éléments pour construire un observatoire de la biodiversité agricole. Dans ce cadre, une analyse de l'existant en matière de suivis et d'évaluation environnementale a été réalisée (Preud'homme, 2009). Les propos qui suivent reprennent en partie les éléments de cette étude.

### 5.1.5.2 Recommandations pour un suivi de la biodiversité agricole

#### 5.1.5.2.1 Le choix des taxons à suivre

La biodiversité en milieu agricole peut être classée en trois grands types (Peeters, 2004) :

- La **biodiversité agricole** regroupe la biodiversité domestique gérée par l'agriculteur (animaux élevés et végétaux cultivés) ;
- La **biodiversité para-agricole** est la biodiversité sauvage fonctionnelle qui joue un rôle déterminant dans le fonctionnement de l'agro-écosystème. Il s'agit par exemple des espèces auxiliaires et des espèces ravageuses ;
- Enfin, la **biodiversité extra-agricole** rassemble la biodiversité sauvage spontanée jouant un rôle moins important dans le fonctionnement de l'agro-écosystème.

Le suivi de certains taxons peut être mené pour évaluer les effets des pratiques, des infrastructures agroenvironnementales et de leurs connexions. Tous les taxons ne peuvent pas être suivis. Preud'homme (2009) recommande quelques critères pour le choix des taxons à suivre :

- La présence du taxon en milieu agricole ;
- L'existence de protocoles d'observation pour non-spécialistes ou la facilité d'en créer ;
- Le degré d'implication des agriculteurs face à ce taxon ;
- La sensibilité du taxon à certaines pressions ;
- Les services écologiques rendus par le taxon ;
- La facilité d'observation et d'identification.

Ci-dessous un tableau de synthèse présente une liste non exhaustive de taxons bioindicateurs :

	évaluation		service rendu				aménagement favorable				changement de pratique				
	qualité du sol	qualité de l'air	protection des cultures	fertilité du sol	pollinisation	alimentation du bétail	plantation d'une haie	création d'une bande enherbée	jachère fleurie	jachère faune sauvage	réduction des pesticides	diminution du travail du sol	dates et fréquences de fauche	intensité de pâturage	couvert permanent
<b>taxon</b>															
pollinisateurs					X		X	X	X	X	X		(X)	(X)	(X)
papillons					X		X	X	X	X	X	X	(X)	(X)	(X)
carabes			X				X	X		X	X				X
orthoptères							X			X		X	X		?
araignées			X				X	X	X	X	X	?			?
lombrics	X			X			?	?			X	X			X
plantes des prairies	X				(X)	X					X		X	X	
lichens		X					X			X					
oiseaux							X	X	X	X	X				
chauves-souris							X	X	X	X	X				

Figure 7 : Les espèces bio-indicatrices en milieu agricole

Source : Preud'Homme, 2009

#### 5.1.5.2.2 *La collecte des données*

Avant d'évaluer les pratiques il faut pouvoir connaître la biodiversité que l'on trouve sur sa parcelle, exploitation... (Preud'Homme, 2009). Cette connaissance peut être acquise par des bases de données agricoles, des observations de terrain d'où sont calculés certains indices (richesse spécifique, indices de Shannon, Simpson...), ou encore par des indicateurs, directs ou indirects, calculés à partir des données de terrains.

Les observations peuvent être réalisées par les agriculteurs et techniciens agricoles, les lycées agricoles, les scientifiques, les associations, le grand public. Le temps passé à l'observation, la qualité et la quantité des données diffère selon les observateurs. Les scientifiques récoltent des données fiables mais en faible quantité. La participation du grand public au contraire permet de récolter une quantité importante de données mais qui comportent de nombreux biais. Un compromis est donc à trouver entre quantité et qualité des données ainsi qu'avec le temps d'observation.

Les observations sur le terrain peuvent nécessiter la mise en œuvre d'un protocole d'échantillonnage. En effet, bien qu'un inventaire exhaustif de la biodiversité permette d'avoir la liste complète des espèces présentes sur le territoire d'étude, un tel inventaire a un coût notamment de par le temps qui doit y être consacré. Une solution alternative est celui de l'échantillonnage. L'échantillonnage peut être organisé de façon aléatoire ou non, stratifié ou systématique. Il existe également des protocoles d'échantillonnages propres à certains taxons.

Enfin il convient de réfléchir à la pression d'échantillonnage en prenant en compte des contraintes de temps et de coûts.

Ces considérations de plan et de pression d'échantillonnage sont rattachées à la question de la représentativité des échantillons. L'étude de Preud'homme (2009) recommande, à l'échelle de l'exploitation, d'observer la biodiversité dans les parcelles les plus caractéristiques vis-à-vis des pratiques mises en œuvre.

#### 5.1.5.2.3 *Choisir l'échelle des observations*

Outre la question de la collecte des données l'évaluation de la biodiversité demande de s'intéresser à quelles échelles spatiales et temporelles doivent s'effectuer les suivis.

Les intérêts de s'intéresser aux échelles de la parcelle, de l'exploitation et des paysages sont les suivants (Preud'Homme, 2009) :

##### ***Echelle de la parcelle :***

- Echelle qui est la plus adéquate pour les observations des taxons pas ou peu mobiles ;
- Echelle adaptée pour la récolte des données des Inventaires Techniques Kilométriques et la comparaison entre la biodiversité et les pratiques agricoles ;
- Elle est souvent bien comprise par l'agriculteur.

##### ***Echelle de l'exploitation :***

- Elle est adaptée à l'observation des taxons plus mobiles ;
- Elle est adaptée à l'observation de la mosaïque d'habitats (hétérogénéité, taille et morcellement des parcelles) ;
- Elle est adéquate pour la récolte des informations sur la politique agricole (système et type d'exploitation, mode d'utilisation des terres, changement de techniques culturale...) et la comparaison biodiversité et pratiques agricoles ;
- Elle est souvent bien comprise par l'agriculteur.

##### ***Echelle du paysage :***

- Elle est adaptée à l'observation de taxons très mobiles (oiseaux, chiroptères...) ;
- Elle est adaptée à l'observation des grands éléments du paysage (forêt, plaine, montagne...) ou des milieux particuliers (zone naturelle protégée...) ;
- Elle est utilisable pour la comparaison des exploitations ;
- Elle est parlante pour le technicien ou le conseiller agricole.

La pertinence et l'emboîtement des échelles d'étude est une donnée complexe mais primordiale à laquelle réfléchir. Les bonnes pratiques ne se mesurent pas en effet qu'à l'échelle de la parcelle, mais aussi par rapport à une hétérogénéité des pratiques pour un type d'élément de paysage (Baudry, 2013).

**L'échelle temporelle** des suivis demande de prendre en compte les saisons, les cultures, le cycle de vie des taxons étudiés. Les évaluations sont à mener à court terme (échelle de l'année) et à long terme, pour mesurer l'évolution sur plusieurs années.

### 5.1.5.3 Etat des lieux des méthodes de suivi et d'évaluation

#### 5.1.5.3.1 Les indicateurs

L'observatoire territorial des pratiques agricoles (OTPA) a édité, en 2007, **un guide des indicateurs** pour caractériser la participation des exploitations agricoles d'un territoire au développement durable. Le document présente, sous forme de fiches, des indicateurs utilisables pour décrire les structures des exploitations et les pratiques agricoles ayant un impact sur le développement durable. Il s'agit principalement d'indicateurs de pressions et de réponses, mais certains, en particulier pour la thématique du sol, sont des indicateurs d'Etat.

Face à la plus forte proportion d'indicateurs de pression et de réponse, et le **manque d'indicateurs directs de biodiversité concernant les espèces sauvages**, Prud'Homme (2009) propose des indicateurs d'état prenant en compte les trois niveaux de biodiversité : génétique, spécifique et paysagère. Ces indicateurs prennent également en compte la biodiversité domestique et la biodiversité sauvage, la biodiversité ordinaire ou commune et la biodiversité remarquable ou patrimoniale (menacée et, ou protégée).

Un dispositif de suivi et d'évaluation de la biodiversité agricole proposé par Prud'Homme (2009) est celui de **l'évaluation locale de la biodiversité**. Le principe consiste à transformer les données de terrain et indices statistiques en une appréciation : « très riche, riche, pauvre, très pauvre » ou « riche, bonne, moyenne, pauvre ». L'évaluation peut être réalisée à l'échelle de la parcelle, de l'exploitation voire de la région, pour tout jeu de données quantitatives disponible (par exemple : richesse spécifique en tel ou tel taxon, surface de biodiversité, CSI, nombre d'espèces domestiques, etc....). **Une interprétation de l'appréciation en fonction des pratiques pourrait également être envisageable**. Il manque cependant encore de données pour pouvoir concrétiser ce dispositif.

#### 5.1.5.3.2 Outils et diagnostics d'évaluation de la biodiversité agricole

La plate-forme informatique PLAGE est une aide au choix de la mise en œuvre de méthodes d'évaluation des pratiques agricoles. Elle présente certains outils (Figure 8) permettant cette évaluation à différentes échelles<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> <http://www.plage-evaluation.fr/webplage/>

Échelle	Parcelle ou Système de Culture	Exploitation	Filière / Produit / Atelier	Territoire
Dimensions prises en compte				
Les 3 dimensions : environnementale, économique, sociale	<a href="#">MASC/CRITER</a> <a href="#">SYSTERRE</a> <a href="#">PERSYST</a>	<a href="#">DAESE</a> <a href="#">IDEA</a>		
Durabilité environnementale (plus de 3 thématiques)	<a href="#">IIDIGO</a> <a href="#">DAEG</a>	<a href="#">DAEG</a> <a href="#">EDEH</a>		
Durabilité environnementale (1 à 3 thématiques)	<a href="#">ARTHUR</a> <a href="#">MERLII</a> <a href="#">EGES</a>	<a href="#">AQUASITE</a> <a href="#">DIATERRE</a>	<a href="#">CAP2ER</a>	<a href="#">Territ'eau</a> <a href="#">CLIMAGRI</a>

Figure 8 : Exemples de diagnostics agro-environnementaux

Source : plate-forme PLAGE

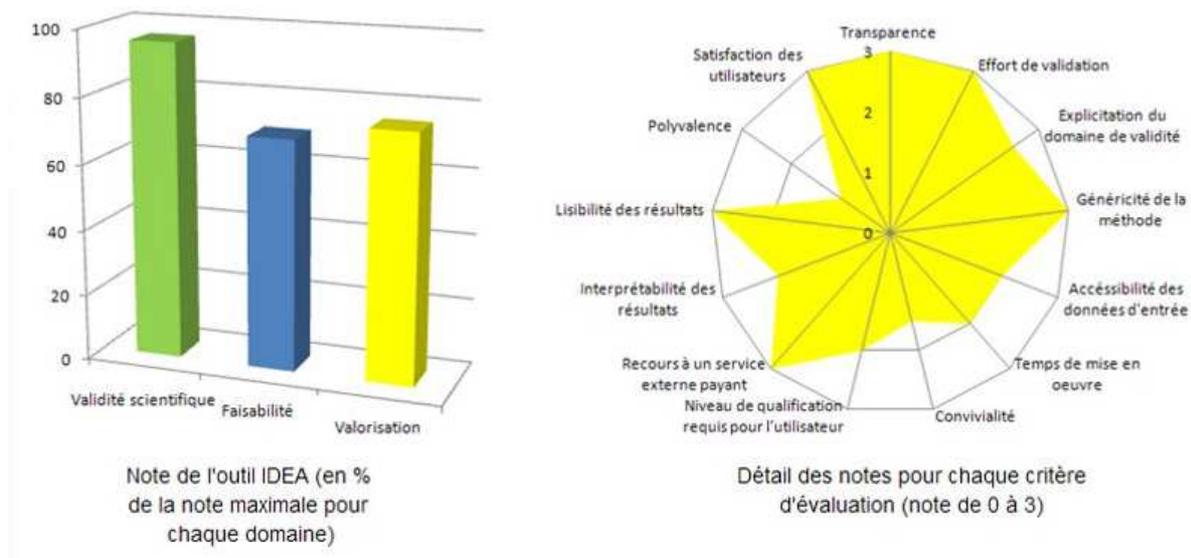
Par exemple, l'outil **Diagnostic Agri-Environnemental Géographique** conçu en 2006 et financé par l'ADEME et le Conseil Régional de Picardie a pour objectifs :

- **Évaluer les impacts des pratiques agricoles** d'une exploitation sur l'environnement en prenant en compte la pression des pratiques agricoles et la sensibilité du milieu dans lequel se trouve l'exploitation ;
- Identifier et hiérarchiser les impacts afin de mettre en place un plan d'actions.

L'outil **IDEA** (Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles) conçu par Laurent Villain *et al.* (2008), est un outil permettant d'évaluer la durabilité d'une exploitation agricole à partir de 42 indicateurs intégrant les trois dimensions de la durabilité (agro-écologique, socio-territoriale et économique).

Parmi ses objectifs, IDEA vise à permettre une évaluation annuelle de la durabilité d'une exploitation par l'agriculteur (auto-diagnostic) ou par une personne extérieure (diagnostic). Il vise à contribuer à l'émergence de pistes d'amélioration de la durabilité pour un agriculteur et de mesurer les progrès obtenus sur son exploitation.

Comme pour certains autres outils de la plate-forme PLAGE, IDEA a été évalué par un comité scientifique :



**Figure 9 : Critères d'évaluation d'un diagnostic environnemental, exemple de l'outil IDEA.**  
*Source : Plate-forme PLAGE*

Dans les diagnostics présentés précédemment (Figure 8) l'approche environnementale concerne beaucoup plus l'aspect énergétique ou le domaine de l'eau que celui de la biodiversité sauvage. Les projets intégrant cette dernière sont peu nombreux, récents ou souvent développés à l'échelle locale seulement. Parmi les diagnostics « de terrain », il est possible de citer, entre autres, le «Diagnostic Biodiversité » de Nature Centre, la méthodologie « Hommes et Territoires », le « Diagnostic Environnemental »<sup>6</sup> du CREN Languedoc-Roussillon (voir encart).

### **EXEMPLE : Diagnostic environnemental du CREN LR (Lepart, 2004)**

#### **Enjeu**

L'élaboration d'un outil de diagnostic agri-environnemental de l'exploitation agricole s'inscrit dans le contexte général de la prise en compte de l'impact environnemental des activités humaines et du concept de développement durable consacré à la Conférence de Rio en 1992.

La prise en compte de l'environnement à l'échelle de l'exploitation agricole passe par la réalisation d'un diagnostic des interactions entre l'activité agricole et l'environnement, autrement dit d'un diagnostic des impacts négatifs et positifs de l'activité de l'exploitation agricole sur l'environnement.

#### **Description**

Développé par le Conservatoire des Espaces Naturels du Languedoc Roussillon le diagnostic de biodiversité des exploitations agricoles a été mis au point à partir des initiatives de différents opérateurs Natura 2000, et notamment du CEN-LR. C'est un outil d'autodiagnostic qui a vocation à être utilisé par les exploitants suite à une formation dispensée par le CEN-LR.

#### **Objectifs**

- Identifier les enjeux de biodiversité et évaluer leur état à l'échelle d'une exploitation agricole, avec des indicateurs simples et accessibles, en fonction des enjeux territoriaux et de leur intérêt patrimonial ;
- Hiérarchiser les enjeux biodiversité de l'exploitation ;

<sup>6</sup> <http://ecodiag.eu/wakka.php?wiki=Accueil>

- Proposer des mesures de gestion favorables à la biodiversité dont la mise en œuvre soit techniquement et économiquement ;
- Sensibiliser l'exploitant agricole au patrimoine naturel de son exploitation ;
- Créer un moment de discussion, de partage de connaissance et de savoir-faire avec l'exploitant ;
- Evaluer l'efficacité des mesures ;
- Pouvoir aisément diffuser la méthode.

## Méthodes

La méthode repose sur l'évaluation des Infrastructures Agro Écologiques<sup>7</sup> (IAE) et des Unités Agro Écologiques (UAE). Il est évalué un aspect quantitatif et un aspect qualitatif:

### Aspect quantitatif

- taux d'IAE/UAE / surface agricole utile
- taux d'éléments en bon état de conservation

### Aspect qualitatif

Pour évaluer l'état de conservation des IAE et UAE, le diagnostic se fait en deux étapes

1 – Définir l'enjeu de conservation de cet IAE/UAE

2 – Évaluer l'état de conservation des habitats au regard de cet enjeu

Une fois les enjeux déterminés l'évaluation se fait à l'aide d'une grille dans laquelle sont définis des indicateurs. Les indicateurs appartiennent à 3 catégories :

- la structure ;
- la composition floristique ;
- les dégradations.

Chaque indicateur mesuré est classé selon trois notes : bon, moyen, défavorable. Un indicateur par critère (structure, composition, dégradations) doit être évalué au minimum. L'habitat évalué prend la note du critère ayant obtenu la plus mauvaise note (méthode « communautaire »).

Des commentaires et préconisations de gestion sont ajoutés à la grille.

## Résultats

L'outil a été testé et approuvé par le CSRPN

Un groupe pilote de 14 exploitations a été monté sur le territoire des Côtes de Thongues.

Courant 2013, il a été défini un plan d'actions qui devrait être lancé d'ici la fin de cette même année. Le projet s'est inscrit dans un projet européen, Ecodiag, issu de la mise en commun de trois outils de diagnostics d'exploitation agricole utilisés en France depuis quelques années. Ils sont expérimentés depuis octobre 2011 sur le territoire du delta du Danube en Roumanie, et du delta du Guadalquivir en Espagne. Ils ont fait l'objet en 2012 de sessions de formations ouvertes à la fois aux enseignants, agriculteurs, animateurs de parcs naturels régionaux, techniciens agricoles ou environnementaux.

Beaucoup des programmes d'évaluation des pratiques agricoles proposent des indicateurs de pression ou de réponse. Quelques-uns s'intéressent à des indicateurs d'état, par exemple :

- **Les concours « prairies fleuries<sup>8</sup> ».** Initiés en France dans le parc naturel régional du Massif des Bauges en 2007, ils s'inspirent d'une méthodologie allemande. Cette mesure vise à

<sup>8</sup> <http://prairiesfleuries.espaces-naturels.fr/index.php/concours>

récompenser le meilleur équilibre agro-écologique des prairies et repose donc sur une obligation de résultat. Le concours repose sur un indicateur simple : la présence d'au moins quatre plantes à fleurs parmi une liste pré-établie sur chacun des tiers de la parcelle.

- **La certification environnementale** des exploitations agricoles. Elle est issue des conclusions du Grenelle et intègre un niveau qualifié de « haute valeur environnementale » (HVE). La HVE est fondée sur une obligation de résultats. L'exploitant pourra choisir d'être évalué sur une batterie de quatre indicateurs composites reprenant quatre thématiques (biodiversité, stratégie phytosanitaire, gestion de la fertilisation, gestion de la ressource en eau) ou sur deux indicateurs synthétiques. Ces deux options permettent de s'adapter à la diversité des systèmes de production rencontrés sur le terrain.

#### 5.1.5.3.3 *Limites et manques pour la mise en œuvre d'un suivi et d'une évaluation de l'efficacité des mesures environnementales en milieu agricole*

La conclusion de l'étude de Preud'Homme (2009) montre que la thématique « agriculture et biodiversité » suscite une forte mobilisation. La construction d'indicateurs agri-environnementaux mobilise particulièrement et les projets se multiplient.

De manière générale, **les indicateurs de pressions sont les plus nombreux**. Ces indicateurs sont souvent regroupés en modèles et outils de diagnostic. En revanche, les indicateurs d'état de la biodiversité en milieu agricole sont moins nombreux. Il existe des indicateurs de la biodiversité écologique (à l'échelle du paysage), des indicateurs de la biodiversité domestique mais peu de la biodiversité spécifique sauvage. Quant aux indicateurs de réponse, la plupart sont politiques et concernent la sensibilisation des acteurs, les lois et taxes votées, les mesures mises en place, les changements de pratiques et de politiques culturelles... mais rarement les effets des pratiques sur la biodiversité. L'élément qui apparaît donc est le manque d'indicateurs directs de biodiversité concernant les espèces sauvages.

L'analyse de l'Observatoire Territorial des Pratiques Agricoles (2007) a également souligné un relatif **manque de couverture de certains champs du développement durable** (notamment les aspects sociaux).

En outre, les différents indicateurs ont été jusqu'à présent presque uniquement utilisés pour des diagnostics et non pas dans le cadre de dispositifs pérennes de suivi.

Enfin l'analyse de l'INRA (LeRoux *et al.*, 2008) note le **manque de suivis qui permettraient d'alimenter la connaissance sur les fonctionnements des métapopulations, sur les risques du développement d'une trame verte en milieu agricole**, et serviraient au développement d'outils pour les gestionnaires dans le cadre de la Trame Verte et Bleue : « Il faut noter ici que les moyens qui seraient nécessaires aux scientifiques pour aborder ces questions clés, notamment en termes de suivis lourds pour étudier l'influence sur la biodiversité des caractéristiques du paysage à des échelles spatiales emboîtées, sur des sites d'étude de grande envergure pouvant accueillir des expérimentations, font largement défaut ».

#### 5.1.5.3.4 *Vers un observatoire agricole de la biodiversité*

Pour répondre à un **manque avéré d'indicateurs de suivi de l'état de la biodiversité en milieu agricole en lien avec les pratiques**, un projet d'observatoire de la biodiversité agricole (OAB) a été lancé en 2009 par le ministère de l'agriculture dans le cadre du plan agricole et biodiversité. La coordination scientifique du projet est confiée au Muséum national d'Histoire naturelle en partenariat avec l'Université de Rennes 1 et un laboratoire du CNRS, le LADYSS.

**Le principe de l'OAB est de proposer des protocoles d'observation de la biodiversité ordinaire aux agriculteurs intéressés, en vue de mieux connaître la biodiversité ordinaire en milieu agricole<sup>9</sup>.**

<sup>9</sup> <http://observatoire-agricole-biodiversite.fr/1-oab/presentation>

L'observatoire de la biodiversité en milieu agricole a plusieurs objectifs propres<sup>10</sup> :

- Approfondir les connaissances sur la biodiversité en milieu agricole ;
- Créer une base de données nationale à destination de la recherche ;
- Impliquer les acteurs du monde agricoles et particulièrement les agriculteurs volontaires dans les observations de terrain (vocation pédagogique) ;
- Fournir aux réseaux intéressés des outils de suivi de la biodiversité ordinaire ;
- Fournir aux décideurs des indicateurs nationaux.

Une phase de test menée en 2010 a permis aux scientifiques de co-construire les protocoles d'observation avec des agriculteurs volontaires.

Quatre protocoles sont actuellement proposés concernant des taxons choisis pour leur lien avec l'agriculture, comme le montre le tableau explicatif ci-dessous :

Protocole(s)	Thématiques agricoles associées
<b>1. Nichoirs pour abeilles solitaires</b>	Pollinisation
<b>2. Transects papillons</b>	Etat d'un milieu à l'échelle du paysage
<b>3. Placettes vers de terre</b>	Fertilité des sols
<b>4. Plaques invertébrés terrestres, dont les mollusques et les carabes</b>	Lutte contre les ravageurs

**Figure 10 : Les protocoles proposés par l'Observatoire Agricole de la Biodiversité**

Source : <http://observatoire-agricole-biodiversite.fr/l-oab/presentation>

La pollinisation est abordée à travers les protocoles « abeilles solitaires » et « papillons », également indicateurs de l'état d'un milieu à l'échelle du paysage.

La fertilité des sols peut être évaluée à l'aide du protocole « vers de terre », et la question de la lutte contre les ravageurs est étudiée au travers du protocole « invertébrés terrestres ».

Bien que l'observatoire de la biodiversité agricole ait pour objectif principal d'évaluer des tendances à une échelle globale, les indicateurs et protocoles définis peuvent également servir à mettre en relation les résultats obtenus avec les pratiques.

Le site internet de l'OAB propose un guide de terrain des protocoles et un calendrier pour les mettre en place.<sup>11</sup>

En 2012, des retours ont été obtenus sur 238 exploitations et 497 parcelles. Ces premiers résultats ont permis d'analyser les pratiques des membres du réseau, et notamment d'appuyer l'importance des bords de champs ou encore de montrer la complémentarité des différentes espèces d'abeilles pour la pollinisation. En 2013, l'objectif est l'interprétation locale des données obtenues<sup>12</sup>.

#### **5.1.5.4 Suivi et évaluation des Mesures Agro-environnementales Territorialisées (MAEt)**

Les MAEt succèdent depuis 2007 à plusieurs dispositifs agroenvironnementaux : Opérations Locales Agro Environnementales, Contrat Territorial d'Exploitation, Contrat d'Agriculture Durable<sup>13</sup>.

Une mesure agro-environnementale vise à mettre en œuvre des pratiques agricoles favorables à la préservation des ressources naturelles présentes sur l'exploitation (eaux, sols, paysages et biodiversité). En contrepartie l'exploitant agricole perçoit une rémunération annuelle correspondant

<sup>10</sup>([http://observatoire-agricole-biodiversite.fr/sites/oab.mnhn.fr/files/upload/attached/synthese\\_etude\\_de\\_faisabilite\\_2010\\_-\\_oab.pdf](http://observatoire-agricole-biodiversite.fr/sites/oab.mnhn.fr/files/upload/attached/synthese_etude_de_faisabilite_2010_-_oab.pdf)) :

<sup>11</sup> <http://observatoire-agricole-biodiversite.fr/participer/les-protocoles/decouvrez-les-protocoles>

<sup>12</sup> <http://observatoire-agricole-biodiversite.fr/resultats/mobilisation-2012>

<sup>13</sup> <http://www.espaces-naturels.fr/Natura-2000/Mise-en-oeuvre-des-Docobs/Outils-contractuels/Mesures-AgroEnvironnementales-territorialisees-MAEt>

aux coûts supplémentaires, aux manques à gagner et aux coûts induits liés à la mise en œuvre des pratiques agroenvironnementales.

Il s'agit d'un contrat souscrit volontairement pour une période de cinq ans par un exploitant agricole pour l'inciter à adapter ses pratiques, en particulier par rapport à des enjeux environnementaux.

Le cadre actuel des mesures agro-environnementales territorialisées en France est conçu pour répondre à deux priorités : la mise en œuvre du réseau Natura 2000 et la directive cadre sur l'eau (Soulard *et al.*, 2011). Par exemple, une vingtaine de territoires l'ont expérimenté sur de vastes secteurs de prairies permanentes de fauche ou de pâture, à travers l'utilisation de l'engagement unitaire « maintien de la richesse floristique d'une prairie naturelle » (Soulard *et al.*, 2011).

Dans le cadre de l'évaluation du Programme de Développement Rural Hexagonal<sup>14</sup>, une procédure d'évaluation des MAEt a été instaurée. Il s'agit ici de l'évaluation d'un outil et non pas de pratiques. L'efficacité environnementale des MAE est évaluée à l'aide d'indicateurs agro-environnementaux. Le cadre commun de l'évaluation des MAEt se base sur un grand nombre d'indicateurs de suivi (Zahm et Gassia, 2009). Néanmoins ce sont des indicateurs de réalisation qui sont privilégiés (61 indicateurs de réalisation pour un total de 76).

Par rapport à ce constat il ressort l'importance d'avoir recours à des indicateurs alternatifs. En effet, un indicateur de réalisation est pertinent pour mesurer en partie l'efficacité de la politique, mais il n'est pas satisfaisant pour rendre compte des effets propres des MAEt. « Il est toutefois illusoire de se limiter aux indicateurs du cadre commun, pour évaluer l'effet des MAE sur l'environnement » (Zahm et Gassia, 2009).

Pour résoudre ce problème, Zahm et Gassia (2009) ont étudié la possibilité d'évaluation contrefactuelle des effets des MAE. L'évaluation contrefactuelle apprécie ce qui se serait passé si le programme MAE n'avait pas eu lieu. Cependant, du fait du nombre encore trop faible de ces contrats, il est peu probable qu'une telle démarche contrefactuelle puisse être mise en œuvre pour les MAE d'ici 2013 (Zahm et Gassia, 2009).

Les retours des entretiens d'acteurs ayant contractualisés ou accompagnés la contractualisation ont également fait état que le cadre d'évaluation des MAEt présenté précédemment n'est, à notre connaissance, que peu ou pas utilisé dans la pratique. Les mesures agro-environnementales sont généralement évaluées par des méthodes propres, à la fin des contrats. C'est par exemple le cas du PNR Causses du Quercy : au bout du contrat MAEt, si un renouvellement est souhaité par l'agriculteur il est réalisé un diagnostic éco pastoral durant lequel l'état de conservation des habitats, son évolution et ses origines de cette évolution, sont mesurés (comm.pers Esslinger).

#### **5.1.5.5 Suivi et recherche : le programme DIVA Corridor**

Le programme DIVA Corridor « Actions publiques, agriculture et biodiversité » est un programme du service de la recherche du MEDDE<sup>15</sup>. Il comporte trois volets dont le troisième a été lancé en 2012. Les projets de ce dernier volet s'articulent autour de trois axes dont la **gestion des trames vertes et bleues et le suivi de leur efficacité**. La finalité de cet axe est la définition de méthode d'évaluation pour l'aide à la gestion de ces corridors dans les paysages agricoles en fonction des différents types d'agriculture.

Les projets se rapportent à des travaux de Recherche mais visent également à apporter des méthodes pratiques pour le suivi et l'évaluation des continuités écologiques.

**Le projet FORHAIE** cherche à montrer l'importance de la structure des paysages agricoles pour la conservation de la biodiversité forestière ordinaire dans les territoires ruraux : de l'évaluation de la fonctionnalité des continuités écologiques au suivi de leur efficacité et de leur acceptabilité.

**Le projet AGRICONNECT** expérimenté à l'échelle de la région Bretagne et du PNR du golfe du Morbihan, vise à comprendre le rôle de l'agriculture dans les trames et valider la fonctionnalité des continuités.

---

<sup>14</sup> <http://agriculture.gouv.fr/le-programme-de-developpement,10626>

<sup>15</sup> <http://www6.inra.fr/programme-diva>

**Le projet TRAMIX** a pour objectif de répondre à la question centrale « Quelle contribution de l'agriculture à la TVB dans des paysages de bocage sous influence urbaine ? »

**Le projet PoulHaieCREM** vise à évaluer l'influence du réseau de haies dans la facilitation de la prédation par les petits carnivores en zone avicole bressanne.

**Le projet LEVANA** étudie l'influence de l'organisation des paysages agricoles sur la distribution, la stabilité et la dispersion des papillons.

L'ensemble des résultats des différents programmes DIVA et la présentation des projets sont disponibles sur le site : <http://www6.inra.fr/programme-diva/DIVA-3/Presentation-des-projets-lors-du-Seminaire-de-lancement>.

Une étude menée par Codet et Chevallerau (2006) propose une méthode pour suivre et évaluer les effets de la gestion des bords de champ. Elle consiste à faire des observations en suivant un chemin pré-identifié, puis à les compiler dans une base de données afin que les chercheurs analysent la corrélation entre pratiques de gestion et état de la biodiversité.

## 5.2 Les dispositifs de suivi et d'évaluation spécifiques aux milieux forestiers

### 5.2.1 Le milieu forestier : définition et enjeux

#### 5.2.1.1 Définition

Une définition de la forêt donnée par la FAO est la suivante :

« Terre avec un couvert arboré (ou une densité de peuplement) supérieur à 10% et d'une superficie supérieure à 0,5 hectare (ha). Les arbres doivent être capables d'atteindre une hauteur minimum de 5 mètres à maturité *in situ*. [...] Les jeunes peuplements naturels et toutes les plantations établies dans un objectif forestier, qui ont déjà atteint une densité de couverture de 10 % ou une hauteur de 5 mètres, sont inclus dans la catégorie des forêts. Il en est de même des surfaces faisant normalement partie des superficies forestières qui ont été temporairement déboisées à la suite d'interventions humaines ou de causes naturelles, mais qui doivent retourner à la forêt ».

Les écosystèmes forestiers sont formés de réseaux complexes de végétaux, d'animaux, de champignons et de bactéries. La biodiversité forestière s'envisage couramment selon trois composantes :

- Composition (paysages, habitats, communautés, espèces, génotypes) ;
- Structure (types de peuplement, taille des unités paysagères, fragmentation, connectivité des habitats) ;
- Fonctionnement (cycles biogéochimiques, anthropisation).

#### 5.2.1.2 Enjeux

Les enjeux des écosystèmes forestiers sont à la fois économiques, environnementaux et sociaux.

Avec plus de 400.000 emplois, les secteurs de la forêt et du bois sont à l'égal de l'industrie automobile (Caullet, 2013). Il s'agit d'une matière première indispensable, d'une source d'énergie. Elle a des fonctions récréatives et améliore le cadre de vie. La forêt a un rôle de stockage de CO<sub>2</sub>, d'épuration de l'air, elle améliore la qualité de l'eau, est un habitat important pour la faune et la flore.

**A l'échelle mondiale les forêts régressent** alors que **leur superficie augmente à l'échelle européenne**. En France elle s'accroît fortement depuis la deuxième moitié du XIX<sup>e</sup> siècle. On estime que la surface boisée de la France était comprise entre 8,9 et 9,5 millions d'hectares en 1830 (Cinotti, 1996). Les évolutions varient selon les régions sur les trente dernières années, mais globalement la progression en termes de surface est d'environ 20 %. Elle occupe aujourd'hui 16,3 millions d'hectares soit près de 28% du territoire français<sup>16</sup>. De plus, les territoires français d'outre-mer abritent plus de 8

---

<sup>16</sup> <http://inventaire-forestier.ign.fr/spip/spip.php?rubrique11>

millions d'hectares de forêts primaires et d'écosystèmes forestiers d'une richesse exceptionnelle au niveau mondial. (MAP, 2006)

**La forêt privée est majoritaire en France.** Elle représente les trois quarts de la surface forestière métropolitaine. Les forêts domaniales rassemblent 10 % de la surface forestière métropolitaine, le reste étant occupé par les autres forêts publiques, composées de forêts communales pour l'essentiel.

Cette augmentation de surface dans certains secteurs, notamment les boisements artificiels, **cache des problèmes liés aux sols** (appauvrissement, tassements) et une **régression de la biodiversité forestière** (habitats et espèces). Il n'en reste pas moins que la diversité des milieux forestiers bénéficie de la diversité des modes de gestion.

## 5.2.2 Milieux forestiers et TVB

### 5.2.2.1 La trame intra-forestière

**Les forêts domaniales** font partie de la Trame Verte et Bleue<sup>17</sup> (contrat Etat-ONF 2012-2016). **Les cœurs de nature** sont constitués par les **Réserves biologiques**. Les actions qui ne réfèrent pas à ces cœurs de nature **n'appartiennent pas au cadre législatif de la Trame Verte et Bleue**. Elles peuvent néanmoins **avoir un rôle fonctionnel pour les continuités écologiques** et le déplacement des espèces.

Les actions sur les continuités écologiques menées par l'ONF se font au niveau **intra-forestier**, c'est par exemple le cas des réseaux d'îlots de vieux bois, des réseaux de mares (trame bleue).

**Le réseau écologique intra-forestier s'articule autour des 3 éléments particuliers : réserves biologiques, îlots de sénescence et de vieillissement, et les arbres isolés.**

- Îlots de sénescence : le bois n'est pas exploité, on laisse une évolution libre jusqu'à l'écroulement des arbres ;
- Îlots de vieillissement : le bois sera exploité mais le cycle sylvicole est prolongé.

Néanmoins **ces îlots n'existent pas encore** : dans les projets en cours les arbres sont encore jeunes (comm.pers Archaux).

D'un point de vue fonctionnel (dispersion des espèces, taille et agencement des cœurs/îlots...) il n'y a que très peu de travaux scientifiques faisant des recommandations sur la mise en place de réseaux en milieu forestier. **En termes de connaissances, la mise en place de réseaux écologiques est un sujet lacunaire** (comm.pers Bouix). La mise en œuvre d'un réseau intra-forestier dépend ainsi de quelques travaux sur les connectivités écologiques mais qui ne sont pas spécifiques du milieu forestier. Les recommandations concernent notamment:

- la taille (assez grande : trois hectares par exemple) ;
- la forme des patchs (ronde, compact pour éviter les effets de bordure...).

Dans les cas où une réflexion approfondie a été menée avant l'établissement des îlots, il s'agit **d'expertises au cas par cas**, qui dépendent des territoires. Il n'y a donc pas une unique façon de procéder. De tels réseaux se développent sur la commune de la Motte Servolex, dans la forêt de Rambouillet, la forêt des Andaines, le PNR Vosges du Nord, le Parc National des Cévennes...

### 5.2.2.2 La trame inter-forestière

Les continuités forestières sont également à identifier **au niveau inter-forestier**.

La forêt peut jouer plusieurs rôles en tant que continuité écologique, dépendant à la fois de sa position géographique et de sa qualité biologique (COMOP TVB, 2010a).

Elle peut ainsi constituer des sites de conservation pour certaines espèces ou habitats, une matrice favorable à la dispersion pour d'autres, ou encore avoir un rôle de régulation pour le réseau hydrographique et la production d'eau potable.

---

<sup>17</sup> Trame Verte et Bleue (TVB) : « les forêts publiques ont vocation à faire partie de la TVB, du fait de leur importance pour la biodiversité et de la gestion durable multifonctionnelle qui y est conduite » (contrat Etat-ONF 2012-2016), les RB constituant des cœurs de nature de la sous-trame forestière.

## 5.2.3 Les actions de gestion durable en milieu forestier

### 5.2.3.1 Les actions spécifiques aux réseaux écologiques

Les enjeux de la Trame verte et bleue résident dans la gestion des massifs forestiers afin de garantir le bon état de conservation des espèces et habitats particuliers qui y sont attachés, et dans le maintien et la création de continuités entre les massifs boisés et la trame arborée rurale (COMOP TVB, 2010a).

Des exemples de pratiques de gestion favorables seraient de privilégier les essences locales lors des reboisements, proscrire les coupes trop fortes, respecter les prescriptions d'utilisation de produits agro-pharmaceutiques... Ces actions peuvent être, pour les forêts privées, déclinées dans des plans de gestion ou codes de bonnes pratiques.

Pour les forêts domaniales, ces actions sont définies dans un document cadre visant la conservation de la biodiversité dans la gestion courante des forêts publiques nommé instruction biodiversité, et déclinées pour chaque forêt dans l'aménagement forestier (document de gestion de la forêt). Cette instruction prévoit des objectifs quantitatifs<sup>18</sup> concernant les îlots de vieux bois (vieillessement et sénescence) ainsi que les arbres isolés (comm.pers Bouix). Les arbres isolés sont choisis pour leur qualité écologique : aussi bien vivants, car ils fournissent des habitats particuliers comme les cavités et les fentes, que morts, ce sont alors des habitats pour les espèces saproxyliques (comm.pers Bouix). Sont également sélectionnés de gros arbres qui offrent certains habitats, par exemple pour la nidification de l'avifaune. Pour former un réseau, les arbres isolés sont choisis en fonction de leur agencement spatial entre eux et de l'état du peuplement (recrutement, en coupe...). Un objectif de l'identification est **d'avoir en permanence des arbres servant d'habitat potentiel pendant tout le cycle d'exploitation.** (comm.pers Bouix).

Un aspect important à prendre en compte en milieu forestier est donc l'évolution temporelle du milieu ce qui implique le recours à une gestion dynamique.

### 5.2.3.2 Les modes de gestion des forêts

Le concept de gestion durable des forêts a été introduit à la conférence interministérielle sur la protection de la forêt à Helsinki en 1993.

La **gestion durable** signifie selon le MAAF<sup>19</sup> « la gérance et l'utilisation des forêts et des terrains boisés, d'une manière et à une intensité telle qu'elle permet le maintien de la diversité biologique, leur productivité, leur capacité de régénération, leur vitalité et leur capacité à satisfaire, actuellement et pour le futur, les fonctions écologiques, économiques et sociales pertinentes aux niveaux local, national et mondial ; et qu'elles ne causent pas de préjudices à d'autres écosystèmes. » Il s'agit notamment du mode de gestion préconisé par l'Office National des Forêts pour les forêts domaniales.

Les forêts domaniales et les forêts des collectivités (156.271 ha) sont gérées par l'Office National des Forêts. Chaque forêt est dotée d'un plan de gestion appelé « aménagement » qui doit être conforme aux Directives Régionales d'Aménagement (forêts domaniales) ou Schémas Régionaux d'Aménagement (forêts des collectivités).

Les forêts privées de plus de 25 hectares doivent être dotées d'un **plan de gestion** agréé par le Centre Régional de la Propriété forestière (CRPF). Ces plans de gestion doivent être en conformité avec les Schémas Régionaux de Gestion Sylvicole ; seul 12% de la surface des forêts privées sont dotées d'un tel plan de gestion<sup>20</sup>.

---

<sup>18</sup> Objectifs minimaux quantitatifs de l'instruction de 2009

*1 % d'îlots de sénescence*

*2 % d'îlots de vieillissement*

*1 arbre mort/ha*

*2 arbres à cavité/ha, vieux ou gros*

<sup>19</sup> <http://agriculture.gouv.fr/gestion-durable>

<sup>20</sup> <http://www.midi-pyrenees.developpement-durable.gouv.fr/la-gestion-des-forets-r2082.html>

Les propriétaires de forêts plus petites peuvent aussi bénéficier d'une présomption de gestion durable en adhérant à un code de bonnes pratiques sylvicoles, document simplifié rappelant un certain nombre de bonnes pratiques que le propriétaire s'engage à respecter.

Plusieurs labels de gestion durable des forêts existent (PEFC, FSC...). Ils apportent au consommateur la garantie que le bois ainsi certifié est issu de forêts dont le propriétaire respecte une liste d'engagements de gestion durable.

- Label PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes) : L'Objectif du PEFC est « d'assurer un accès pérenne à la ressource indispensable qu'est le bois, en garantissant le respect de ceux qui possèdent et travaillent dans les forêts, et en préservant la biodiversité qui leur est propre »<sup>21</sup>. Un tiers de la forêt française est labellisée PEFC. Dans le cas des forêts publiques, ce n'est pas le propriétaire forestier qui est certifié PEFC mais des entités régionales (comm. pers Bouix). Le propriétaire (l'ONF pour les forêts domaniales, les communes pour les forêts communales) adhère à l'entité régionale et prennent l'engagement de respecter le cahier des charges PEFC ;
- La certification FSC (Forest Stewardship Council) a pour objectif de promouvoir la gestion responsable des forêts mondiales. Le système FSC est en pratique inaccessible pour des petits propriétaires individuels et ce sont surtout des grands propriétaires terriens comme au Brésil et au Canada qui sont certifiés FSC. Le système opérationnel promu par FSC en France est la certification de groupe par l'intermédiaire d'un gestionnaire commun. Aujourd'hui, 18 000 ha sont certifiés FSC en France.

Enfin de **nombreux outils de protection** s'appliquent aux milieux forestiers : forêts de protection, réserves biologiques, bois classés, réseau Natura2000, ...

## 5.2.4 Suivis et évaluation de l'efficacité des actions en milieu forestier

### 5.2.4.1 Suivi et évaluation de la Trame intra-forestière

#### 5.2.4.1.1 Les réseaux d'îlots de sénescence ou de vieux bois

Au niveau de la Trame intra-forestière l'étude **n'a pas permis de faire ressortir de protocoles de suivi et d'évaluation de l'efficacité de la mise en réseaux d'îlots de sénescence ou de vieux bois**. Les principales raisons de ce manque sont la nouveauté des instructions (2009), le temps nécessaire pour remplir les objectifs des instructions (trois cycles d'aménagement de 10 à 15 ans chacun), et des îlots qui sont aujourd'hui encore trop jeunes (comm.pers Archaux, Bouix). De plus, les îlots de vieux arbres ne sont pas situés au sein d'une matrice « hostile », la forêt environnante dispose également de vieux bois, d'arbres morts... L'évaluation de l'efficacité des réseaux d'îlots n'en est que plus complexe (comm.pers Archaux).

Finalement la **difficulté est double** : en amont il n'existe que **très peu de données scientifiques** pour appuyer la mise en place des réseaux (1.3) et en aval il n'existe **pas de programmes scientifiques pour le suivi des réseaux d'îlots** (comm.pers Bouix).

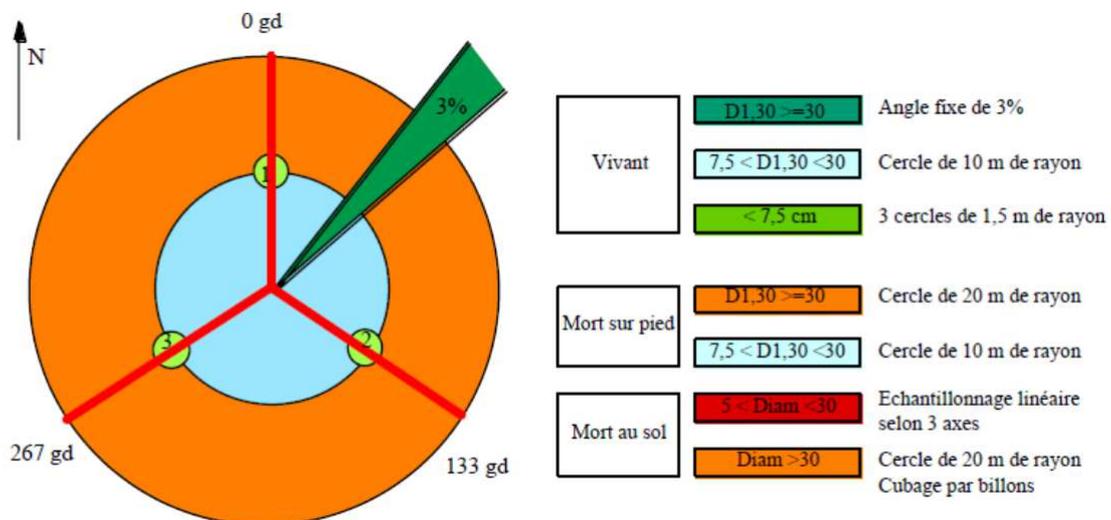
#### 5.2.4.1.2 Les réserves biologiques

Validé en 2005 par le ministère en charge de l'écologie, le **protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières (PSDRF)** a été développé en tant qu'**outil de suivi des réserves forestières**<sup>22</sup>. Il est certainement l'un des protocoles les plus utilisés dans les espaces protégés (Debaive, 2013). Son principal objectif est de mieux comprendre la dynamique des peuplements forestiers dans le temps et l'espace. Le PSDRF permet également un suivi particulièrement fin en ce qui concerne l'origine et le type de bois mort. C'est aussi un support pour diverses études taxonomiques complémentaires, comme le programme de recherche Gestion, Biodiversité et Naturalité (5.2.4.6.2). Le protocole permet de participer à l'évaluation d'un état initial de la forêt étudiée. Un objectif est alors de suivre l'évolution de cet état aussi bien au sein de forêts en libre évolution qu'en peuplements gérés et exploités (Malard, 2012).

<sup>21</sup> <http://www.pefc-france.org/articles/fonctionnement/promouvoir-la-gestion-durable-des-forets>

<sup>22</sup> Réserves Biologiques Dirigées, Réserves Biologiques Intégrales et Réserves Naturelles.

Le PSDRF est basé sur la superposition de placettes à géométrie variable : placettes concentriques, à angle fixe et transects. Ces différents types d'échantillonnage permettent d'optimiser le relevé des arbres selon leur position (debout, au sol), leur vitalité (mort, vivant), ou leur taille (diamètre inférieur ou supérieur à 30 cm). Le nombre de placettes, ainsi que la taille de la maille, dépendent aussi bien de la surface étudiée (minimum 25 ha) que de la diversité des habitats forestiers présents ou encore des types de gestion mis en œuvre sur le site. (Debaive, 2013)



**Figure 11 : Placette du protocole PSDRF**  
Source : notice de mise en place du PSDRF

Le protocole dendrométrique simple permet d'appréhender de façon simultanée :

- la caractérisation du peuplement et notamment du bois mort ;
- l'analyse des flux de bois vivants et de bois morts
- le suivi de la composition en essence ;
- le suivi des gros bois ;
- le suivi du capital sur pied ;
- et le suivi du renouvellement.

Des informations complémentaires sur le suivi et l'évaluation des réserves forestières sont apportées dans les parties 8.2.3 et 5.2.4.5.1.

#### 5.2.4.2 Suivi et évaluation dans le cadre de Natura2000

30% de la forêt domaniale française est classée en site N2000 (comm.pers Bouix). Dans le cadre de la Directive Habitat Faune Flore, il est nécessaire d'évaluer le bon état de conservation de ces sites. Le bon état de conservation est défini comme suit :

- Les structures caractéristiques de l'habitat sont présentes et les fonctions spécifiques et nécessaires à son maintien sont assurées ;
- Aucune atteinte n'est susceptible de nuire à sa pérennité ;
- Les espèces typiques s'expriment et assurent leur cycle biologique.

En France il existe **une unique méthode de notation de l'état de conservation des habitats forestiers** développée par le Muséum national d'histoire naturelle et l'Office national des forêts : la **méthode Carnino** (2009). Elle fournit un cadrage méthodologique commun pour les 29 types d'habitats forestiers inscrit à l'annexe I de la Directive Habitat, Faune, Flore et présents sur le territoire.

Les critères de notation se basent sur : la composition floristique, la composition dendrologique, la densité de très gros bois, le renouvellement des peuplements, la présence de bois mort et d'insectes saproxyliques, l'absence d'atteintes lourdes et diffuses sur l'habitat (Carnino, 2009).

Le fonctionnement de la méthode repose sur une analyse qualitative et quantitative. La comparaison des valeurs obtenues à des valeurs seuils permet de calculer un nombre de points ( $n \leq 0$ ) propre à chaque critère, chaque point dévalue la note globale initiale (=100). Une note finale sur 100 est donnée, classant l'habitat de dégradé à optimal.

La méthode repose sur une liste d'espèces typiques dont les critères de choix ont été définis par Maciejewski (2010).

La mesure de l'état de conservation pourrait permettre d'évaluer de façon générale si la gestion a eu un effet négatif ou positif sur cet état. Pour mesurer l'effet des actions, le DOCOB prévoit une évaluation de l'efficacité des mesures (8.3.2). Néanmoins, il n'est pas prévu de suivi et d'évaluation du fonctionnement écologique des sites forestiers dans le cadre de Natura2000 (comm.pers Bouix).

#### 5.2.4.3 L'indice de Biodiversité Potentielle

L'indice de Biodiversité potentielle (IBP) a été développé en 2009 par Laurent Larrieu (ingénieur CRPF Midi-Pyrénées) et Pierre Gonin (IDF, Toulouse). Il s'agit d'une méthode simple et rapide pour évaluer la biodiversité potentielle des peuplements forestiers (Larrieu et Gonin, 2010). Ses objectifs sont d'estimer la **biodiversité taxonomique potentielle du peuplement** et de **diagnostiquer les éléments améliorables** par la gestion.

L'IBP est un indicateur composite de la biodiversité car se basant sur le calcul de 10 variables : 2 sur la composition et 8 sur la structure. 7 des facteurs sont directement liés à la gestion et au peuplement et 3 à des éléments de contexte (Larrieu et Gonin, 2009).

**Évaluer les actions de gestion par l'IBP** peut être fait de 2 manières différentes (comm.pers Soullard):

- **Réaliser des relevés IBP** sur des peuplements **avant une intervention** sylvicole (éclaircie, coupe partielle...) **puis suite à l'intervention.**
- **Identifier des couples de peuplements similaires** (essence, station, climat, âge...) mais **ayant connu une gestion différente.** La différence de note est supposée être due à la gestion.

La méthode a intéressé de nombreux gestionnaires et est de plus en plus utilisée (comm.pers Soullard). Néanmoins, l'ONF a mis en avant certaines limites sur son utilisation par rapport à ses objectifs (Boulangier *et al.*, 2011) :

- Il ne prend donc pas en compte les engagements de cohérence spatiale à grande échelle ;
- Aucun facteur IBP ne peut être interprété comme un indicateur de l'équilibre faune-flore ;
- Il ne prend pas en compte la préservation des sols ;
- Il n'y a pas de preuve scientifique avérée entre la biodiversité potentielle mesurable par l'IBP et l'état réel de la biodiversité.

En conclusion **l'ONF ne recommande pas cet indice pour le suivi de la gestion.** Il peut néanmoins être utilisé à des fins pédagogiques.

#### 5.2.4.4 L'outil Syrph the Net (StN)

**L'utilisation des Syrphes** (diptères) en tant que **bio indicateur** de la qualité écologique d'un milieu forestier intéresse un certain nombre de chercheurs (Speight, 2011 ; Speight et Castella, 2010a). L'intérêt des syrphes est qu'ils répondent à l'échelle des macrohabitats et des microhabitats. Ce sont ces liens syrphes-macrohabitats et syrphes-microhabitats qui rendent possibles la prédiction sur les espèces qui devraient être présentes si le milieu est de bonne qualité (Garrigue, 2013). Les syrphes sont d'autant plus intéressants en tant que bio indicateur qu'elles sont présentes dans tous les milieux excepté les cavernes et les milieux de pleine eau (Garrigue, 2013). Les adultes sont pour la plupart floricoles, les larves couvrent de multiples micro-habitats : herbivores, carnivores et décomposeurs, elles permettent de poser un diagnostic complet sur le fonctionnement des milieux. Il existe 900 espèces de Syrphes en Europe et environ 500 en France.

Il s'agit dans une première étape de répertorier tous les habitats présents (Corine biotope) et micro-habitats représentés. Le modèle prédictif développé dans la base de données *Syrph the Net* indique une

liste d'espèces qui devrait être présente dans le cas d'un milieu de bonne qualité. Une comparaison doit alors être établie avec la liste des espèces capturées selon une méthode standardisée (capture au piège Malaise). Cette comparaison permet une analyse fine des effets de la gestion (Garrigue, 2013).

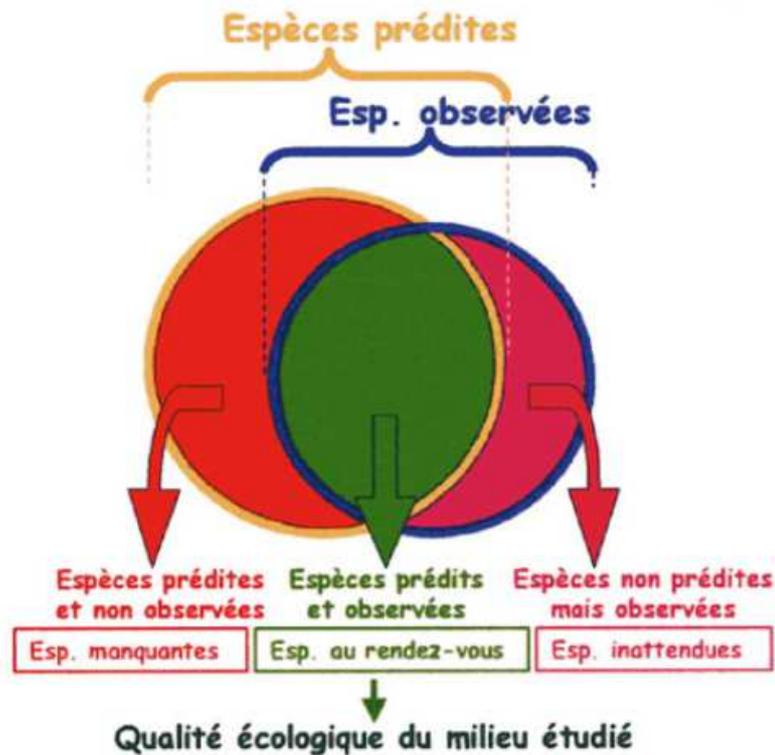


Figure 12 : Principe de la comparaison des espèces

Source : Garrigue, 2013

Ce protocole a été utilisé dans différentes régions de France avec de bons résultats. L'ATEN est en cours de rédaction d'un cahier technique pour aider et inciter les gestionnaires à mettre en place ce suivi.

Tous les indicateurs de suivi en milieu forestier ne peuvent être traités ici, une étude intéressante est la **synthèse des réflexions issues du programme de recherche «Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques»** (Nivet *et al.*, 2012). Elle présente **les indicateurs écologiques et socio-économiques de biodiversité forestière**. Elle rassemble des considérations variées, aussi bien analytiques que synthétiques, sur les indicateurs de biodiversité des forêts et sur la biodiversité en elle-même. Cette synthèse donne un aperçu de la variété des approches existantes qui adoptent des points de vue de recherche, de développement, de gestion, et préconise l'amélioration continue des jeux d'indicateurs (Nivet *et al.*, 2012).

## 5.2.4.5 Suivi et évaluation des plans de gestion des forêts

### 5.2.4.5.1 Les Réserves Biologiques

La gestion des Réserves Biologiques est évaluée généralement à la révision du plan de gestion. Cette évaluation est prescrite au travers du chapitre "Gestion passée", dans lequel il est réalisé le bilan des objectifs et de ce qui a été accompli (comm.pers Bouix). Les effets de la gestion peuvent quant à eux être analysés au travers du protocole de suivi dendrométrique des réserves forestières (5.2.4.1.2).

### 5.2.4.5.2 Aménagement forestier

A chaque révision d'aménagement, un bilan de l'aménagement qui arrive à échéance est réalisé par l'ONF et porté au titre 1 du nouvel aménagement (comm. pers Bouix). De plus, une "surveillance" de la mise en œuvre des aménagements est également assurée par l'ONF, qui procède à une évaluation périodique des aménagements. Celle-ci peut conduire si nécessaire à une modification ou une révision anticipée d'aménagement.

Il s'agit ainsi, à intervalle régulier :

- d'examiner la pertinence des principales orientations de gestion de l'aménagement, tenant compte le cas échéant des évolutions du contexte ;
- de mesurer l'avancement des programmes d'actions définis dans l'aménagement et mettre en évidence les écarts entre ce qui était prévu et ce qui a été réalisé, et s'interroger sur les raisons des écarts constatés ;
- de décider des actions correctives éventuelles à mettre en œuvre : plan d'actions permettant de corriger les écarts ou non conformités constatés, décision de modification ou de révision anticipée d'aménagement le cas échéant.

De plus un plan de contrôle sur une liste des forêts devant faire l'objet d'un bilan est établi annuellement. La périodicité du bilan est arrêtée en fonction du niveau des enjeux et d'appréciation du degré d'évolution du contexte local.

Au minimum, un bilan à mi-période doit être réalisé pour tous les aménagements de forêt de plus de 500 hectares, dont l'une des fonctions principales est associée à un enjeu moyen ou fort sur au moins 50 % de la surface. Néanmoins, il peut parfois être pertinent de réaliser le bilan plus précocement, ou de retenir un seuil de surface moins élevé.

Cette procédure a été normalisée récemment par une note de service de L'ONF de 2010. Sa prise en compte progresse.

L'évaluation des aménagements s'intéresse ainsi à la réalisation des actions mais peu à leurs effets (comm.pers Pierquet).

#### **5.2.4.6 Des projets de Recherche de suivi en milieu forestier**

##### *5.2.4.6.1 Le projet Dispersion et persistance de la biodiversité dans la trame forestière (DISTRAFOR)*

Initié en 2011, le projet DISTRAFOR a pour objectif de mieux comprendre comment la qualité et l'organisation spatio-temporelle de la trame forestière, et de son environnement, influencent la distribution et la dynamique de la biodiversité forestière. La finalité du projet est notamment d'améliorer l'identification des situations paysagères critiques pour la persistance de la biodiversité, dans la perspective de politiques publiques visant à maintenir et rétablir des continuités écologiques.

Le projet comporte trois volets :

1. **Dynamique de la flore forestière du Bassin parisien.** Ce volet cherche à comprendre :
  - Quelle est l'importance relative de la qualité, surface et connectivité de la trame forestière sur la flore ?
  - Quel est l'importance de la matrice non forestière ?
2. **Réaction des coléoptères saproxyliques et de la faune du sol au paysage.** Les grandes questions guidant ce volet sont :
  - Quelle est l'importance relative, sur les coléoptères saproxyliques, la macrofaune saprophage et la mésofaune, de :
    - la surface du boisement ?
    - l'isolement de ce boisement ?
    - la continuité temporelle de l'habitat ?
  - Quels sont les conséquences pour le fonctionnement du sol ?
  - Quelles sont les conséquences microévolutives sur la capacité de dispersion des individus ?
3. **Réponse de la flore à la défragmentation.** Les objectifs sont de comprendre :
  - Comment la flore recolonise-t-elle les fragments forestiers récents ?
  - Quelle est l'influence du mode de formation (accrétion ou nucléation) et de l'isolement de ces nouveaux boisements ?

#### 5.2.4.6.2 Le projet Gestion Naturalité Biodiversité

Initié en 2008 en partenariat entre l'IRSTEA, l'ONF, l'INRA et RNF, le projet Gestion forestière, Naturalité et Biodiversité a pour but d'étudier le lien entre biodiversité, exploitation forestière et naturalité en comparant des parcelles exploitées à des parcelles non-exploitées (Réserves Biologiques Intégrales ou parties intégrales de Réserves Naturelles). Il vise notamment à **mieux connaître les effets de l'arrêt de l'exploitation forestière sur la biodiversité**.

Sept groupes taxonomiques ont été inventoriés dans ce projet : plantes vasculaires, mousses, champignons, chauve-souris, oiseaux, coléoptères carabiques et saproxyliques.

C'est un programme lourd (coût financier, humain, en temps), très difficile à généraliser dans la gestion courante (comm.pers Bouix).

Peuvent également être cités les projets :

- **FORGECO** : Du diagnostic à l'action : vers une gestion intégrée et viable des écosystèmes forestiers sur les territoires
- **IMPREBIO** : Impact de l'intensité des prélèvements forestiers sur la biodiversité
- **BILISSE** : Comment la biodiversité des lisières renforce des services écologiques ?
- **RTE** : biodiversité sous les pylônes et les lignes à très haute tension (THT).

### 5.3 Suivi et évaluation spécifiques aux continuités écologiques des cours d'eau

#### 5.3.1 Définition et enjeux

##### 5.3.1.1 Définition

Notion introduite en 2000 par la **directive cadre sur l'eau (DCE)**, la continuité écologique d'un cours d'eau est définie comme la libre circulation des organismes vivants et leur accès aux zones indispensables à leur reproduction, leur croissance, leur alimentation ou leur abri, le bon déroulement du transport naturel des sédiments ainsi que le bon fonctionnement des réservoirs biologiques : connexions, notamment latérales, et conditions hydrologiques favorables (Article R214-109 du code de l'environnement définissant un obstacle à la continuité écologique).

On distingue la continuité longitudinale (de l'amont vers l'aval) - principalement impactée par les barrages, les seuils- de la continuité latérale – entravée par des ouvrages longitudinaux tels les digues et les protections de berge.

##### 5.3.1.2 Enjeux

L'ONEMA a réalisé début 2010 un inventaire à l'échelle nationale des ouvrages présents sur les cours d'eau. Au total ce sont près de 60000 barrages, seuils, moulins... qui ont été recensés (ONEMA, 2010). Les données ont été répertoriées dans un référentiel des obstacles à l'écoulement (ROE). Il donne des informations succinctes (code national unique, localisation, caractéristiques techniques de l'ouvrage) mais indispensables et communes aux acteurs de l'eau. Ces données et la localisation des ouvrages sont consultables sur le site internet EauFrance<sup>23</sup>.

Ces ouvrages modifient l'hydrologie et la morphologie des cours d'eau, perturbent la vie aquatique et entravent le transport des sédiments (ONEMA, 2010). Pour les espèces animales, ils constituent des obstacles souvent infranchissables. Les espèces ont néanmoins toutes besoin de se déplacer lors des différentes phases de leur cycle de vie : pour se nourrir, se reproduire, se protéger... Le problème est d'autant plus important pour les espèces migratrices holobiotiques (brochet, truite par exemple) - qui effectuent des déplacements au sein du réseau hydrographique tout en restant en eau douce - et amphibiotiques comme l'anguille et le saumon qui doivent obligatoirement changer de milieu au cours de leur cycle biologique. Ces obstacles transversaux ont comme impact d'empêcher les espèces de rejoindre leurs habitats, de diminuer les populations des espèces migratrices, de diminuer leur aire de

<sup>23</sup> [http://www.eaufrance.fr/spip.php?rubrique87&id\\_article=54](http://www.eaufrance.fr/spip.php?rubrique87&id_article=54)

répartition (ONEMA, 2010). Du fait des cycles de vie et périodes de migrations spécifiques à chaque espèce, ces ouvrages affectent continuellement la circulation des espèces, aussi bien à la montaison<sup>24</sup> qu'à la dévalaison<sup>25</sup>.

Les impacts dépendent de nombreux facteurs, comme la hauteur de chute, le cumul des ouvrages, leur emplacement, les capacités de franchissement des espèces présentes... En complément du ROE, un protocole national est en cours d'élaboration par l'ONEMA pour évaluer les impacts des ouvrages à la fois sur les espèces et sur les sédiments<sup>26</sup>. Son grand principe est de croiser les réalités hydrauliques des ouvrages avec les capacités de franchissement des espèces. Le protocole amène au calcul d'un indice qui permet de classer les ouvrages en quatre grands types selon leurs impacts (Chanseau et Billy, 2013) :

1. barrière totale ;
2. barrière partielle à impact majeurs ;
3. barrière partielle à impact significatif ;
4. barrière partielle à impact limité.

Ce protocole est actuellement testé avant de pouvoir être utilisé par les acteurs de l'eau. Les données de ce protocole seront référencées dans une base de donnée appelée Information sur la Continuité Ecologique (ICE).

La dégradation hydromorphologique des cours d'eau induite par les ouvrages mais aussi par la chenalisation, le recalibrage et la rectification des cours d'eau, est à l'origine de l'altération des habitats (ONEMA, 2010). Des habitats qui sont utilisés par différents taxons comme zones de frayère, de protection, d'alimentation. La qualité de ces habitats va influencer la diversité des espèces. Cette qualité dépend de paramètres hydrologiques, physico-chimiques et morphologiques qui sont en constante interaction et influencés par les ruptures de continuité. Ainsi la restauration des continuités écologiques des cours d'eau a également pour enjeu la préservation des habitats.

### 5.3.2 La réglementation

**La Directive Cadre sur l'Eau** a pour objectif l'atteinte du bon état des cours d'eau d'ici 2015, elle déclare que la continuité écologique est une « composante essentielle du bon fonctionnement des écosystèmes » et elle constitue l'un des 3 éléments d'évaluation de la qualité des Masses d'Eau.

Dans le cadre de cette Directive, un **Plan National pour la Restauration écologique** des cours d'eau, a été lancé en 2009. Il s'articule autour de 5 grands axes<sup>27</sup> :

1. Le renforcement de la connaissance sur les seuils et barrages ;
2. La définition de priorités d'intervention par bassin ;
3. La révision des programmes des agences de l'eau et des contrats d'objectifs afin de dégager les financements pour aménager 1200 ouvrages prioritaires d'ici 2012 ;
4. La mise en œuvre de la police de l'eau ;
5. L'évaluation des bénéfices environnementaux des mesures mises en œuvre.

**Le Code de l'environnement** prévoit une réglementation sur la sécurité des ouvrages de plus de deux mètres et pas uniquement sur les ouvrages de type hydroélectrique. Les retours d'expérience montrent que la sécurité est la première raison pour l'effacement des ouvrages, et dans ce type d'opération, les impacts sur l'environnement sont généralement pris en compte (ONEMA, 2010).

**Les lois Grenelle I et II** prévoient l'aménagement de 1200 ouvrages d'ici 2012.

**Le Plan de Gestion Anguille** adopté en 2007 au niveau européen et en 2010 en France est également un élément réglementaire important : il inclut des engagements de franchissabilité à la montaison et à la dévalaison sur 1555 ouvrages identifiés dans des Zones d'Actions Prioritaires (ZAP). Ce plan prévoit une évaluation de la continuité à partir de l'indice ICE précédemment décrit.

---

<sup>24</sup> Remontée des poissons migrateurs vers les zones de reproduction situées en amont de l'embouchure des fleuves

<sup>25</sup> Descente des poissons migrateurs vers l'aval d'un cours d'eau pour rejoindre le milieu marin

<sup>26</sup> <http://www.onema.fr/Evaluer-les-impacts-ecologiques>

<sup>27</sup> <http://www.onema.fr/Plan-national-pour-la-restauration>

De plus un **nouveau classement des cours d'eau** sera effectif au plus tard début 2014. Ce classement est inscrit dans l'article L. 214-17 du code de l'environnement. Il vise à mieux prendre en compte les objectifs de la DCE pour l'atteinte du bon état écologique des cours d'eau d'ici 2015. Un objectif affiché est également le maintien ou la restauration du transit sédimentaire. Ce classement se compose de deux listes :

- **Les rivières à préserver** : les rivières en très bon état écologique, les réservoirs biologiques, les rivières à fort enjeu pour les poissons migrateurs amphihalins.  
Pour ces classements aucun nouvel ouvrage ne sera autorisé. De plus, pour les ouvrages existants et autorisés, le renouvellement de leur concession ou de leur autorisation sera subordonné à des prescriptions visant à maintenir le très bon état écologique des eaux, maintenir ou atteindre le bon état écologique des cours d'eau d'un bassin versant, assurer la protection des poissons migrateurs vivant alternativement en eau douce et en eau salée (ONEMA, 2011).
- **Les rivières à restaurer** : les ouvrages devront être entretenus, équipés et gérés selon des règles définies par le préfet en collaboration avec le propriétaire, ou à défaut l'exploitant. Cela implique la mise en œuvre d'actions comme l'installation de passes à poissons.

Cet article L.214-17 du code de l'environnement ne crée pas une obligation de moyens mais **une obligation de résultats**.

### 5.3.3 Les continuités écologiques des cours d'eau dans la Trame Verte et Bleue

La préservation de la biodiversité des eaux de surfaces continentales et des écosystèmes qui leur sont associés (cours d'eau et espaces connexes, zones humides), et la préservation de la continuité écologique des cours d'eau font partie des objectifs de la Trame Verte et Bleue. La Trame Verte et Bleue doit également prendre en compte la notion de zone de mobilité qui correspond à l'espace du lit majeur à l'intérieur duquel le ou les chenaux fluviaux assurent des translations latérales. Ces zones présentent une forte dynamique écologique, en partie due aux processus d'érosion et de rajeunissement des milieux fluviaux, et permettent le fonctionnement des écosystèmes aquatiques connexes. La législation prévoit la possibilité de mettre en place des servitudes d'utilité publique pour préserver ou restaurer des zones de mobilité du lit mineur. (COMOP TVB, 2010b)

L'objectif de continuité écologique des cours d'eau est d'ores et déjà clairement affirmé par les dispositions du code de l'environnement et ce, depuis la loi sur l'eau et les milieux aquatiques. Des approches spécifiques ont ainsi déjà été développées au travers de différents outils visant à la préservation et à la remise en bon état de la continuité écologique des cours d'eau, ainsi que plus généralement, au bon état écologique de ceux-ci. Les outils de la politique de l'eau sont aujourd'hui établis, structurés, et les objectifs poursuivis, principalement issus des dispositions de la directive cadre sur l'eau, connus. Les approches à l'échelle des bassins hydrographiques et les SDAGE constituent un socle sur lequel la composante bleue de la Trame verte et bleue a vocation à s'appuyer (COMOP TVB, 2010a).

L'élaboration du schéma régional de cohérence écologique pourra également définir des éléments de cours d'eau et des zones humides complémentaires s'il apparaît nécessaire de renforcer la Trame verte et bleue pour qu'elle soit pleinement fonctionnelle et qu'elle puisse répondre à des objectifs de conservation de la biodiversité non déjà portés par les SDAGE. Ces réflexions complémentaires alimenteront la révision des SDAGE en vue de leur approbation suivante en 2015 (inventaires complémentaires, zones humides, etc.) dans une logique d'amélioration perpétuelle (COMOP TVB, 2010b).

### **5.3.4 Les actions de préservation et remise en bon état des continuités aquatiques**

L'ONEMA (2012) classe les interventions pour la restauration de l'hydromorphologie<sup>28</sup> des cours d'eau en deux types d'intervention :

- Les interventions d'effacement total ou partiel sur des obstacles transversaux de type seuils ou barrages;
- Les interventions sur un linéaire de cours d'eau telles que la création de méandres, la suppression des digues, la reconstitution de matelas alluvial.

Pour répondre aux enjeux de restauration des continuités écologiques, les interventions sur des obstacles transversaux ne se résument pas à l'effacement des obstacles, ce sont aussi des opérations de création de passes à poissons, de gestion d'ouverture des vannes, de non intervention... L'inventaire ROE effectué par l'ONEMA a notamment permis de mettre en évidence que 90% des 60000 ouvrages sont sans usage connu et que seulement 4% est équipé d'une passe à poissons.

Pour permettre le franchissement des ouvrages qui entravent le déplacement de l'ichtyofaune, des dispositifs de franchissement comme les passes à poissons peuvent être installés et sont même obligatoires dans le cas des cours d'eau classés. Un guide d'aide à la décision pour la mise œuvre de passes à poissons a été réalisé par Voies Navigables de France (Aigouï et Dufour, 2008). Il présente comment aborder les enjeux de continuité écologique dans les procédures de projet des maîtres d'ouvrage, des recommandations de conception, un « catalogue » des grands types de passes à poissons existants, et aborde les aspects de maintenance, contrôle et évaluation de ces passes. L'efficacité de ces passages aquatiques peut être impactée par certains facteurs : la présence de chutes, le faible tirant d'eau, la distance, l'absence de luminosité (Chanseau et Billy, 2013). Le cas échéant des solutions techniques doivent être apportées pour supprimer ou du moins réduire ces problèmes. Par exemple, dissiper l'énergie pour diminuer la vitesse de l'écoulement, concentrer l'écoulement pour augmenter le tirant d'eau (Chanseau et Billy, 2013).

Les interventions concernent également le passage des Infrastructures Linéaires de Transport au-dessus des cours d'eaux. Il peut alors être construit des buses, des ponts cadres, des radiers<sup>29</sup> de pont... Les espèces semi-aquatiques doivent également être considérées par rapport à ces opérations (Chanseau et Billy, 2013).

Il existe également de nombreuses actions de restauration des continuités écologiques comme celles ayant trait à la gestion des ripisylves, au recouvrement végétal des berges, à la création d'habitats favorables (zones de frayères...). L'Agence de l'Eau Seine Maritime a rédigé un rapport présentant des bases pragmatiques, scientifiques et techniques permettant au gestionnaire de déterminer quelle pourrait être la meilleure solution de restauration fonctionnelle adaptée à son cours d'eau (Adam et Debiais, 2007).

Des retours d'expérience de restauration hydromorphologique des cours d'eau ont également été recueillis et analysés par l'ONEMA.

### **5.3.5 Suivi et évaluation de l'efficacité des outils et actions de préservation et remise en état des continuités écologiques des cours d'eau**

#### **5.3.5.1 Des limites pour mettre en œuvre les suivis**

Une étude menée dans le bassin Rhône Méditerranée et Corse puis en Seine Normandie (Malavoi, 2007), a fait ressortir certaines limites à la mise en œuvre de suivis dans le cadre de projets de préservation et restauration des continuités écologiques :

- la rareté des suivis sur l'efficacité hydromorphologique des actions mises en œuvre ;

---

<sup>28</sup> Hydromorphologie : étude de la morphologie des cours d'eau, c'est-à-dire de la forme du lit et des berges qui est façonnée par le régime hydrologique de la rivière

<sup>29</sup> Plate-forme (en bois, en maçonnerie, en béton), revêtement imperméable protégeant la base d'une construction contre l'érosion des eaux, ou lui servant de fondation.

- la quasi inexistence de suivi écologique, qui permettrait de qualifier la trajectoire des états écologiques et d'apprécier les gains de qualité ;

La rareté de ces deux types de suivi rend difficile de connaître les niveaux de restauration ou de qualité effectivement atteints. En conséquence il n'a pas encore pu être établi précisément un corps de doctrine sur les méthodes de restauration. (Malavoi et Pichon, 2010)

Malavoi et Pichon (2010) ont de plus réalisé une analyse bibliographique des projets de préservation et restauration des continuités écologiques aquatiques, pour lesquels il existait un dispositif de suivi et d'évaluation. Ils ont mis en avant les limites suivantes :

- Faible pertinence du diagnostic préalable. Il est réalisé généralement à l'échelle locale mais n'analyse pas ou mal les altérations des processus à l'échelle plus large du bassin versant, qui sont souvent déterminantes, et qui limitent ou inhibent la récupération du milieu ;
- Les objectifs initiaux sont imprécis ;
- Manque de partage de ces objectifs par les structures chargées de la mise en œuvre des opérations, et manque de vision commune du fonctionnement des continuités écologiques ;
- Difficulté à prendre en compte les temps de réponse parfois longs des indicateurs biologiques :
  - La réponse biologique dépend de la durée des cycles de vie propres à chaque groupe d'organismes ; elle est assez courte dans le cas des algues (< 1 an) et des macroinvertébrés (<1 an à 3 ans), mais plus longue pour les poissons (3 ans et plus),
  - Elle dépend aussi des capacités de recolonisation différentes selon les organismes, et des connexions avec des zones encore peuplées par ces organismes (« zones sources »),
  - En préalable, toutes ces dynamiques dépendent du temps de réajustement hydromorphologique du cours d'eau (en particulier de la structure et de la composition du substrat).
- Difficulté à dégager, dans l'évolution des indicateurs, la part revenant à la restauration de celle liée à d'autres facteurs : régimes climatiques, hydrologiques, thermiques, régimes sédimentaires associés et pressions variées d'origine anthropique.

### **5.3.5.2 Méthodes de suivi des opérations de restauration hydromorphologique des cours d'eau**

Deux guides rédigés par l'ONEMA présentent les méthodes de suivi des opérations hydromorphologiques des cours d'eau. Le premier « Eléments pour une harmonisation des concepts et des méthodes de suivi scientifique minimal / Volets hydromorphologie – hydroécologie » (Malavoi et Souchon, 2010) propose comment définir une étude de suivi à partir d'un minimum de données à collecter en termes de fréquence, d'échelle spatiale et de compartiment. Ce minimum devant permettre de mettre en évidence la réponse du milieu à l'action de restauration réalisée, grâce à l'analyse scientifique de données qu'il permet.

Le second est une synthèse des principaux éléments techniques décrits dans le premier guide permettant de réaliser un suivi de l'efficacité des actions de restauration hydromorphologiques (Navarro *et al.*, 2012). Il s'agit des éléments minimaux nécessaires pour de tels suivis. Des suivis plus poussés peuvent également être menés en intensifiant la pression d'échantillonnage, définissant des échelles de temps plus longues...

Il présente les bases de mise en œuvre d'un suivi : les considérations à prendre en compte dans le choix de l'échelle, de la fréquence, des paramètres à suivre, du format des données collecter...

Le guide présente ensuite les grandes étapes de la mise en œuvre d'un suivi. Des tableaux de synthèse permettent de résumer les paramètres à suivre en fonction des altérations hydromorphologiques et morphoécologiques, de recommander des stratégies d'échantillonnage en fonction des types d'intervention, et propose également des méthodes de mesures et de prélèvements en fonction des compartiments biologiques, hydromorphologiques et physico-chimiques. Navarro *et al.* (2012) présentent ensuite des fiches de suivi qui développent plus en détails les méthodes, dispositifs d'échantillonnage, paramètres...

### 5.3.5.3 Suivi et évaluation des dispositifs de franchissement des ouvrages transversaux

En 1984, devant l'inefficacité de dispositifs de franchissement, il a été inscrit dans la réglementation une obligation de résultats de ces dispositifs, c'est-à-dire d'assurer en permanence la libre circulation des poissons (Aigoui et Dufour, 2008).

Les variables calculées pour mesurer l'efficacité sont généralement un pourcentage de passage et de retard à la migration. La connaissance des populations en aval de l'ouvrage permet de quantifier l'efficacité. Cette connaissance n'est pas toujours accessible selon les espèces et les situations, et généralement l'évaluation quantitative ne se fait que sur les axes à grand migrateur et sur certaines espèces. Dans les autres cas l'efficacité n'est mesurée qu'en termes qualitatifs : nombre d'individus par espèce à passer, ou respect des critères définis lors de la conception de la passe et franchissement d'espèces cibles (Aigoui et Dufour, 2008).

#### 5.3.5.3.1 Méthodes par télémétrie

Le comptage des poissons peut se faire notamment à l'aide de radio-tracking (voir encart projet couloir de vie), ou de Capture Marquage Recapture par pêches électriques.

#### Evaluation des passes à poissons dans le cadre du projet Couloirs de vie

Dans le cadre du projet couloir de vie en Isère le suivi et l'évaluation de l'efficacité des passes poissons utilisée a été réalisé par la méthode du radio-tracking. Il s'agit de placer des transpondeurs sur les individus et de détecter le passage par le biais d'antennes placées de chaque côté de l'ouvrage. C'est une méthode donnant des renseignements précis quant au nombre d'individus à traverser et pour connaître les périodes de franchissement. Il existe néanmoins encore des freins technologiques : emplacement des arrivées électriques, technologie utilisable uniquement sur des espèces de grande taille... (comm.pers Michelot)

Pour en savoir plus : <http://www.corridors-isere.fr/>; [http://www.parcs-naturels-regionaux.tm.fr/upload/doc\\_telechargement/grandes/Presentation\\_Prog\\_Couloirs\\_de\\_vie\\_Ecosphere\\_8dec2011.pdf](http://www.parcs-naturels-regionaux.tm.fr/upload/doc_telechargement/grandes/Presentation_Prog_Couloirs_de_vie_Ecosphere_8dec2011.pdf)

Permettant un suivi à plus grande échelle des déplacements des poissons et particulièrement des espèces migratrices, la télémétrie acoustique a connu de récents développements technologiques. Il s'agit d'implanter chirurgicalement des émetteurs acoustiques aux individus puis d'enregistrer les signaux de façon active par des récepteurs embarqués sur des bateaux, ou passive par des hydrophones (Coustillas *et al.*, 2009).

Cette technique présente comme avantages :

- pistage actif permettant d'affiner les enregistrements à l'aide de récepteurs embarqués ;
- écoute en continu ;
- autonomies des émetteurs-récepteurs ;
- robustesse du système.

Ces limites concernent la portée de détection des récepteurs, la faible durée de vie et la taille des émetteurs, des lourdeurs logistiques, le coût des systèmes, les pertes de matériel et la complexité des analyses qui en font une méthode non-généralisable.

#### 5.3.5.3.2 Méthodes de comptage des individus

Pour évaluer plus spécifiquement le franchissement, le piégeage (cages, pêche électrique, pêche filet...) à la sortie des passes à poissons est couramment utilisé. Ces techniques permettent de compter les poissons ayant traversé la passe et d'effectuer en complément des analyses biométriques permettant d'obtenir des informations sur la biologie des espèces.

Il existe néanmoins une incertitude quant aux flux observés d'individus au travers d'un dispositif de franchissement par rapport aux flux réels. Une méthode permettant d'évaluer cette incertitude est celle de Capture Marquage Recapture. Une étude menée par Rigaud *et al.* (2011) a consisté à lâcher un certain nombre d'anguilles marquées à différents sites en aval d'un ouvrage puis observer leur niveau et cinétique d'apparition au sommet de la passe. Cette méthode couplée à des analyses statistiques a permis d'identifier les paramètres influençant la traversée de l'ouvrage. Il s'agit d'une méthode faisable mais qui nécessite un suivi régulier et est sans doute réservée à des sites tests du fait de

certaines contraintes, comme la longueur des opérations de marquage et de repérage ultérieur lors de relevés de piège.

D'autres méthodes de suivis piscicoles existent, par exemple le comptage par résistivité. Le principe de ce comptage repose sur le fait que le poisson ne possède pas la même résistivité que l'eau. Le poisson est contraint à passer au-dessus ou entre des électrodes, l'amplitude du signal créé est fonction de la masse du poisson alors que le signe du signal indique le sens de passage. Néanmoins il est difficile d'identifier séparément deux espèces qui ont des tailles très proches (Aigoui et Dufour, 2008).

Pour mettre en place un comptage par visualisation, des vitres doivent être installées au niveau de l'ouvrage, la plupart du temps en amont de celui-ci. Les passages des poissons au travers de la vitre sont alors comptés par un observateur ou bien une vidéo couplée à un système informatique qui enregistre les passages (Aigoui et Dufour, 2008).

#### 5.3.5.3.3 Méthode d'analyse des flux génétiques

Enfin, une méthode en devenir est celle des études génétiques. Le principe est de mesurer indirectement des mouvements d'individus par les flux génétiques : si les mouvements sont réduits, la différenciation génétique augmente (comm.pers Blanchet). Un projet mené par le CNRS Moulis a utilisé cette méthodologie pour quantifier l'impact de la fragmentation sur les patrons de diversité génétique en comparant une rivière fragmentée et une autre non fragmentée (Blanchet *et al.*, 2009). Elle a également été utilisée pour mesurer la connectivité de part et d'autre d'un ouvrage sur un cours d'eau. C'est une méthode qui génère beaucoup d'informations : une fois la donnée génétique acquise il est possible d'analyser la mobilité des individus, la dynamique démographique des populations (bottleneck...), la diversité génétique... Le protocole est simple à mettre en œuvre mais l'interprétation des résultats est plus délicate et requière de faire appel à un spécialiste (comm.pers Blanchet). C'est une méthode qui a bénéficié d'importants développements technologiques, réduisant ses coûts et qui est prometteuse pour le suivi des espèces (comm.pers Blanchet). C'est en effet un outil très efficace dans les études sur la fragmentation et la connectivité (comm.pers Blanchet).

Pour un suivi des individus la méthode doit être couplée avec des Capture Marquage Recapture, eux même pouvant être réalisés par l'outil génétique : chaque individu ayant sa propre identité génétique, celle-ci est utilisée comme une marque. C'est une marque pérenne, qui perdure au fil des générations et il est possible de taguer autant d'individus que souhaité. La méthode de Capture Marquage Recapture par la génétique se fait beaucoup en Amérique du Nord, chez les salmonidés pour les programmes de rempoissonnement. Elle est cependant très sensible à des erreurs d'identification des individus qui engendrent des biais (McKelvey et Schwartz, 2004).

Les inconvénients de cette méthode sont que la différenciation génétique est un phénomène qui prend du temps et ne peut donc être mesuré qu'après un certain nombre de générations, l'interprétation des résultats nécessite également d'être menée par un expert (comm.pers Blanchet).

Les suivis génétiques ne sont actuellement pas utilisés en France pour mesurer l'efficacité de la restauration des cours d'eau mais pourraient être une piste de développement (comm.pers Blanchet).

#### 5.3.5.4 Suivi et évaluation de la qualité de l'eau à l'aide de bioindicateurs

Une étude menée par Birck *et al.* (2012) a recensé 297 façons d'évaluer la qualité des eaux à travers l'Europe. Les invertébrés benthiques et les plantes macroscopiques sont à la base des méthodes les plus utilisées, respectivement 26 et 28 %, le phytoplancton (21%), les poissons (15%) et le phytobenthos (10%) sont également suivis.

La qualité des eaux ne reflète pas l'efficacité d'une seule action, puisqu'elle dépend d'un ensemble des pressions et de leurs interactions. Cependant mesurer leur évolution pourrait donner des indications sur les effets que peuvent avoir des actions de gestion des cours d'eau. Il s'agit d'un enjeu important de la Trame Verte et Bleue dont un des objectifs est de contribuer au bon état écologique des cours d'eau.

Cette partie traite de l'utilisation des bioindicateurs et de leur adaptation par rapport aux objectifs de la Directive Cadre sur l'Eau. Il s'agit en effet d'une directive européenne fondatrice en matière de politique de l'eau. Elle vise à atteindre le bon état général des eaux superficielles et souterraines d'ici 2015.

Les propos qui suivent s'appuient sur un document réalisé par l'ONEMA lors des rencontres « Bioindication : des outils pour évaluer l'état écologique des milieux aquatiques » (Reyjol *et al.*, 2012).

#### 5.3.5.4.1 Historique

Le concept de bioindication de la DCE repose sur le fait que les nombreuses pressions et leurs interactions, impactant les cours d'eau ne peuvent être mesurées uniquement par l'état chimique des eaux : la meilleure mesure de la santé des cours d'eau est celle des caractéristiques biologiques des communautés qui y vivent. Ces caractéristiques doivent être mesurées en termes d'écart par rapport à un milieu similaire mais non impacté.

La bioindication a connu son essor en France à partir des années 1970, ont été développés des indices sur les communautés de macro invertébrés benthiques : de l'indice biotique (1967) à l'indice biologique global normalisé en 1992, ce dernier étant actuellement encore très utilisé. Des indices sur les communautés végétales se sont également développés avec par exemple l'indice biologique macrophytique en rivière (Haury *et al.*, 2006). D'autres bioindicateurs ont été utilisés pour mesurer la qualité écologique des plans d'eau. Dans ce but, un outil multicritère, la diagnose rapide des plans d'eau, utilise des indices sur les mollusques, les oligochètes et le phytoplancton<sup>30</sup>. Progressivement sont apparus des bioindicateurs multimétriques (c'est-à-dire basés sur plusieurs caractéristiques taxonomiques ou fonctionnelles d'un compartiment biologique considérées simultanément). C'est par exemple le cas de l'Indice Poisson Rivière (Oberdorff *et al.*, 2001, 2002). Le recours à ces indices multimétriques est de plus en plus recommandé pour satisfaire la DCE qui demande de prendre en compte l'ensemble des impacts biologiques sur les cours d'eau.

#### 5.3.5.4.2 Adaptation des bioindicateurs à la Directive Cadre sur l'Eau

Avec la Directive Cadre sur l'Eau de nombreux travaux ont cherché à adapter les bioindicateurs présentés précédemment pour améliorer leur efficacité opérationnelle. En effet, la DCE demande à ce que pour chaque catégorie de masse d'eau superficielle, soit mesuré un bioindicateur pour chaque élément de qualité biologique suivant :

	Eaux continentales		Eaux littorales	
	Cours d'eau	Plans d'eau	Transition	Eaux côtières
Phytoplancton	X	X	X	X
Macrophytes & phytobenthos	X	X		
Macroalgues & Angiospermes			X	X
Invertébrés benthiques	X	X	X	X
Poissons	X	X	X	

**Figure 13 : Les types de bioindicateurs DCE**

Source : Reyjol *et al.*, 2012

L'évaluation de ces indicateurs se fait par rapport à un système de référence. Il est alors calculé un ratio de qualité écologique (EQR) qui rend compte de l'écart à cette référence.

Un élément intéressant de la Directive Cadre sur l'Eau est qu'elle demande d'attribuer un « niveau de confiance à l'évaluation de l'état écologique ». Elle attribue une note (bon, moyen, mauvais) estimant

<sup>30</sup> <https://hydrobio-dce.cemagref.fr/les-methodes-de-surveillance-dce>

si l'évaluation est fiable. Actuellement cette efficacité de l'évaluation est réalisée à dire d'expert, cependant, les exigences de la DCE nécessitent des travaux de Recherche et Développement à ce sujet. Par exemple le facteur inter-opérateur est une limite à certains indices comme l'IBGN, pour lequel des améliorations ont été proposées.

Il ne sera pas détaillé plus précisément le cadre de l'évaluation de la DCE mais sont présentés certains indices qui ont été améliorés pour évaluer la qualité écologique des cours d'eau.

Les exigences de la DCE ont abouti à des propositions d'évolution des indicateurs existant qui présentaient certaines limites

**1. Pour les cours d'eau ont été proposés (Reyjol *et al.*, 2012):**

- L'Indice Biologique Diatomique 2007 : il s'agit d'un indice permettant l'évaluation de la dégradation de la qualité physico-chimique générale de l'eau. Par rapport à la version précédente de l'IBD, l'IBD 2007 permet de renforcer le profil écologique des diatomées, mieux comprendre leur diversité et est utilisable dans de plus nombreux types de cours d'eau. (Coste *et al.*, 2009)
- L'Indice Invertébré MultiMétrique (I2M2) remplaçant l'IBGN et utilisant les macroinvertébrés benthiques. L'IBGN est l'indice le plus utilisé en France il intègre à la fois l'influence de la qualité physico-chimique de l'eau et l'influence des caractéristiques morphologiques et hydrauliques du cours d'eau. Cette méthode évalue l'aptitude globale d'un milieu à héberger des êtres vivants en prenant en compte, à la fois la variété des macroinvertébrés benthiques, et la représentativité des habitats présents sur la station (Archambault et Dumont, 2010). L'I2M2 résout les défauts de l'IBGN tout en conservant ses avantages. Il s'avère plus robuste et plus sensible aux pressions anthropiques que l'IBGN.
- L'Indice Poisson Rivière + (IPR+) qui remplace l'IPR (Oberdorff T. *et al.*, 2002). Le principe de l'indicateur IPR+ est de comparer la structure fonctionnelle de la biocénose observée avec la structure fonctionnelle attendue en l'absence de perturbation d'origine anthropique. L'IPR+ est plus robuste et plus sensible aux pressions et à la faible richesse en poissons que l'IPR. En parallèle l'IPR+ intègre une mesure de l'incertitude de l'évaluation.
- L'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR) (Haury *et al.*, 2006). Il repose sur le suivi des macrophytes. L'IBMR montre une sensibilité particulière à la dégradation de la qualité physico-chimique générale (niveau trophique global du milieu et concentration en nutriments). Sa principale amélioration pour le rendre DCE compatible est de définir des valeurs de référence pour calculer les EQR.

**2. Pour les plans d'eau il a été proposé:**

- L'Indice Biologique Macrophytique en Lac : cet indice est constitué d'une seule métrique, la « note de trophie », qui rend compte à la fois de l'abondance et de la composition des communautés de macrophytes. C'est une métrique sensible à la dégradation de la qualité physico-chimique générale de l'eau (pollution organique, eutrophisation).
- L'Indice Macroinvertébré Lacustre (IMAIL). C'est un indice composé de trois métriques : le pourcentage de *Tubifex cinae* avec soies, la densité de *Tubifex cinae* sans soies, et l'équitabilité. Cet indice répond à l'eutrophisation des milieux et, à un degré moindre, à l'altération physique des milieux.
- L'Indice Ichtyofaune Lacustre (IIL). Composé de deux métriques : le nombre d'individus capturés par unité d'effort de pêche et le nombre d'individus omnivores capturés par unité d'effort de pêche, il répond principalement à l'eutrophisation.

L'objectif de ces indices est de pouvoir améliorer l'efficacité et l'efficience de la restauration des milieux. Reyjol *et al.* (2012) préconise également d'avoir recours à certains de ces indices pour mener des suivis au niveau des ouvrages transversaux et pour des restaurations linéaires.

### 5.3.5.5 Suivi et évaluation de l'efficacité de la restauration des berges

Dans la pratique il n'existe pas à notre connaissance, en France, de méthodes généralisables pour suivre et évaluer l'efficacité d'actions de restauration des berges (comm.pers Evette, Cavaillé).

Au Québec, toutefois une étude a été menée sur l'évaluation de l'efficacité de la restauration des berges (Paquette M. H., 2010). Elle propose une méthodologie d'évaluation qui s'articule autour de deux grilles d'analyse :

- une grille d'état des berges ;
- une grille de performance des techniques de restauration.

La grille d'état statue sur l'état de conservation des berges soit avant une restauration, pour évaluer ce qui doit être restauré, soit après, pour mesurer les effets de la restauration. Les paramètres mesurés concernent l'environnement (qualité de l'eau, biodiversité...), l'économie (activités perturbées...) et le social (perte d'usage...). Des indicateurs sont calculés auxquels ont été attribués des plages de valeur permettant un classement en trois catégories : aucune action à envisager, des actions préventives peuvent être nécessaires, une restauration des berges est à envisager. La grille remplie permet d'analyser pourquoi une restauration serait nécessaire ou si la restauration a été efficace.

La seconde grille évalue des techniques de restauration des berges afin de les classer selon leur performance technique, leur performance environnementale, leur performance économique et sociale. Une note de développement durable (performance environnementale, économique et sociale) ainsi qu'une note technique (performance technique) sont alors données aux différentes méthodes de restauration.

Le but de ces deux grilles est alors d'analyser la capacité d'une méthode de restauration pour répondre aux besoins exprimés dans la grille d'état. Cela a permis notamment de conclure que les méthodes dites naturelles doivent être favorisées, car elles permettent de mieux répondre aux besoins environnementaux, et qu'intrinsèquement ces méthodes permettent une meilleure performance environnementale, sociale et économique. Ces méthodes naturelles souffrent cependant d'une moins bonne performance technique et dans certains cas il faudra privilégier des méthodes de génie végétale ou utilisant des matériaux artificiels.

Une étude menée en France par l'IRSTEA et le CNRS a permis d'analyser l'effet de différentes structures de protection des berges sur la biodiversité (Cavaillé *et al.*, 2013). Cette étude ne relève pas d'un suivi généralisé mais les paramètres suivis pourraient éventuellement être réutilisés pour évaluer des opérations de restauration des berges (comm.pers Evette, Cavaillé). Ont été mesurées :

- Les diversités végétales de chacune des différentes techniques (génie civil, mixtes et végétales) et des berges naturelles. L'étude a permis de mettre en avant que les berges issues du génie végétal présentaient une richesse significativement plus importante que celles issues du génie civil, et proche de celle des berges naturelles.
- La diversité et la fréquence des espèces exotiques envahissantes sur chacune des différentes techniques (végétales, mixtes et génie civil) et les berges naturelles. Il a été montré que le nombre d'espèces envahissantes ne variaient que très peu en fonction du type de berge mais que leur fréquence de rencontre était plus importante sur les berges issues du génie civil.
- Les diversités de la macrofaune benthique sur chacune des différentes techniques (végétales, mixtes et génie civil) et des berges naturelles. Les résultats attestent de l'importance des matériaux pour que la berge puisse servir d'habitat aux espèces. Les végétaux et les berges naturelles influent positivement sur le nombre d'individus.
- Les diversités en genre de coléoptères des enrochements, des enrochements de pied de berge, et des fascines. Les résultats renforcent les précédentes études sur le fait que la diversité de l'entomofaune en milieu rivulaire est expliquée par l'hétérogénéité des habitats.

Bien que relevant de projets ponctuels, les études présentées permettent a minima de donner des éléments de recommandations pour les gestionnaires afin d'améliorer l'efficacité des opérations de restauration des berges.

### 5.3.5.6 Des protocoles d'évaluation à priori de l'efficacité des actions de restauration

L'Agence de l'Eau de Seine Normandie a développé une méthode servant à estimer une probabilité de succès des opérations de restauration (Malavoi, 2007). L'objectif de cette méthode est d'évaluer quelles seraient les opérations qui auraient à priori les meilleures chances de succès. La méthode n'a cependant pas été validée scientifiquement et il réside le danger de ne s'intéresser qu'aux opérations ayant le plus de probabilités de succès, alors que tous les cours d'eau dégradés mériteraient d'être restaurés (Malavoi, 2007). Le protocole se base sur l'attribution d'un score d'efficacité probable qui est calculé à partir de trois types de mesures :

- La valeur des trois variables typologiques puissance, transport solide, érodabilité des berges;
- L'emprise foncière disponible pour réaliser la restauration;
- La qualité de l'eau.

## 5.4 Suivi et évaluation de l'efficacité des outils et actions spécifiques aux zones humides

### 5.4.1 Définition et enjeux des zones humides

#### 5.4.1.1 Définition

Il existe de multiples définitions pour qualifier une zone humide :

Selon l'Article 2 de la loi du 3 janvier 1992 codifié à l'article L 211-1 du code de l'environnement « on entend par zone humide les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année »

L'article 127 de la loi sur le Développement des Territoires Ruraux, codifié dans le code de l'environnement (article L. 211-1) définit :

« ... I. - Les critères à retenir pour la définition des zones humides mentionnées au 1° du I de l'article L. 211-1 susvisé du code de l'environnement sont relatifs à la morphologie des sols liée à la présence prolongée d'eau d'origine naturelle et à la présence éventuelle de plantes hygrophiles. Celles-ci sont définies à partir de listes établies par région biogéographique.

En l'absence de végétation hygrophile, la morphologie des sols suffit à définir une zone humide. ... ».

Au niveau international, la Convention relative à la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides et de leurs ressources (Convention RAMSAR) précise que « les zones humides comprennent une grande diversité d'habitats : marais, tourbières, plaines d'inondation, cours d'eau et lacs, zones côtières telles que les marais salés, les mangroves et les lits de zostères, mais aussi récifs coralliens et autres zones marines dont la profondeur n'excède pas six mètres à marée basse et zones humides artificielles telles que les bassins de traitement des eaux usées et les lacs de retenue ».

Les principaux types de milieux humides continentaux sont les combes de neige, les sources et suintement, les tourbières, les mares naturelles, les landes, les prairies, les fourrés et forêts humides ainsi que les bordures de lacs naturels, les cours d'eau et les annexes hydrauliques<sup>31</sup>. Sur le littoral les principaux types de zones humides sont les zones estuariennes, les vasières, les marais salés, les sansouïres, les dunes, les lagunes et eaux saumâtres, les étangs et marais d'arrière dunes ainsi que les herbiers marins. Les zones rocheuses, les plages de sable ou de galet font également partie des zones humides au titre de la convention de Ramsar. De plus les territoires d'outre-mer disposent de 55000km<sup>2</sup> de coraux ce qui représente 10% des récifs coralliens mondiaux (EauFrance).

#### 5.4.1.1.1 Fonctions des zones humides

Par leurs caractéristiques et leurs fonctionnements écologiques, les zones humides assurent de nombreuses fonctions hydrologiques, biologiques, chimiques. Ces fonctions correspondent à l'ensemble des processus naturels qui se déroulent au sein de ce milieu et sont à l'origine des rôles majeurs joués par les zones humides au sein des écosystèmes. De l'expression de ces fonctions résulte

<sup>31</sup> <http://www.zones-humides.eaufrance.fr/entre-terre-et-eau/diversite-des-milieux-humides>

un ensemble de propriétés ou fonctionnalités à partir desquelles l'homme peut, volontairement ou involontairement, tirer parti. Les fonctionnalités des zones humides sont sources de nombreux services écosystémiques : approvisionnement, régulation, auto-entretien, services culturels. Chaque zone humide a un fonctionnement propre, il est néanmoins possible d'identifier trois grands types de fonctions :

- Les fonctions écologiques. Les zones humides ont des fonctions essentielles à la vie des organismes : l'alimentation (concentration d'éléments nutritifs), la reproduction grâce à la présence de ressources alimentaires variées et à la diversité des habitats, la fonction d'abri, de refuge et de repos notamment pour les poissons et les oiseaux. Les milieux humides abritent d'innombrables espèces de plantes et d'animaux : 50% des espèces d'oiseaux en dépendent, ces milieux sont indispensables à la reproduction des batraciens et à la plupart des espèces de poissons, 30% des espèces végétales remarquables et menacées en France y sont inféodées (Plan d'action en faveur des zones humides, 1995).
- Les fonctions hydrologiques. Les zones humides en se gorgeant d'eau en période humide puis en la restituant, jouent un rôle important dans la régulation du cycle de l'eau. Elles diminuent ainsi l'intensité des crues et soutiennent les débits des cours d'eau en période d'étiage (basses eaux).
- Les fonctions chimiques et biogéochimiques. Les zones humides ont un rôle de filtre physique (elles favorisent les dépôts de sédiments y compris le piégeage d'éléments toxiques tels que les métaux lourds, la rétention des matières en suspension...) et de filtre biologique. Des mécanismes de dépôt, de reprise de matériaux et de transformation sont à la base de ce fonctionnement. Elles contribuent ainsi à l'amélioration de la qualité de l'eau et ont un rôle épurateur.

Enfin, en plus des fonctions évoquées ci-dessus, elles sont le support de nombreuses activités économiques (production de poissons, de sel, ...) mais aussi récréatives (chasse, pêche...) ou de loisirs.

D'un point de vue anthropique, les zones humides efficaces sont des zones qui assurent une fonction donnée (il ne s'agit pas ici de l'efficacité de la gestion). La caractérisation de l'efficacité reste relative à une approche mettant en jeu des procédures lourdes, longues et coûteuses. Plusieurs d'entre elles ont conduit à mettre en place des méthodologies se basant sur l'étude des flux et des conditions hydro-géomorphologiques (Mérot *et al.*, 2000).

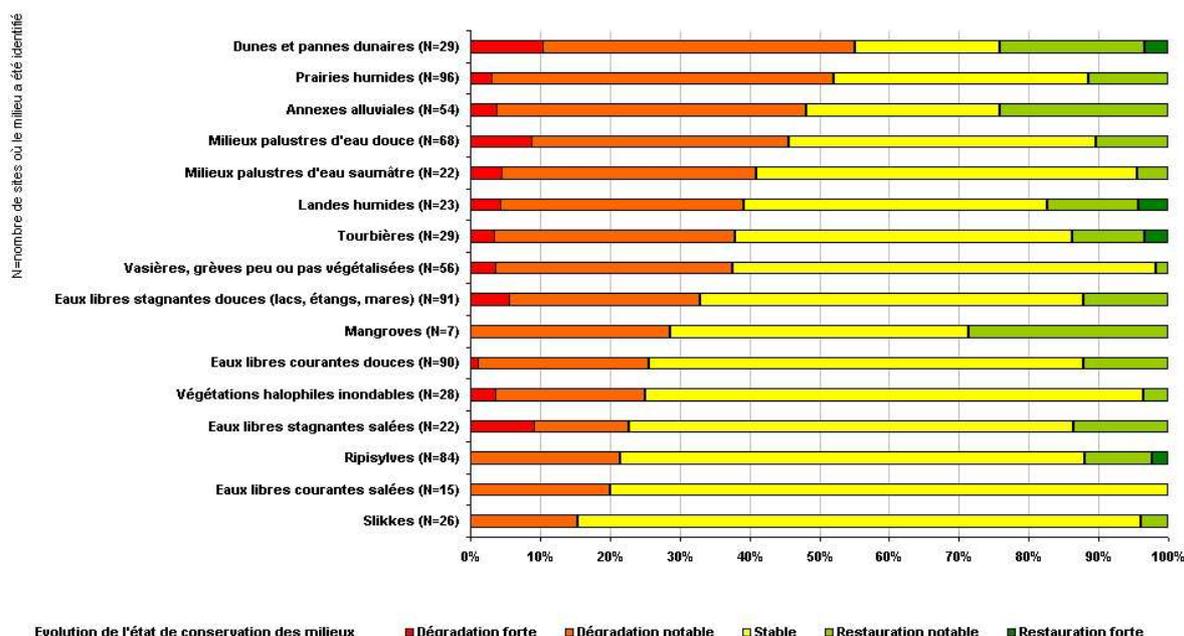
#### 5.4.1.1.2 Menaces pesant sur les zones humides

Au niveau mondial, les milieux humides représentent 6% des terres émergées et figurent parmi les écosystèmes les plus riches et les plus diversifiés de notre planète (Skinner et Zalewski, 1995). En France métropolitaine, les zones humides, que ce soient des marais, landes, tourbières,... couvrent environ 1,8 millions d'hectares, soit 3% du territoire (hors vasières, milieux marins, cours d'eau et grands lacs).

Au cours du siècle dernier, plus de la moitié des zones humides en Europe et dans le monde a disparu<sup>32</sup>. En France, la moitié de la surface des zones humides a disparu entre 1960 et 1990. Une régression de cette tendance a été constatée à partir des années 1990 et depuis quelques années, il est même observé une dynamique positive en faveur des zones humides. La Figure 14 présente l'état de conservation des milieux humides entre 2000 et 2010.

---

<sup>32</sup> <http://www.zones-humides.eaufrance.fr/milieux-en-danger/etat-des-lieux>



**Figure 14 : Evaluation de l'état de conservation des milieux entre 2000 et 2010**

Source : CGDD/SOeS, Enquête nationale sur l'évolution de zones humides, 2011

Les principales causes de destruction et de dégradation de l'état de conservation des zones humides sont liées aux activités humaines : agriculture intensive et urbanisation (phénomène quasi-irréversible), la déprise et le boisement de terres agricoles, les aménagements des cours d'eau, le prélèvement d'eau, l'arrivée d'espèces exotiques envahissantes (CGDD, 2010).

#### 5.4.2 Zones humides et Trame Verte et Bleue

Aux termes des dispositions du III de l'article L 371-1 du code de l'environnement, la Trame bleue repose « sur tout ou partie des zones humides dont la préservation ou la remise en bon état contribue à la réalisation des objectifs de qualité et de quantité des eaux que fixent les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux et notamment les zones humides d'intérêt environnemental particulier mentionnées à l'article L. 211-3 du code de l'environnement ».

Le plan National d'action de 2010 sur les zones humides recommande également dans son article 5 de « Porter une attention particulière au lien entre la Trame verte et bleue et les zones humides en milieu urbanisé. Les villes et agglomérations et leurs infrastructures associées constituent souvent des obstacles aux continuités écologiques. Les continuités écologiques formées par des zones humides doivent faire l'objet d'une prise en compte particulière, notamment dans le cadre des bassins versants, en utilisant l'ensemble des outils disponibles qui doivent être bien articulés comme notamment : les SDAGE, les SAGE, les documents d'urbanisme et la Trame verte et bleue ». Et dans son article 11 de « Lancer la mise en œuvre des zones humides d'intérêt environnemental particulier. Les zones humides d'intérêt environnemental particulier sont des zones humides pour lesquelles des actions spécifiques sont justifiées par les fonctions et services rendus dans le cadre d'une gestion intégrée du bassin versant, notamment au regard : de l'atteinte des objectifs de la Directive cadre sur l'eau ; d'une limitation des risques d'inondation ; de la Trame verte et bleue ».

Certaines actions, encore insuffisantes au regard des enjeux, sont déjà mises en œuvre pour la protection et la remise en bon état des milieux aquatiques et des zones humides : création de réseaux de mares, restauration d'habitats d'espèces protégées, gestions de prairies humides ... (COMOP TVB, 2010a).

La Trame verte et bleue doit veiller à la poursuite et à la multiplication des actions en faveur des zones humides et à la prise en compte de la connectivité dans les plans d'actions définis (COMOP TVB, 2010a).

De plus, en articulation avec la remise en bon état des continuités longitudinales des cours d'eau, la mise en œuvre de la Trame bleue s'accompagne d'un programme d'acquisition de 20 000 hectares de

zones humides, selon un cahier des charges en cours de définition. Cet effort supplémentaire d'acquisition vient en renfort des actions de maîtrise foncière et de gestion conservatoire de zones humides déjà réalisées notamment par les départements (politique d'espaces naturels sensibles), les conservatoires d'espaces naturels et le Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres (COMOP TVB, 2010a).

### **5.4.3 Suivi et évaluation des mesures environnementales en milieu humide**

#### **5.4.3.1 Les indicateurs de suivi et d'évaluation des zones humides**

Les recherches bibliographiques ont surtout fait ressortir des éléments sur l'évaluation des sites dans le sens « caractériser » un site. Ces formes d'évaluation ne sont pas utilisées pour évaluer directement l'efficacité d'une gestion mais permettent de réaliser un diagnostic environnemental. Il s'agit d'une étape indispensable pour la mise en place d'une gestion et d'actions qui soient appropriées au site (Forum des Marais Atlantiques, 2010). De plus ce sont généralement les indicateurs définis pour l'évaluation initiale du site qui sont ensuite réutilisés pour suivre l'évolution du site et les effets de la gestion (Agence de l'Eau Seine Maritime, 2013).

Le suivi des zones humides sur un territoire peut être réalisé sur un ensemble de zones humides, un échantillon de sites ou quelques stations représentatives. Les indicateurs généralement utilisés sont :

- Des indicateurs paysagers ;
- Des indicateurs morphologiques ;
- Des indicateurs hydrologiques ;
- Des indicateurs de qualité de l'eau ;
- Des indicateurs hydro-biologiques ;
- Des indicateurs faunistiques et floristiques.

Tous ces indicateurs ne peuvent être décrits dans ce rapport, néanmoins pour plus d'informations, il est possible de consulter :

- La boîte à outils de l'Agence de l'Eau Seine Maritime<sup>33</sup>, qui par un système de fiches propose un ensemble d'étapes à suivre pour la préservation des zones humides ;
- Une présentation des indicateurs hydro-biologiques utilisés dans le cadre de la DCE<sup>34</sup>. La partie 5.3.5.4 de ce rapport présente notamment des propositions d'adaptation des indicateurs hydro-biologiques pour répondre aux exigences de la Directive Cadre sur l'eau.
- Les protocoles faunistiques et floristiques utilisés pour le projet Rhoméo (5.4.3.6.4)<sup>35</sup>.

Le Forum des Marais Atlantiques (2003) a également élaboré un guide de suivi des actions d'entretien des milieux aquatiques en marais doux. Il propose l'utilisation de descripteurs pour des suivis « patrimoniaux légers » ou pour des suivis « avant/après travaux ». Les descripteurs sont renseignés dans des fiches de suivi.

#### **5.4.3.2 Suivi et évaluation des Zones Humides d'Intérêt Ecologique Particulier**

Les ZHIEP sont des zones dont le maintien ou la restauration présente un intérêt pour la gestion intégrée du bassin versant ou ont une valeur touristique, écologique, paysagère et cynégétique particulière. Le préfet peut délimiter les ZHIEP pour lesquelles des programmes d'actions seront définis (Articles L 211-1 à L 211-3 du Code de l'Environnement) sur la base des propositions concertées dans le cadre des SAGE, mais aussi en dehors des territoires.

Ces programmes d'actions précisent :

- Les mesures à promouvoir par les propriétaires : travail du sol, gestion des intrants et produits phytosanitaires, maintien ou création des haies, restauration et entretien des couverts végétaux, mares, plans d'eau et zones humides...
- Les objectifs à atteindre, avec un délai fixé ;

<sup>33</sup> [https://dl.dropboxusercontent.com/u/504254/AESN/BoiteaOutilsZH/Boite\\_a\\_outils\\_Zones\\_Humides\\_AESN\\_2013.pdf](https://dl.dropboxusercontent.com/u/504254/AESN/BoiteaOutilsZH/Boite_a_outils_Zones_Humides_AESN_2013.pdf)

<sup>34</sup> <https://hydrobio-dce.cemagref.fr/les-methodes-de-surveillance-dce>

<sup>35</sup> <http://rhomeo.espaces-naturels.fr/axea-ra>

- Les aides publiques potentielles ;
- Les effets escomptés sur le milieu et les indicateurs permettant de les évaluer.

L'évaluation des ZHIEP repose sur des variables écologiques et patrimoniales (Forum des Marais Atlantiques, 2010).

Les principaux critères généralement reconnus et qu'il est nécessaire d'évaluer sont :

- l'intérêt patrimonial biologique ;
- la biodiversité ;
- la continuité écologique et la fonction d'habitats.

Les critères d'évaluation sont présentés dans le Tableau 2.

Critères d'évaluation écologique et patrimoniale	
<b>1 - Unités écologiques</b>	
Habitats : indiquer les habitats présents sur le site. Utiliser pour cela la typologie CORINE Biotope. Indiquer ces habitats sur la cartographie du site (ou autre référentiel cartographique)	
Identifier la présence de corridors biologiques et de fonctions de l'habitat	
Délimiter les habitats	
<b>2 - Espèces (Diversité)</b>	
Inventaire floristique	
Inventaire Faunistique	
Espèces à capacité auto épuratrice	
Espèces bio indicatrices de l'état du milieu	
<b>3 - Évaluation du patrimoine biologique</b>	
Patrimoine biologique remarquable : pour chaque groupe taxonomique (et pour les habitats), on indiquera les éléments de patrimoine remarquables (listes de référence définissant le caractère patrimonial des habitats et des espèces - espèces protégées au niveau national, régional et départemental, directives "Habitat" et "Oiseaux", listes rouges nationales et UICN, éventuellement autres listes rouges, convention de Berne et de Bonn). D'autres critères pourront être utilisés (rareté, taux de régression, présence en limite d'aire, présence en effectifs remarquables, intérêt régional par rapport au national et européen, ...). Pour les habitats, lister les habitats d'intérêt communautaire (intitulé et code)	
Sur le fond de carte des habitats, localiser les espèces et habitats de plus grand intérêt patrimonial (en opérant le cas échéant une hiérarchisation et une sélection préalables)	

**Tableau 2 : Les critères d'évaluation écologique et patrimoniale des ZHIEP** (vert foncé : prioritaire, blanc : supplémentaire)

Source : forum des Marais Atlantique, 2010

### 5.4.3.3 Suivi et évaluation des Zones Humides dans le cadre des Schémas d'Aménagement de la Gestion des Eaux

Les SAGE disposent d'un dispositif de suivi et d'évaluation propre basé sur un tableau de bord. Ce dispositif prévoit notamment d'évaluer l'efficacité des actions entreprises. Il est détaillé avec plus de précision dans la partie 8.5.

### 5.4.3.4 Suivi et évaluation des Zones Humides classées site Natura 2000

Les Zones Humides classées en site Natura2000 sont soumises à l'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire. Deux guides ont été rédigés pour évaluer l'état de conservation à l'échelle du site, notamment dans l'objectif d'évaluer les effets des mesures de gestion.

LEPAREUR F., BERTRAND S., PAPUGA G., RICHEUX M., 2013. État de conservation de l'habitat 1150 « Lagunes côtières » : Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000 - Guide d'application Version 1. Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 107 p.

VIRY D., 2013. État de conservation des habitats humides et aquatiques d'intérêt communautaire. Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000. Rapport d'étude. Version 1 . Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 83 p.

#### 5.4.3.5 Suivi et évaluation des sites RAMSAR

Signataire de la Convention de Ramsar en 1971, la France a ratifié ce traité en 1986. Elle s'est alors engagée sur la scène internationale à préserver les zones humides de son territoire. En 2008, elle avait désigné 36 sites d'importance internationale. En 2011, 6 nouveaux sites sont venus compléter ce réseau. Aujourd'hui, ce sont quelques 3 510 000 ha qui sont ainsi classés RAMSAR en métropole et en outre-mer.

La Stratégie 1.1 du Plan stratégique Ramsar 2009-2015 « Inventaire et évaluation des zones humides » demande de « décrire, évaluer et surveiller l'étendue et l'état de tous les types de zones humides définis par la Convention de Ramsar ainsi que les ressources des zones humides, aux échelles pertinentes, afin d'éclairer et d'étayer l'application de la Convention, notamment l'application de ses dispositions relatives à l'utilisation rationnelle de toutes les zones humides»

Dans ce but il a été rédigé un manuel présentant un cadre pour le suivi, l'inventaire et l'évaluation des zones humides<sup>36</sup>.

Il est tout d'abord nécessaire de distinguer les notions d'inventaire, évaluation et suivi des zones humides (Secrétariat de la Convention de RAMSAR, 2010).

- Inventaire des zones humides : collection et/ou compilation de données de base pour la gestion des zones humides, comprenant une base d'information pour des activités spécifiques d'évaluation et de suivi.
- Évaluation des zones humides : identification de l'état des zones humides et des menaces pesant sur elles dans le but de rassembler des informations plus spécifiques par le biais d'activités de suivi.
- Suivi des zones humides : collecte d'informations spécifiques à des fins de gestion, en réaction à des hypothèses tirées des activités d'évaluation, et utilisation de ces résultats de suivi pour mettre en œuvre la gestion.

Le manuel s'intéresse notamment à la vaste gamme des différents types d'évaluation des zones humides et montre comment ils sont interconnectés et peuvent être utilisés à différentes fin.

Par exemple, il est traité de différents types d'outils qui intègrent l'évaluation de leurs effets sur l'environnement (Figure 15) :

- Étude d'impact sur l'environnement ;
- Évaluation environnementale stratégique ;
- Évaluation des risques ;
- Évaluation de la vulnérabilité ;
- Evaluation rapide de la biodiversité.

---

<sup>36</sup> <http://www.ramsar.org/pdf/lib/hbk4-13fr.pdf>

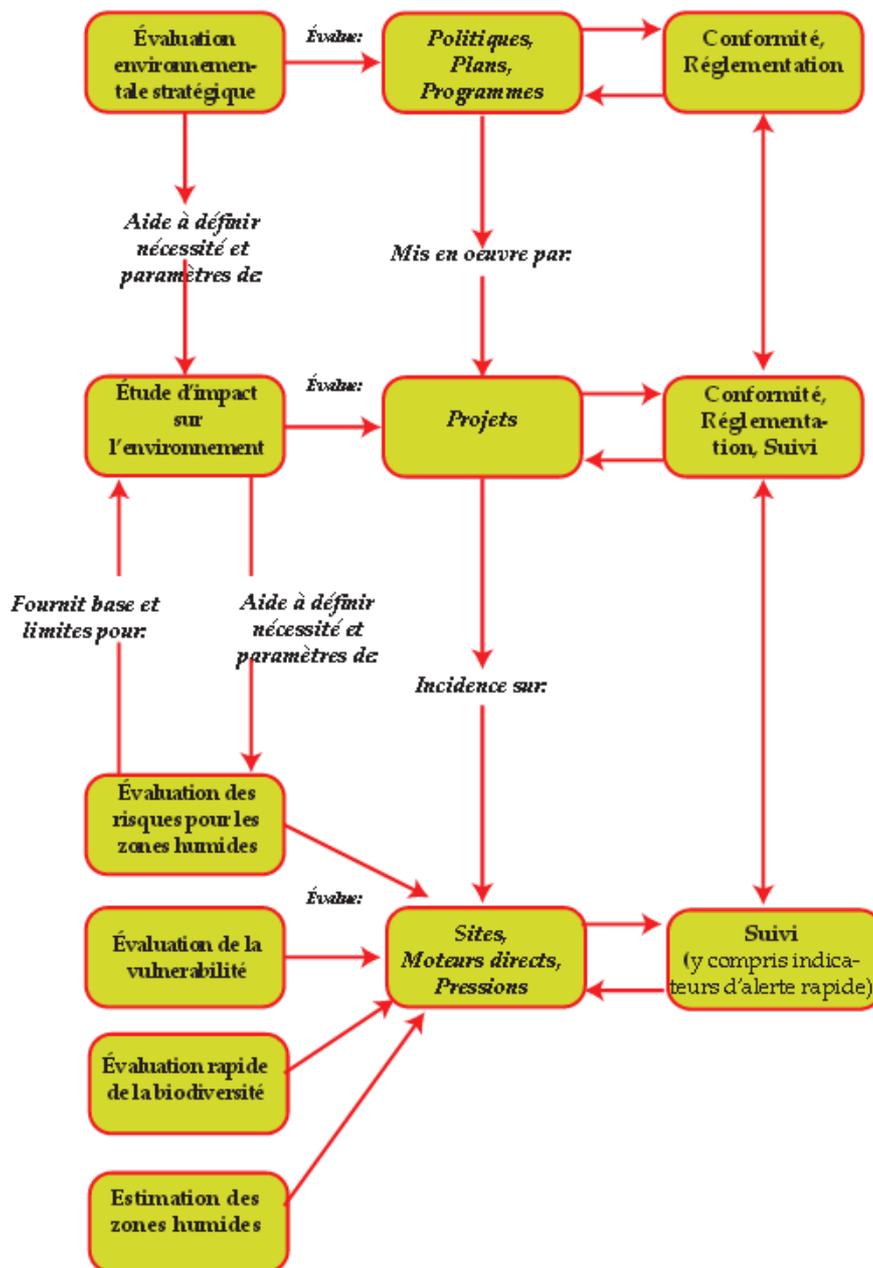


Figure 15 : Les différents outils d'évaluation des zones Humides  
 Source : Secrétariat de la Convention de Ramsar, 2010

### 5.4.3.6 Des méthodes en développement pour le suivi et l'évaluation des Zones Humides

#### 5.4.3.6.1 Les inventaires par ADN environnemental

Les expertises par analyses d'ADN environnemental en milieu humide permettent de détecter la présence d'espèces aquatiques ou semi-aquatiques à partir d'un prélèvement d'eau, grâce à l'étude de l'ADN libéré par les organismes dans le milieu (ADN environnemental). Efficace en particulier dans les milieux humides fermés, et utilisés dans des pays tels le Royaume-Uni et les Pays-Bas, elle est adaptée aux suivis d'espèces rares ou discrètes. Elle est néanmoins utilisable sur tous les types de taxons (comm.pers Déjean). Les variables mesurées sont la présence-absence, et un important séquençage peut permettre une évaluation semi-quantitative (probabilité qu'une espèce soit plus abondante qu'une autre). Néanmoins, la méthode ne permet pas d'estimer l'abondance de façon quantitative. Pour cette raison la méthode d'expertise par ADN environnemental doit être couplée à d'autres protocoles (comm.pers Déjean). Ses avantages sont que la méthode est facile à mettre en œuvre et robuste, les développements technologiques rendent l'utilisation de la méthode de moins en

moins chère, elle permet une meilleure détectabilité par rapport à une étude menée à partir d'observations, la méthode est non invasive, elle peut être réalisée à n'importe quel moment de la journée... Cette méthode se développe et certains bureaux d'étude tentent de l'utiliser dans leurs études (comm.pers Stradella).

#### 5.4.3.6.2 *Suivi et évaluation de la fonctionnalité des zones humides*

Un pré-requis à la mise en place d'une compensation fonctionnelle, est de disposer d'un protocole d'évaluation des fonctionnalités des zones humides reproductible, applicable et valable. En France, un tel protocole n'a pas encore été développé<sup>37</sup>.

En effet, il existe beaucoup de programmes scientifiques et techniques qui portent sur une fonction ou un type de milieux, mais il manque une méthode générique et validée à l'échelle nationale. Les Etats-Unis, précurseurs dans ce domaine, disposent de méthodes d'évaluation testées, appliquées et amendées depuis plus de 30 ans. Par exemple :

- IVA (Indicator Value Assessment)
- WRS (Wetland Rating System)
- UMAM (Uniform Mitigation Assessment Method)
- Descriptive approach
- FAP (Functional Assessment Procedure)
- CRAM (California Rapid Assessment Method)

Une comparaison de ces méthodes est réalisée dans le rapport « revue bibliographique sur les méthodes d'évaluation des fonctionnalités des zones humides » rédigé par le MNHN. Celui-ci présente les caractéristiques des différentes méthodes.

Le MNHN, l'ONEMA, le bureau d'études BIOTOPE et l'IRSTEA envisagent de construire un protocole commun, qui pourra être utilisé par tous les acteurs de la gestion de l'eau concernés par la réalisation d'évaluation des fonctionnalités des zones humides. Ce projet doit se dérouler sur trois années entre 2013 et 2015.

#### 5.4.3.6.3 *Evaluation rapide de la biodiversité*

L'objectif des méthodes d'évaluation rapide est d'estimer rapidement et de façon reproductible l'état d'un système écologique complexe, ou de ses fonctionnalités écologiques, à l'aide d'indicateurs simples et prédéfinis évalués sur le terrain et à partir d'informations cartographiques accessibles publiquement (Quétier et Schwoertzig, 2011).

Le score obtenu à l'issue d'une évaluation permet d'évaluer l'intégrité écologique de la zone humide du plus dégradé au moins dégradé (souvent à l'aide de références de bon état), ou sa fonctionnalité. Les méthodes doivent permettre d'évaluer, avec une même mesure, les pertes liées à un impact et les gains attendus d'actions de restauration (Quétier et Schwoertzig, 2011).

Les méthodes d'évaluations rapides sont applicables pour : évaluation de l'inventaire, évaluation des espèces, évaluation des impacts, évaluation des indicateurs, évaluation des ressources économiques (Secrétariat de la Convention de RAMSAR, 2010).

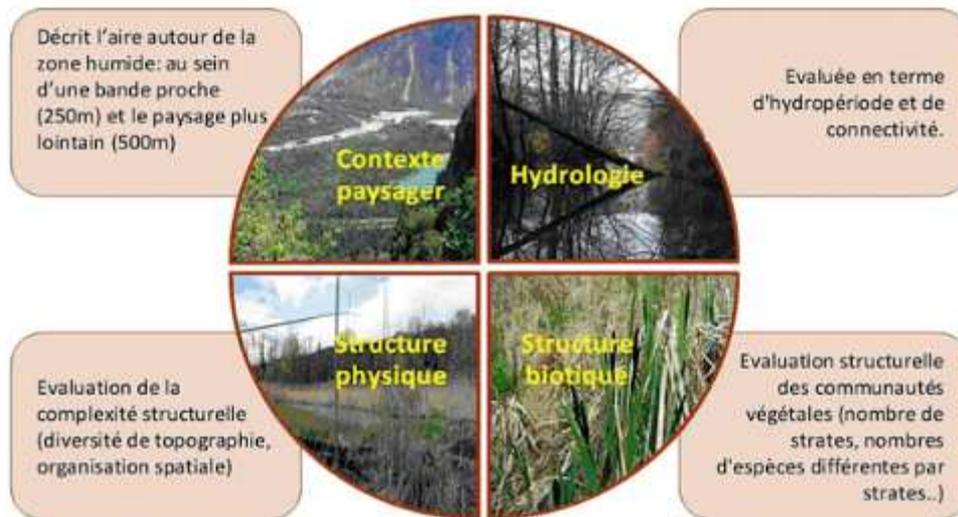
Les méthodes d'évaluation rapides sont utilisées aux Etats-Unis dans le cadre de l'évaluation des mesures compensatoires des impacts sur les zones humides : *le wetland mitigation*. Une étude (Schwoertzig, 2011) a été menée en Isère afin d'analyser si les méthodes américaines étaient adaptables au contexte français. Six méthodes ont été testées sur des zones humides plus ou moins dégradées. Les résultats de l'étude montrent qu'il ne serait pas pertinent de transposer ces méthodes en France. En effet, les choix et priorités, en termes de fonctionnalité, pris dans ces méthodes, ne sont pas adaptés aux enjeux de conservation des zones humides définies dans les SAGE et SDAGE. Néanmoins, une approche utilisée aux Etats-Unis, la méthode Californienne d'évaluation rapide des zones humides (Sututa *et al.*, 2006) pourrait être la base d'une méthodologie adaptée au contexte français. Cette approche californienne est basée sur la consultation d'experts autour de quatre thèmes : contexte paysager, hydrologie, structure physique, structure biotique (Figure 16).

---

<sup>37</sup> <http://www.zones-humides.eaufrance.fr/identifier/diagnostic-fonctionnel-des-zones-humides>

La méthode se déroule en 3 phases :

1. Une première phase basée autour d'un modèle conceptuel de zone humide sert à identifier les différents critères qui constituent le squelette de l'évaluation.
2. Une seconde phase de calibration sert à clarifier le choix des indicateurs et à les calibrer par niveau de priorité par rapport à chaque type de zone humide.
3. Lors de la troisième phase, les résultats obtenus à l'aide d'une méthode d'évaluation rapide sont comparés à ceux obtenus à l'aide d'évaluations biologiques approfondies.



**Figure 16 : Les quatre critères de la méthode CRAM**

Source : Schwoertzig, 2011

Une autre méthode adaptable au contexte français et basée sur des études approfondies est la méthode DERAP du Delaware (Quétier, 2012). Celle-ci est basée sur l'évaluation approfondie de deux cent cinquante zones humides puis le choix du modèle statistique le plus parcimonieux possible permettant de prédire l'état de ces sites à partir de variables décrivant des « agents perturbants » faciles à caractériser sur le terrain (Quétier, 2012).

#### 5.4.3.6.4 Le projet Rhoméo

Le programme RhoMéo<sup>38</sup> travaille depuis 2009 autour de trois questions :

- Quelles méthodes utiliser pour suivre le nombre et la surface des zones humides du bassin versant ?
- Quels sont les indicateurs de pression les plus pertinents et quelles méthodes utiliser pour les suivre ?
- Quels sont les indicateurs du bon état des zones humides les plus appropriés (hydrologiques, chimiques, biologiques) et les plus à même d'intégrer un réseau de surveillance ?

Ce programme a été lancé au niveau de la Région Rhône Alpes d'après le constat que plusieurs structures (Conservatoire du Patrimoine Naturel de la Savoie, CEN, CBN Alpin, Tour du Valat) réfléchissaient de leur côté à des méthodes de suivis des zones humides permettant de répondre à la question du bon état écologique: Quels échantillonnages réaliser ? Quels protocoles utiliser ? Quels habitats et quelles espèces suivre ? Quels modes de rendu utiliser à l'échelle de la masse d'eau, du département, de la région, du bassin ? Quels outils de suivi des actions mettre en place ?

La fédération de ces acteurs avec l'agence de l'eau a permis de développer le projet Rhoméo, vers un observatoire des zones humides sur le bassin Rhône méditerranée.

Les résultats attendus de ce programme sont :

- Une liste d'indicateurs pertinents et de protocoles opérationnels permettant de suivre et de mesurer l'évolution de l'état des zones humides ;

<sup>38</sup> <http://rhomeo.espaces-naturels.fr/>

- Des indicateurs de fonctionnement globaux (ratio peuplement observés / attendus, typicité des espèces...),
- Des indicateurs de pression spécifique
- Des fiches "indicateurs" de l'état des zones humides utilisables par d'autres opérateurs du bassin :
  - Valeur indicatrice et champ d'application (types de zones humides) ;
  - Protocole et fiche de terrain ;
  - Méthode de calcul de l'indicateur ;
  - Seuil de l'indicateur à l'échelle du bassin (facultatif).
- Un état zéro des zones humides du bassin Rhône-Méditerranée sur un échantillon représentatif de zones humides :
  - Valeur des 4 à 5 indicateurs de pressions et d'état sur les 200 zones humides tests ;
  - Méthodologie de mise en œuvre d'un réseau de surveillance des zones humides en lien avec celui des masses d'eau ;
  - Une base de données compilant l'intégralité des résultats obtenus.

#### 5.4.3.6.5 *Evaluation de la qualité de la gestion des sites vis-à-vis de la dénitrification*

Le programme Agro-transfert (INRA) propose une méthodologie permettant de déterminer, pour chaque zone humide, sa qualité de gestion par rapport à la fonction d'épuration des nitrates ainsi que la marge de progrès pour augmenter son efficacité.

Il résulte de cette étude l'élaboration d'une fiche d'évaluation du rôle tampon de la zone vis-à-vis de la charge en azote.

Elle prend en compte trois critères :

- la nature de l'interface entre la zone humide et le versant : présence ou absence d'une haie continue ou discontinue ;
- les flux de surface ou de subsurface : présence ou absence d'écoulements préférentiels ;
- le couvert végétal : végétation eutrophe, prairie (fauchée ou pâturée, apports d'intrants), végétation oligotrophe (milieu pauvre en éléments minéraux nutritifs) ou culture.

#### 5.4.3.6.6 *Suivi, évaluation et politiques zones humides*

La tour du Valat développe un projet « méthodologie et innovation pour le suivi des zones humides »<sup>39</sup>.

Les objectifs du projet sont :

- Développer et adapter aux zones humides méditerranéennes des méthodes de suivi-évaluation et en particulier des indicateurs sur cinq thématiques clés composantes de : la biodiversité, intégrité et santé des écosystèmes, menaces et pressions, développement durable, services écologiques ;
- Suivre, quantifier et expliquer l'état et les tendances des zones humides au niveau de sites pilotes, par un travail en partenariat.

Ce projet a été lancé à l'échelle du bassin méditerranéen. A partir d'une étude des indicateurs existants pour l'évaluation des zones humides, des filtres ont été appliqués. Celui de la faisabilité a éliminé 90% des indicateurs, pour aboutir à la sélection de 25 d'entre eux (comm.pers Perennou). Les indicateurs retenus sont mesurables à des échelles supérieures à celles des sites et ne permettent pas d'évaluer directement l'efficacité des actions. Concernant la composante biodiversité l'indice retenu est celui du « living planet index » qui est utilisé pour identifier un éventuel effet gestion par une comparaison entre, par exemple, site protégé et site non protégé. Un élément de réflexion serait d'utiliser le « living planet index » pour comparer les effets des zones humides identifiées comme réservoirs de biodiversité et celles qui ne le sont pas (comm.pers Perennou).

<sup>39</sup>[http://www.tourduvalat.org/notre\\_programme/suivi\\_evaluation\\_et\\_politiques\\_zones\\_humides/methodologie\\_et\\_innovation\\_pour\\_le\\_suivi\\_des\\_zones\\_humides](http://www.tourduvalat.org/notre_programme/suivi_evaluation_et_politiques_zones_humides/methodologie_et_innovation_pour_le_suivi_des_zones_humides)

## 5.5 Les dispositifs de suivi et d'évaluation de l'efficacité spécifiques aux milieux littoraux

### 5.5.1 Définition et enjeux

#### 5.5.1.1 Définition

La notion de littoral est communément admise comme l'espace qui relie la terre et la mer. Il n'existe cependant pas de définition unique de ce territoire mais plusieurs méthodes pour le délimiter sur terre comme en mer. Ces définitions peuvent être d'ordre biologique, physique, économique, démographique ou juridique.

#### 5.5.1.2 Enjeux

Comme toutes les lisières entre deux types de milieux (écotone), le littoral est un territoire très riche écologiquement : oiseaux nicheurs ou hivernants, habitats spécifiques, flore endémique<sup>40</sup>... En écologie marine, l'essentiel des enjeux biologiques se situent en domaine côtier, à de faibles profondeurs. Un grand nombre de communautés biologiques marines s'y sont développées, telles que les communautés intertidales, celles des herbiers de phanérogames, de grandes algues, celles des grottes sous-marines, des récifs... Les milieux littoraux assurent de nombreuses fonctions écologiques, ils contribuent, par exemple, à la rétention des crues et à l'épuration naturelle des eaux.

Les espaces maritimes et côtiers français sont bordés par plus de 18000 kilomètres de côtes (Comité français de l'UICN, 2006).

En métropole on trouve trois façades maritimes : Manche-mer du nord, Atlantique, et Méditerranée qui constituent 5853 km de traits de côtes. 883 communes sont situées sur le littoral. Les territoires d'outre-mer possèdent des écosystèmes d'une très grande richesse qui se répartissent le long de 12 602 kilomètres de traits de côtes. Ils accueillent 10% des récifs coralliens et lagons de la planète. 75% des habitats naturels littoraux de l'annexe 1 de la Directive Habitats sont présents en France.

En 20 ans, le littoral français a connu de fortes évolutions, notamment en termes d'anthropisation. Ces évolutions sont dues à (Bilan de la loi littoral<sup>41</sup>) :

- une attractivité résidentielle, économique et touristique du fait des activités humaines de plus en plus tournées vers la mer ;
- la pression démographique croissante : on attend 3,4 millions d'habitants en plus dans les départements littoraux français d'ici 30 ans ;
- une artificialisation croissante ;
- une dégradation des espaces naturels et des espaces agricoles ;
- des menaces aggravées par les effets du changement climatique.

Ces pressions entraînent la destruction et la dégradation des habitats, la destruction d'espèces, l'enrichissement des eaux en sels nutritifs, menant à des proliférations d'algues et la mort de la faune marine...

En France, le droit du littoral obtient une valeur juridique avec la loi littorale de 1986 (Comité français de l'UICN, 2006). Intégrant dans la législation les principes et règles d'un aménagement équilibré, la loi Littoral établit quatre objectifs :

- Préserver les espaces rares, sensibles et maintenir les équilibres écologiques ;
- Gérer de façon économe la consommation d'espace due à l'urbanisation et aux aménagements touristiques ;
- Ouvrir plus largement le rivage au public ;
- Accueillir en priorité sur le littoral les activités dont le développement est lié à la mer.

<sup>40</sup> <http://www.onml.fr/themes-detudes/etat-du-milieu-marin-et-littoral/>

<sup>41</sup> [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN\\_Rapport\\_BLL\\_\\_cle7d7512.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN_Rapport_BLL__cle7d7512.pdf)

## 5.5.2 Littoral et Trame Verte et Bleue

La Trame Verte et Bleue est un outil d'aménagement qui, parmi ses fonctions, contribue à la préservation, restauration et gestion des milieux littoraux. En milieu côtier, la Trame verte et bleue se conçoit jusqu'à la limite des plus hautes mers en partant de la terre.

L'enjeu principal de la Trame verte et bleue sur le littoral est de maintenir la diversité et les surfaces des milieux naturels côtiers. Le Nord Pas de Calais a par exemple identifié une sous trame littorale : les dunes et estrans sableux, les falaises et estrans rocheux, les estuaires<sup>42</sup>. Les corridors de falaises et de dunes à restaurer ont également été cartographiés. Pour le Conservatoire du Littoral du Languedoc Roussillon il s'agira de prendre en compte les trames écologiques définies par le SRCE dans sa politique d'acquisition foncière de terrains à préserver (comm.pers Muin).

## 5.5.3 Les actions pour la préservation du littoral

Les actions pouvant être menées pour la préservation du littoral allient les dimensions écologiques, économiques et sociales.

Il peut s'agir de la restauration des dunes, de la gestion de la fréquentation du public, de créer des îlots de nidification, de sensibiliser les touristes, de la ré-esturatisation...

Prenant en compte ces trois dimensions, le principe de la Gestion Intégrée des Zones Côtières est d'associer des acteurs multiples autour d'un projet commun, dans le but de partager un diagnostic sur la situation d'un territoire, puis de définir de manière concertée les objectifs à atteindre et, enfin, de conduire les actions nécessaires<sup>43</sup>. Elle prend en compte simultanément la fragilité des écosystèmes et des paysages côtiers, la diversité des activités et des usages, leurs interactions, la vocation maritime de certains d'entre eux, ainsi que leurs impacts à la fois sur la partie marine et la partie terrestre. Ce principe devrait être renforcé dans le cadre des politiques d'aménagement du littoral (Comité français de l'UICN, 2006).

## 5.5.4 Suivi et évaluation des actions de conservation du milieu littoral

Cette partie présente les dispositifs de suivi élaborés par le Conservatoire du littoral et ceux utilisés dans le cadre de la gestion des Aires Marines Protégées.

### 5.5.4.1 Dispositifs d'évaluation du Conservatoire littoral

Le Conservatoire du littoral a été créé en 1975 pour mener une politique foncière visant à la protection des espaces naturels du littoral menacés ou dégradés. Le Conservatoire du littoral est un établissement public national à caractère administratif, placé sous la tutelle du ministre chargé de la protection de la nature. L'action du conservatoire du littoral a permis de protéger 10% du linéaire côtier et ambitionne de porter ce chiffre à 30% d'ici 2030 (Comité français de l'UICN, 2006).

La plupart des sites du conservatoire du littoral disposent d'un plan de gestion. Cependant ils sont de formes différentes et sont parfois anciens (comm.pers Bazin). Les objectifs de ces plans de gestion sont parfois remis en question par certains acteurs, gestionnaires... L'évaluation peut alors être utilisée pour reformuler les enjeux de gestion

Pour le suivi et l'évaluation de ses sites, le Conservatoire du littoral dispose de deux dispositifs différents. Le premier est une méthode d'évaluation de l'efficacité de la gestion appelée « évaluation partagée » le second permet de donner une vision statistique de l'efficacité de la gestion de l'ensemble des sites. Enfin il sera présenté l'observatoire spécifique aux sites du conservatoire : Visio-Littoral.

#### 5.5.4.1.1 L'évaluation partagée

L'évaluation partagée est une approche pragmatique favorisant l'émergence progressive d'éléments d'évaluation partagés par le plus grand nombre, au premier rang desquels les gestionnaires de sites (Conservatoire du littoral, 2009). Cette méthode repose sur 3 éléments :

---

<sup>42</sup> <http://www.nord-pas-de-calais.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/carte3-maximisee-srce-tvb-continuites-ecologiques-et-ear-sous-trame-littoral-noms-communes-decembre2012.pdf>

<sup>43</sup> <http://www.developpement-durable.gouv.fr/La-gestion-integree-des-zones.html>

- Le rapport d'activité de la gestion ;
  - La grille d'évaluation partagée ;
  - Les indicateurs du contrat d'objectifs.
- a) **Le rapport d'activité de la gestion** permet de valoriser le travail accompli et favorise les échanges autour des enjeux du site. Sous forme synthétique, il contient une présentation du site, les actions engagées et programmées, un bilan analytique de la gestion. Ce bilan est présenté sous la forme d'un tableau qui présente les moyens engagés pour les actions et les financements disponibles.
- b) **La grille d'évaluation partagée** est un cadre méthodologique destiné à organiser une approche d'évaluation du dispositif de gestion d'un site. Elle comprend les grands enjeux de gestion déclinés en sous-enjeux, les moyens de la gestion, la gouvernance. L'évaluation de chacun de ses thèmes comprend une estimation des tendances (augmente, stable, diminue), des bilans et commentaires, un degré de satisfaction (quatre classes : excellent, satisfaisant, peu satisfaisant, critique), les axes de progrès identifiés. Des réunions en comité de gestion sont organisées pour débattre de l'évaluation des sites, et des audits croisés sont menés afin de recueillir des avis extérieurs sur l'évaluation.
- c) **Les indicateurs du contrat d'objectif** sont des indicateurs descriptifs à l'échelle de l'ensemble des sites d'un Conservatoire permettant de mieux apprécier leur état global. Le rapport d'activité de la gestion et la grille d'évaluation partagée servent aussi à préciser ces indicateurs.

La méthode d'évaluation partagée a vocation à être ouverte, modeste et évolutive, elle privilégie le développement progressif d'une culture partagée de l'évaluation plutôt que la construction *ex nihilo* de batteries d'indicateurs (Conservatoire du littoral, 2009). Elle vise également à diminuer le temps passé à l'évaluation qui sinon se fait généralement au détriment de l'action. Enfin, elle cherche à impliquer le plus en amont possible les acteurs de la gestion et à recueillir des avis extérieurs. Ce dispositif d'évaluation constitue une transition entre une logique développée dans les années 80-90 qui consistait à faire des plans de gestion tous les 6 ans et organiser la gestion de façon technique autour de ce plan, et une culture de l'évaluation qui consiste à réaliser un plan de gestion qui s'adapte continuellement en regard d'une évaluation régulière (comm.pers Bazin). Cette méthode a pour avantage d'impliquer plus fortement les partenaires, notamment par rapport à des enjeux plus politiques que techniques.

L'évaluation partagée n'oblige pas à avoir recours à des indicateurs. Néanmoins, une fois l'évaluation initiée, l'identification des bons descripteurs, des bons indicateurs pourrait être facilitée puisque les enjeux sont mieux connus. L'objectif est d'éviter que des indicateurs définis trop en amont ne soient finalement pas mesurables (comm.pers Bazin).

Actuellement, la méthode est en expérimentation. Elle est utilisée en Normandie mais pas dans les autres régions. En effet, bien qu'il s'agisse d'une méthode simple et pragmatique, elle nécessite un investissement et une animation qui peuvent être difficiles à mettre en place (comm.pers Bazin).

#### 5.5.4.1.2 L'évaluation simplifiée

L'évaluation simplifiée est une méthode empirique qui a pour objectif d'avoir une vision statistique de l'ensemble des sites du conservatoire et de les traiter de façon uniforme. Elle ne permet pas de mesurer directement l'efficacité de la gestion mais évalue l'état de la fréquentation, de la biodiversité, des paysages. Pour chacun de ces thèmes une note est donnée pour chaque type d'enjeu. Cette évaluation permet d'avoir une vision globale sur les tendances des types de problèmes des sites du Conservatoire du Littoral. L'intérêt pour les équipes du Conservatoire du Littoral est de pouvoir comparer les sites les uns par rapport aux autres. Par exemple, identifier des sites où il y a un fort investissement mais pour lesquels les enjeux ne sont pas si forts par rapport à d'autres sites (comm.pers Bazin). Cette méthode permettrait de mieux allouer les moyens et donc d'améliorer l'efficacité de la gestion en amont des projets.

Actuellement, ce dispositif d'évaluation a été initié de façon expérimentale et empirique. La méthode est utilisée dans la Manche, la mer du Nord, le Languedoc-Roussillon, les Bouches-du-Rhône, les Lacs

alpines (Bourget, Léman Annecy) soit approximativement 150 sites sur 600. L'objectif est de couvrir l'ensemble des sites d'ici 2 ans (comm.pers Bazin).

La principale difficulté repose sur le manque de données fiables et organisées. Les niveaux d'information sont donc variables, ils dépendent des interlocuteurs et des experts qui ont des avis différents sur la gestion, des spécificités de chacun des sites : biodiversité, culture, accueil du public... Il existe donc une réelle difficulté à pouvoir harmoniser la méthode.

Une autre limite à la méthode est celle de l'échelle d'évaluation. Il manque une approche par unité littorale c'est-à-dire une échelle géographique d'analyse intermédiaire entre le site et la façade littorale. Un exemple d'unité littorale serait un complexe lagunaire. Une évaluation à cette échelle devrait être menée avant de s'intéresser aux sites. L'objectif est de pouvoir situer les sites, leur rôle et leur état, en référence à cette unité.

Enfin, la définition des seuils permettant de classer les sites doit être questionnée. En effet, classer un site, par exemple, en catégorie « critique » a une signification forte en termes de priorisation des actions. Une base serait de baser la définition des catégories sur des principes d'ordre généraux puis d'affiner région par région selon les informations disponibles. Les sites où des études sur les paysages, la biodiversité, l'économie... ont déjà été menées, pourront être classés avec plus de précision. Il faut également établir un compromis sur le nombre de catégories à définir : elles doivent être en nombre suffisant afin de permettre une différenciation pertinente des sites entre eux, mais si le nombre de catégories est trop important, la détermination des seuils pour passer d'une catégorie à une autre peut poser problèmes.

#### *5.5.4.1.3 L'observatoire Visio-Littoral*

L'observatoire Visio-littoral n'est pas directement un outil pour le suivi et l'évaluation. Néanmoins il recense des données naturalistes qui pourraient servir à alimenter des démarches de suivi et d'évaluation (comm.pers Bazin). Visio-littoral est basé sur les sciences participatives et est utilisé uniquement pour les sites du conservatoire du littoral. Des données de présence sont répertoriées et peuvent être mises en parallèle avec la gestion. Néanmoins l'utilisation de cet observatoire et la bancarisation des données sont encore limitées du fait de l'éclatement des sites et de la grande diversité des documents dans lesquelles sont répertoriées des données naturalistes. Par exemple le suivi et l'évaluation des déplacements des espèces pourra être réalisé mais uniquement lorsque l'observatoire sera devenu pérenne.

### **5.5.4.2 Suivi et évaluation de l'efficacité de la gestion des Aires Marines Protégées**

L'Agence des aires marines protégées est un établissement public placé sous la tutelle du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. L'agence a notamment pour mission d'appuyer la création d'aires marines protégées (AMP) et de les animer. Les aires marines protégées doivent être perçues comme des outils au service d'une gestion durable du milieu marin et des espaces littoraux. Une Aire Marine protégée est un espace délimité qui répond à un objectif de protection de la nature à long terme, d'un développement économique maîtrisé, pour lequel des mesures de gestion sont définies et mises en œuvre. Les AMP peuvent être des Réserves Naturelles, des sites Natura 2000, des Parcs Naturels marins, des Parcs Nationaux, des Réserves Naturelles de Chasse et de Faune Sauvage, des Arrêtés Préfectoraux de Biotope...

#### *5.5.4.2.1 Les projets de suivi et d'évaluation des AMP*

L'Agence des aires marines protégées vise à suivre et évaluer l'état du milieu marin par la mise en place de trois projets majeurs<sup>44</sup> :

1. Le tableau de bord des aires marines protégées qui a deux volets principaux :
  - établir un cadre d'évaluation homogène pour les AMP et notamment les parcs naturels marins ;
  - évaluer et suivre l'efficacité des réseaux d'AMP pour la mise en place de mesures de gestion adaptées.

---

<sup>44</sup> <http://www.aires-marines.fr/Evaluer>

2. Le tableau de bord des mers françaises qui a pour objectifs d'assurer l'évaluation et le suivi de l'état des mers françaises à l'échelle de grandes régions marines, à travers trois grandes actions :
  - assister la direction de l'eau et de la biodiversité dans la mise en œuvre de l'ensemble de la directive-cadre « stratégie pour le milieu marin », et en particulier l'évaluation initiale des eaux marines métropolitaines ;
  - participer au développement de l'Observatoire national de la mer et du littoral (ONML) ;
  - développer un tableau de bord synthétique de l'état des différentes régions marines françaises
3. Le volet « mer » du Système d'Information sur la Nature et les Paysages (SINP), qui a pour vocation principale de recenser et de rendre consultable l'information existante sur le patrimoine naturel marin, et les dispositifs de suivi de ce patrimoine.

Il est présenté ci-après les dispositifs de suivi et d'évaluation de la gestion des Aires Marines Protégées.

#### 5.5.4.2.2 *Tableau de bord des AMP*

Actuellement, les Aires Marines Protégées réfléchissent à un cadre pour le suivi et l'évaluation de l'efficacité des mesures de gestion, au travers un tableau de bord des AMP qui se décline aux différentes échelles, locales, régionales et nationales.

Un cadre d'évaluation commun, une méthodologie appropriée, le déploiement de dispositifs de suivi intersites harmonisés et la production d'indicateurs partagés, sont ainsi définis<sup>45</sup> :

- A l'échelle de chaque AMP, afin d'évaluer l'efficacité locale des mesures de gestion. Les gestionnaires sont les premiers acteurs de cette démarche locale.
- Aux échelles éco-régionales et des façades pour synthétiser et mettre en cohérence les résultats obtenus par le réseau

En particulier, à l'échelle locale, chaque gestionnaire est amené à développer son propre tableau de bord lui permettant de suivre l'efficacité de sa gestion et d'évaluer si les objectifs exprimés dans son plan de gestion sont atteints au travers d'indicateurs de résultats correspondants (indicateurs d'état de conservation, de gouvernance, de retombées socio-économique, ...). Des indicateurs de pression et de moyens peuvent également être définis et contribuent aux indicateurs de résultats (Laffon et Payrot, 2012).

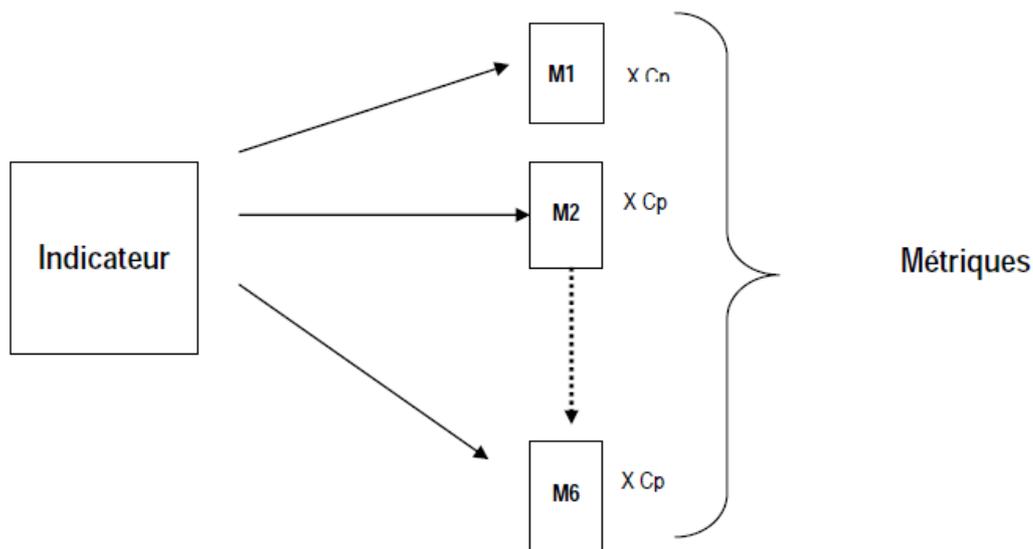
Un indicateur est composé de plusieurs métriques qui sont des variables mesurables sur le terrain. Ces métriques peuvent être :

- des données brutes directement issues d'une base de données ;
- des données issues d'un traitement statistique.

Un coefficient de pondération est attribué à chaque métrique en fonction de son importance pour l'évaluation (Figure 17).

---

<sup>45</sup> <http://www.aires-marines.fr/Evaluer/Suivre-et-evaluer-les-AMP>



**Figure 17 : Construction d'un indicateur à partir de métriques**

*Source : Laffon et Payrot, 2012.*

Sont ensuite choisis des seuils qui sont des valeurs permettant de situer l'état de la métrique ou de l'indicateur (Laffon et Payrot, 2012). Cet état est caractérisé par une couleur (indéterminé, très mauvais, mauvais, moyen, bon, très bon).

Au niveau des seuils de métriques, les valeurs sont choisies à dire d'expert (en prenant en compte l'expérience du gestionnaire) ou à partir de publications diverses en s'appuyant sur des experts. Ces valeurs peuvent être des valeurs simples, des fourchettes de valeurs ou, par manque de données précises (ou parce que la métrique l'impose), se limiter à « réalisé/non réalisé » (Laffon et Payrot, 2012).

Un score est calculé pour chaque métrique à partir des coefficients de pondération, et des relevés effectués selon une périodicité dépendant des protocoles de mesure.

Le score de chaque métrique alimente le calcul du score de l'indicateur, qui est ensuite classé en fonction des seuils déterminés.

Une étape primordiale est ensuite la détermination de la tendance de l'évolution des indicateurs : stable, amélioration, dégradation. Elle peut être déterminée à partir des scores annuels des indicateurs.

Enfin, les indicateurs interagissent entre eux, l'évaluation des indicateurs de résultat est ainsi réalisée en évaluant conjointement les indicateurs de pression, de moyens, d'état de conservation...

Les Réserves Naturelles de France réfléchissent actuellement à adapter la méthode d'évaluation des Aires Marines Protégées pour l'évaluation des plans de gestion des Réserves Naturelles. Cette évaluation se baserait également sur des tableaux de bord. Les autres gestionnaires (Natura2000 par exemple) se sont associés à la démarche, excepté les PNR et PN pour lesquels l'évaluation se base sur la révision de la Charte (comm.pers Douard).

#### **5.5.4.3 Suivi et évaluation dans le cadre de Natura 2000**

Une méthodologie a été développée pour suivre et évaluer l'état de conservation des dunes non boisées du littoral atlantique<sup>46</sup> :

GOFFÉ L., 2011. Etat de conservation des habitats d'intérêt communautaire des dunes non boisées du littoral atlantique - Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000 - Version 1. Rapport SPN 2011-18. Museum National d'Histoire Naturelle / Office National des Forêts / Conservatoire Botanique National de Brest, 67 p.

<sup>46</sup> [http://www.mnhn.fr/spn/docs/rapports/SPN%202011%20-%202018%20-%20Rapport\\_Goffe\\_2011\\_18.pdf](http://www.mnhn.fr/spn/docs/rapports/SPN%202011%20-%202018%20-%20Rapport_Goffe_2011_18.pdf)

## 5.6 Conclusion

Cette partie a permis de présenter des méthodes de suivi et d'évaluation propres à certains milieux. Il s'agit de méthodes qui peuvent être utilisées dans le cadre d'actions ayant traits à des sous-trames particulières. Toutes ne mesurent pas directement l'efficacité des actions mais permettent d'évaluer un état du milieu dont l'évolution pourra être corrélée aux actions de gestion mises en place. Des limites, manques et pistes d'amélioration pour le suivi et l'évaluation ont été mises en avant.

Il ne s'agit cependant pas d'une liste exhaustive des méthodes existantes et la définition des sous-trames prend en compte de nombreux autres milieux. Ces milieux ont été choisis car il existait des dispositifs de suivi et d'évaluation bien définis et qu'il était possible de réaliser une analyse quant à leur mise en œuvre. Néanmoins d'autres types de milieux auraient pu apparaître dans cette partie :

- **Les milieux bocagers.** Le Pôle Bocage de l'ONCFS mène par exemple un projet sur l'évaluation de l'attractivité des haies au travers du suivi des oiseaux, bio-indicateurs du bon état de conservation de ce milieu<sup>47</sup>. Dans la pratique et face au manque de moyens disponibles, une méthode plus pragmatique serait d'évaluer la densité de haies, si possible en la corrélant avec la typologie des haies présentes (comm.pers Morin).
- **Les milieux ouverts autres qu'agricoles.** Les actions menées ont généralement pour objectif d'éviter la fermeture des milieux. Le maintien des trames de milieux ouverts est un enjeu important de la Trame Verte et Bleue. Les Réserves Naturelles de France ont développé un protocole de suivi des milieux ouverts par les rhopalocères<sup>48</sup>. Les objectifs du protocole sont de contribuer à évaluer l'état de conservation des milieux ouverts, contribuer à évaluer l'impact des mesures de gestion des milieux ouverts prises par le gestionnaire, affiner la gestion.  
Il a de plus été rédigé un guide pour l'évaluation de l'état de conservation des habitats agropastoraux à l'échelle du site (Maciejewski, 2013).
- **Les milieux urbains.** La trame verte urbaine est un outil important de la préservation de la biodiversité en ville en particulier du fait de sa multi-fonctionnalité. Des inventaires de biodiversité sont menés mais ne constituent généralement pas un suivi de la gestion (comm.pers LeFur). Des certifications, comme par exemple le label éco jardin, prennent en compte des indicateurs de réalisation mais ne mesurent pas l'efficacité des actions en faveur de la biodiversité. Il existe des indices qui sont des outils d'évaluation de la biodiversité urbaine, comme l'indice de Singapour<sup>49</sup>. Il sert à évaluer l'état de la biodiversité à l'échelle de la ville mais pas dans le cadre d'actions spécifiques (comm.pers Tissot).
- **Les milieux montagnards.** Un projet de recherche d'Econnect, la plate-forme « Réseaux écologiques », relevant de la Convention alpine et de l'Initiative Continuum écologique, a identifié « les 50 questions les plus urgentes concernant les réseaux écologiques dans les Alpes » (Walzer *et al.*, 2013), en réunissant tous les acteurs alpins (administrations nationales, espaces protégés, chercheurs, parties prenantes et différentes ONG). Parmi ces questions prioritaires sont posées celles des types de suivi nécessaires pour évaluer l'effet des corridors écologiques en milieu montagnard et celles de l'efficacité des méthodes de suivi.  
Un autre projet est le réseau Alpines Sentinelles dans les Ecrins (Dobremez *et al.*, 2013). L'objectif du réseau est de suivre l'évolution des milieux en regard des changements climatiques, des dynamiques naturelles, de la gestion pastorale, et d'adapter les pratiques agropastorales.

---

<sup>47</sup> <http://www.polebocage.fr/-Comment-caracteriser-le-bocage-.html>

<sup>48</sup> <http://reservesnaturelles.fr/upload/protocolernf2007.pdf>

<sup>49</sup> <http://www.cbd.int/authorities/gettinginvolved/cbi.shtml>

## **6 Suivi et évaluation de l'état de conservation des habitats**

### **6.1 Introduction**

La notion d'état de conservation a été définie par la Directive « Habitat, faune, flore ». L'état de conservation doit être évalué à l'échelle biogéographique mais aussi à l'échelle du site Natura 2000, notamment pour mettre en avant les effets de la gestion. Ces sites intègrent potentiellement la TVB. De plus, des projets ont adapté les méthodes d'évaluation de l'état de conservation à l'échelle de l'unité de gestion et peuvent être appliquées hors du cadre de Natura 2000.

C'est la mesure de l'évolution de l'état de conservation d'habitats naturels avant la mise en œuvre d'une action et après sa mise en œuvre qui contribueront à évaluer l'efficacité de cette action.

### **6.2 Définitions**

#### **6.2.1 Définition d'un Habitat**

Une définition d'un Habitat donnée par l'Inventaire National du Patrimoine Naturel est la suivante : « milieu de vie d'un organisme, d'un écosystème, l'habitat correspond, en fait, à une entité écologique incluant espèces et communautés, ainsi que leur environnement biotique et abiotique. Un habitat naturel est une unité naturelle, bien identifiable, essentiellement caractérisée par sa végétation, son climat, son exposition, son altitude, sa géologie - sous-sol -, sa pédologie, et par les activités humaines qui y ont lieu »

La définition des typologies d'Habitats repose sur la phytosociologie, science qui étudie les communautés végétales et leur relation avec les milieux.

Parallèlement, des typologies d'Habitat ont été définies dans le cadre du Réseau européen Natura 2000 et déclinées à l'échelle française dans les cahiers d'Habitat<sup>50</sup>.

#### **6.2.2 Définition de l'état de conservation d'un habitat**

L'Etat de conservation d'un habitat naturel est défini comme « l'effet de l'ensemble des influences agissant sur un habitat naturel ainsi que sur les espèces typiques qu'il abrite, qui peuvent affecter à long terme sa répartition naturelle, sa structure et ses fonctions ainsi que la survie à long terme de ses espèces typiques sur le territoire européen » (extrait Directive Habitats).

L'état de conservation d'un habitat naturel sera considéré comme favorable lorsque :

- Son aire de répartition naturelle ainsi que les superficies qu'il couvre au sein de cette aire sont stables ou en extension ;
- La structure et les fonctions spécifiques nécessaires à son maintien à long terme existent et sont susceptibles de perdurer dans un avenir prévisible et l'état de conservation des espèces qui lui sont typiques est favorable.

### **6.3 Evaluation de l'état de conservation des habitats naturels**

#### **6.3.1 Types d'évaluation dans le cadre de Natura2000**

Les Directives Oiseaux de 1979 et Habitats Faune Flore de 1992, imposent aux Etats membres de réaliser l'évaluation de l'état de conservation des habitats et espèces d'intérêt communautaire. A l'échelle française, l'évaluation de l'état de conservation des espèces et des habitats d'intérêt communautaire à l'intérieur des sites Natura 2000 est une obligation inscrite dans le code de l'environnement.

---

<sup>50</sup> <http://inpn.mnhn.fr/programme/referentiels-habitats/cahiers-habitats-cahhab>

L'évaluation de l'état de conservation peut être réalisée à l'échelle biogéographique ou à l'échelle du site, impliquant des méthodes différentes.

L'évaluation de l'état de conservation des habitats à l'échelle biogéographique doit être réalisée tous les 6 ans. Une première évaluation a été réalisée en France en 2007. La prochaine évaluation a eu lieu en 2013, un guide méthodologique a par ailleurs été rédigé pour présenter la démarche à suivre pour cette évaluation (Bensettiti *et al.*, 2012).

Plus d'informations sur les modalités de l'évaluation sont précisées dans l'article 17 de la Directive Habitats Faune Flore<sup>51</sup>.

L'article R414-8-5 du Code de l'environnement précise que l'autorité administrative doit évaluer périodiquement l'état de conservation des habitats naturels et des populations des espèces de faune et de flore sauvages qui justifient la désignation du site, sans toutefois préciser cette fréquence d'évaluation.

Cette étude s'intéressant à l'efficacité des actions, il sera présenté la méthode d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000.

### 6.3.2 Méthode d'évaluation de l'état de conservation à l'échelle d'un site Natura 2000

L'évaluation de l'état de conservation des habitats à l'échelle d'un site Natura 2000 revêt deux intérêts principaux :

- La gestion d'un site : il s'agit de disposer d'un cadre factuel pour diagnostiquer l'état des composantes d'un site Natura 2000, connaître son évolution et **évaluer l'effet des mesures de gestion mises en œuvre**.
- La mise à disposition de données locales relativement homogènes afin de contribuer à l'évaluation périodique nationale des habitats par zone biogéographique, prévue par l'article 17 de la directive « habitats, faune, flore ».

Les méthodes d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000, sont en cours d'étude par le MNHN. Certaines ont déjà été définies et sont téléchargeables sur le site de l'INPN : <http://inpn.mnhn.fr/telechargement/documentation/natura2000/evaluation> :

- Les habitats forestiers à l'échelle du site (Carnino *et al.*, 2009 ; 5.2.4.2) ;
- Les habitats agropastoraux (Maciejewski *et al.*, 2013) ;
- Les dunes littorales non boisées du littoral atlantique (Goffe, 2011) ;
- Les habitats humides et aquatiques (Viry, 2013) ;
- Les habitats marins (Lepareur, 2011) ;
- Les lagunes côtières (Lepareur *et al.*, 2011).

L'évaluation de l'état de conservation des habitats à l'échelle du site est réalisée en comparaison à un état de référence. L'état de référence définit des valeurs seuils, au-dessus desquelles l'habitat est considéré comme en état de conservation favorable au regard du paramètre considéré<sup>52</sup>.

Chacune de ces méthodes a de plus défini des critères et indicateurs servant à évaluer les structures et fonctions des habitats à l'échelle d'un site (Figure 18).

En outre, l'état de conservation à l'échelle d'un site est évalué à partir du suivi d'espèces typiques. Maciejewski, (2010), propose de rechercher un pool d'espèces qui, par sa présence, « maximisera la potentialité de la richesse spécifique pour tous les groupes taxonomiques potentiellement présents et les capacités de résilience de l'habitat ». L'objectif est de maintenir une diversité suffisante de taxons pour permettre à l'habitat de fonctionner correctement et perdurer (Maciejewski, 2010).

<sup>51</sup> <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1992L0043:20070101:FR:HTML>

<sup>52</sup> <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Evaluer-l-etat-de-conservation-des.html>

Ces méthodes doivent être faciles à mettre en œuvre, pragmatiques, reproductibles et accessibles à tous les opérateurs.

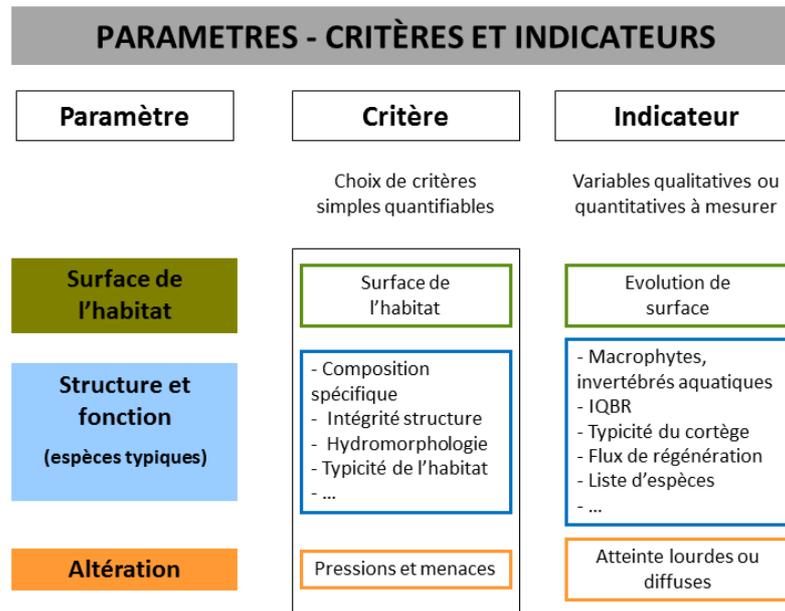


Figure 18 : Exemples de paramètres, critères et indicateurs pour l'évaluation de la structure d'un site Natura2000

Source : Bensettiti et al., 2012

Enfin, lors de l'évaluation de l'état de conservation des habitats réalisée tous les 6 ans, le fichier d'enquête régionale intègrera, pour chaque habitat et espèce présent dans la région :

- Les principales mesures de conservation, leur nature (réglementaire, contractuelle...);
- Leur situation (Natura 2000, ensemble du territoire);
- Leur évaluation d'efficacité (qualitatif).

L'évaluation d'efficacité est réalisée à dire d'expert. Néanmoins, pour de nombreux sites Natura2000, la cartographie des habitats n'est pas encore assez précise pour que l'état de conservation puisse être évalué (comm.pers Mateu).

### 6.3.3 Suivi et évaluation de l'état de conservation à l'échelle d'une unité de gestion

Des méthodologies pour évaluer l'état de conservation des habitats ont également été élaborées à l'échelle de l'unité de gestion, dans le cadre d'initiatives locales. Ces méthodes sont donc **complémentaires des évaluations à l'échelle du site** présentées dans la partie 6.3.2.

La Direction Départementale des territoires de la Lozère et le Conservatoire d'Espaces Naturels du Languedoc-Roussillon se sont inspirés des méthodes d'évaluation de l'état de conservation développées en Allemagne et en Autriche pour établir un dispositif d'évaluation des habitats d'intérêt communautaire contractualisés (Kleszczewski et Mothais, 2013). La méthode se base sur une grille d'indicateurs qui correspondent à trois critères : structure, composition et dégradations visibles de l'habitat. Tous les indicateurs sont définis en lien avec les pressions exercées sur les habitats. L'indicateur de présence « d'espèces patrimoniales » n'a, par exemple, pas été retenu, du fait que des habitats peuvent être en bon état de conservation sans abriter d'espèces patrimoniales (Kleszczewski et Mothais, 2013). Les indicateurs se basent sur l'évaluation de pourcentages. Les indicateurs sont ensuite notés bons, moyens ou défavorables par rapport à une valeur seuil. Puis, sur chaque unité de gestion de l'exploitation agricole (la méthode a été testée pour des diagnostics de Mesures Agroenvironnementales Territorialisées), la note finale retenue est celle de l'indicateur le moins bien noté. L'objectif est de mettre en évidence le facteur de dégradation prépondérant et de faciliter le dialogue avec le gestionnaire sur la définition de mesures adaptées (Kleszczewski et Mothais, 2013).

La méthode, basée sur une démarche scientifique, a été testée et s'est montrée efficace. Elle est simple et rapide, mais nécessite des compétences naturalistes. Elle permet en outre d'évaluer un état zéro de chaque habitat dans chaque parcelle. Elle a été validée par la région et devrait être étendue à l'ensemble du département lozérien fin 2013 (comm.pers Kleszczewski).

De plus, cette même méthode développée par le Conservatoire d'Espaces Naturels du Languedoc-Roussillon, a été adaptée par le Conseil Général de l'Hérault pour l'évaluation de l'état de conservation des Espaces Naturels Sensibles du département (Bernard *et al.*, 2013). L'objectif est de suivre les mesures mises en œuvre par les gestionnaires sur des sites prioritaires.

Elle permet un état initial du site puis de suivre son évolution afin d'évaluer les effets de la gestion (Bernard *et al.*, 2013). La démarche vise à être simple à mettre en œuvre et a été adaptée pour ne pas demander de compétences naturalistes poussées. Elle définit en effet les indicateurs à suivre pour chaque type d'habitat. Le guide méthodologique sera bientôt diffusé (comm.pers Morvan).

## 7 Dispositifs de suivi et d'évaluation spécifiques aux espèces

### 7.1 Introduction

La préservation et la remise en bon état des continuités écologiques est un enjeu fort pour la conservation de nombreuses espèces (COMOP TVB, 2010a). Une liste d'espèces pour la cohérence Nationale de la Trame Verte et Bleue a notamment été constituée (Sordello *et al.*, 2011). Cette liste constitue un socle minimal, les acteurs régionaux restants libres de constituer une Trame favorable à d'autres espèces (Sordello *et al.*, 2011). La sélection des espèces devra permettre de définir la responsabilité nationale d'une région, au regard de ces espèces « trame verte et bleue ».

Un objectif de la Trame Verte et Bleue est qu'elle permette « pour ces espèces listées, d'assurer leurs capacités de libre adaptation, leur cycle de vie et une continuité compatible avec les besoins d'échanges entre leurs populations, de migrations, de déplacements, notamment en vue d'une reconquête territoriale et ceux en réaction au changement climatique » (COMOP TVB, 2010b)

De plus, le code de l'environnement (article L. 371-1 I) assigne à la Trame verte et bleue les objectifs suivants :

- Diminuer la fragmentation et la vulnérabilité des habitats naturels et habitats d'espèces et prendre en compte leur déplacement dans le contexte du changement climatique ;
- Prendre en compte la biologie des espèces sauvages ;
- Faciliter les échanges génétiques nécessaires à la survie des espèces de la faune et de la flore sauvages.

Il est ainsi nécessaire de s'assurer de l'efficacité des mesures prises qui répondent à ces objectifs. Cette partie présente certains dispositifs de suivi et d'évaluation qui permettent de mesurer cette efficacité. Les enjeux de préservation des espèces dépassent l'échelle des actions et les dispositifs présentés à continuation s'appliquent à différentes échelles.

Dans un premier temps sont présentées des méthodes de suivis biologiques des populations. En effet, c'est la mesure de l'évolution de l'état des populations d'espèces avant la mise en œuvre d'une action et après sa mise en œuvre qui contribueront à évaluer l'efficacité de cette action.

Dans un second temps, sont présentés des dispositifs qui permettent de suivre leurs déplacements.

### 7.2 Suivis biologiques des populations

Les gestionnaires, bureaux d'études, associations, chercheurs sont déjà impliqués depuis fort longtemps dans des protocoles de suivi et d'évaluation des populations. Les suivis biologiques servent à **améliorer les connaissances** sur les espèces, populations, communautés... Ils servent à **connaître la biodiversité avant la mise en œuvre d'une gestion**, ils sont également utilisés pour **évaluer les effets d'une gestion sur les populations**. Il pourrait exister autant de protocoles de suivi que de questions

posées par le gestionnaire ou le scientifique. La littérature abonde sur les suivis des populations. Il ne sera pas réalisé une synthèse sur la mise en œuvre de suivis de populations, mais des éléments de bibliographie seront présentés. Une série de cahiers techniques « Etudes scientifiques en espaces naturels – méthodes et expériences » publiés par l'ATEN font une synthèse des protocoles de suivi existants et présente des aspects techniques du suivi pour de nombreux taxons (Fiers *et al.*, 1998, 2003, 2004, 2005). Les Réserves Naturelles de France ont également développé des protocoles de suivi spécifiques à certains taxons<sup>53</sup>. Le programme européen *Eumon*<sup>54</sup> présente à l'échelle européenne les méthodes de suivi des espèces, mais aussi des habitats, d'intérêt communautaire. Ce programme a mis en place une base de données des programmes de suivi de biodiversité existants. Il a permis d'évaluer les méthodes de suivi pratiquées, ce qui a abouti à un guide de recommandation. Le programme *Eumon* s'appuie en partie sur des méthodes de suivi faisant appel à des bénévoles, et présente les principes clés pour une intégration réussie des volontaires. Cette partie présente des critères importants pour que les suivis biologiques permettent d'évaluer l'efficacité des mesures prises (protocole Before After Control Impact). Puis, sont présentées des méthodes prometteuses pour le suivi des populations. Il est enfin présenté les limites des suivis biologiques pour évaluer l'efficacité des actions.

### **7.2.1 Choisir un protocole de suivi**

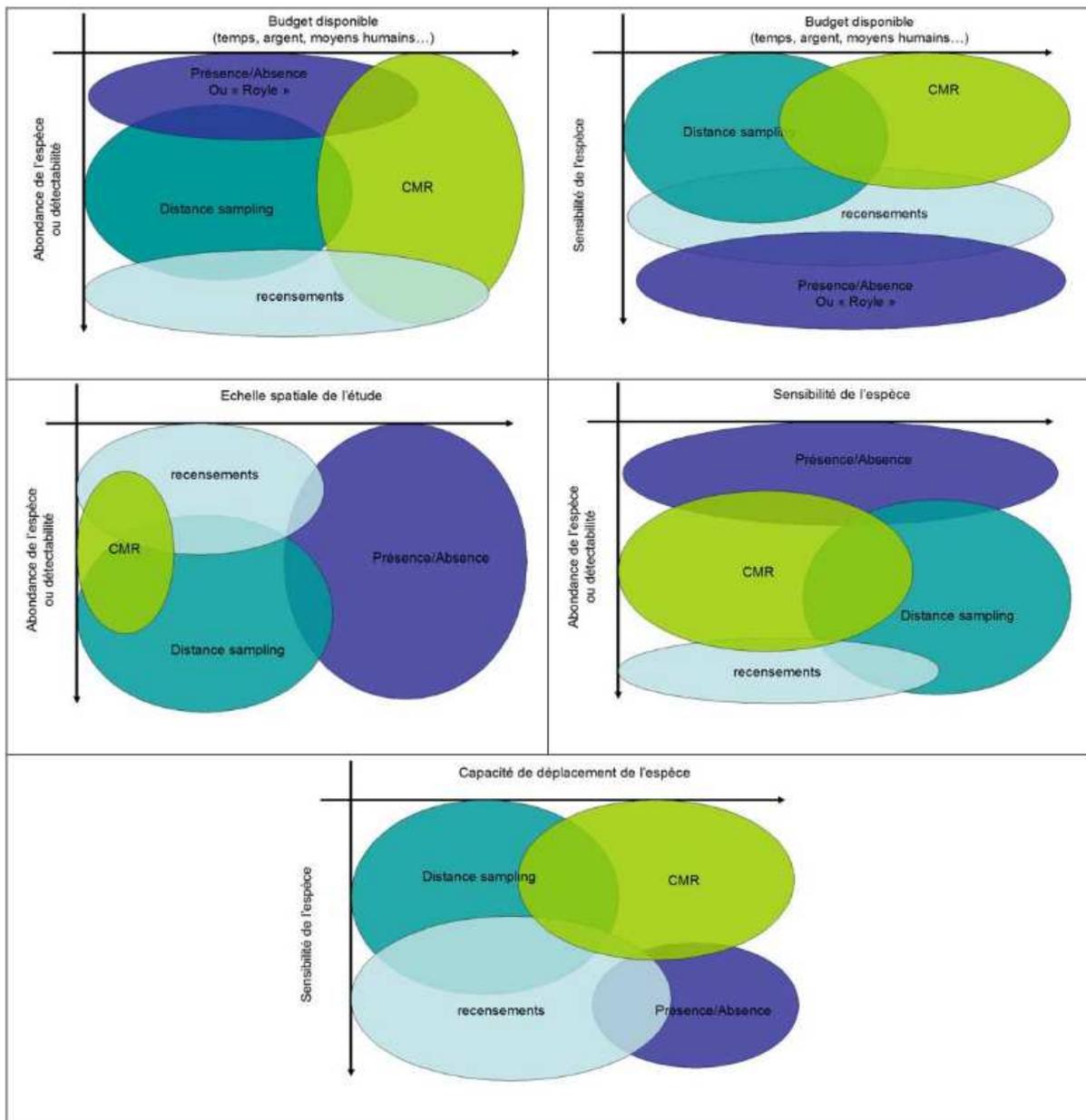
Parmi les techniques souvent utilisées pour le suivi des espèces on retrouve le recensement (avec comptage), la présence-absence (sans comptage), le « distance-sampling », la Capture-Marquage-Recapture... De multiples facteurs sont à prendre en compte dans le choix de la méthode de suivi (Figure 19). Ne pas considérer ces facteurs peut amener à de mauvais résultats et à une inefficacité du suivi (Besnard et Salles, 2010).

La partie 4.2.3 introduit plus précisément comment mettre en place une démarche de suivi.

---

<sup>53</sup> <http://www.reserves-naturelles.org/rnf/fonctionnement/protocoles-standardises>

<sup>54</sup> <http://eumon.ckff.si/summary.php?pid=4>



**Figure 19 : Quelques facteurs de choix à considérer pour certaines techniques de suivi et d'évaluation**  
*Source : Besnard et Salles, 2010*

Toutes les espèces ne peuvent être suivies et il conviendra de faire des choix. La plupart des suivis visent des espèces à enjeux : classées patrimoniales, rares, menacées, des espèces bioindicatrices... Dans le cadre de la Trame Verte et Bleue, des listes d'espèces ont été définies pour contribuer à assurer une cohérence nationale des SRCE. Ces espèces ne sont par contre pas forcément adaptées pour suivre des projets plus locaux (comm.pers Hercent). De plus, comme rappelé dans la partie 4.7.4.4, le choix de suivre des espèces ayant un statut particulier est pris afin que l'objet du suivi repose sur une base scientifique (Vos *et al.*, 2000). Mais selon l'auteur, l'approche scientifique ne devrait pas être le cadre du suivi et de l'évaluation de la gestion. En effet, les résultats de suivi ne doivent pas être compréhensibles uniquement par les gestionnaires, mais aussi par les décideurs, les acteurs économiques... Le choix des objets et variables à suivre repose donc plus sur des questions politiques et sociétales que scientifiques (Vos *et al.*, 2000). Il s'agira pour le gestionnaire de faire ce choix selon ce qu'il pense important et valorisable. De fait, les conversationnistes s'intéressent maintenant à un grand nombre d'espèces différentes. Mais certaines restent très mal connues et complexes à suivre, les situations sont donc très diverses.

Le Tableau 3 présente des protocoles propres à certains taxons.

### **7.2.2 Protocole “Before After Control Impact”**

La mise en évidence de l'effet d'une gestion ou d'une perturbation impose des contraintes fortes quant aux protocoles de suivi à mettre en place. Les protocoles qualifiés sous le terme de Before-After-Control-Impact (BACI) prennent en compte ces contraintes afin de mesurer correctement les impacts de la gestion (Besnard et Salles, 2010). En effet, pour pouvoir démontrer clairement que l'action de gestion a ou n'a pas eu d'impacts sur une population, il est indispensable de réaliser une comparaison du site géré avec un site témoin, c'est-à-dire un site qui n'est pas géré. Il pourrait être réalisé une comparaison entre un unique site témoin et un unique site géré mais, du fait du hasard, ces sites pourraient avoir une trajectoire différente et il pourrait être conclu à tort d'un effet de la gestion. Une solution consiste à multiplier les expériences. En effet le hasard ne pourra pas expliquer des différences de dynamique des sites si un grand nombre d'entre eux ont été échantillonnés (Besnard et Salles, 2010).

Les protocoles BACI peuvent également être utilisés pour mesurer l'effet de la gestion ou d'une perturbation à posteriori dans le cas où il n'existe pas de données antérieures. La méthode consiste à comparer les abondances de populations sur une multiplicité de sites témoins avec celles de sites gérés ou perturbés (Besnard et Salles, 2010). Cela permet de prendre en compte la variabilité naturelle de l'abondance des populations. Selon Besnard et Salles (2010) toute évaluation des effets de la gestion qui ne respectent pas la méthode BACI est sujette « à caution ».

Taxon	Protocole	Auteur	Recherche	Effet gestion	Sensibilisation du public	Espèce patrimoniale	Modalités d'observation	Echelle	Source
Rhopalocères	Suivi Temporel des Rhopalocères de France	MNHN	+++	+	-	+	Transect	Nationale	<a href="http://vigienature.mnhn.fr/page/suivi-temporel-des-rhopaloceres-de-france">http://vigienature.mnhn.fr/page/suivi-temporel-des-rhopaloceres-de-france</a>
	Protocole papillon gestionnaire	MNHN	+	++	++	-	Transect	Site	<a href="http://vigienature.mnhn.fr/propage">http://vigienature.mnhn.fr/propage</a>
	Observatoire des Papillons des Jardins	Noéconservation	++	+	+++	-	Observation directe	Nationale	<a href="http://www.noiconservation.org/index2.php?rub=12&amp;srub=31&amp;ssrub=98&amp;goto=contenu">http://www.noiconservation.org/index2.php?rub=12&amp;srub=31&amp;ssrub=98&amp;goto=contenu</a>
	Protocole de suivi des milieux ouverts par les rhopalocères	RNF	+	+++	-	++	Transect	Site	<a href="http://www.reserves-naturelles.org/publications/methode-de-suivi-des-milieux-ouverts-par-les-rhopaloceres-dans-les-reserves">http://www.reserves-naturelles.org/publications/methode-de-suivi-des-milieux-ouverts-par-les-rhopaloceres-dans-les-reserves</a>
Oiseaux	Protocole Suivi Temporel des Oiseaux communs	MNHN	+++	+	+	-	Recensements	Nationale	<a href="http://vigienature.mnhn.fr/page/le-suivi-temporel-des-oiseaux-communs-stoc">http://vigienature.mnhn.fr/page/le-suivi-temporel-des-oiseaux-communs-stoc</a>
	Surveillance Continue des stationnements de limicoles côtiers	RNF	+++	+++	+	+++	Recensements	Site et nationale	<a href="http://www.reserves-naturelles.org/sites/default/files/fichiers/suivi-limicoles-cotiers.pdf">http://www.reserves-naturelles.org/sites/default/files/fichiers/suivi-limicoles-cotiers.pdf</a>
Chiroptères	Suivi temporel des Chauves Souris	MNHN	+++	+	-	+++	Recensements	Site et Nationale	<a href="http://www2.mnhn.fr/cersp/IMG/pdf/NV9-13-19-GAGER_KERBIRIOU_JULIEN.pdf">http://www2.mnhn.fr/cersp/IMG/pdf/NV9-13-19-GAGER_KERBIRIOU_JULIEN.pdf</a>
Reptiles	Protocoles de suivi des reptiles	RNF	+	+++	-	++	Transect	Site	<a href="http://www.reserves-naturelles.org/sites/default/files/fichiers/protocole_reptiles.pdf">http://www.reserves-naturelles.org/sites/default/files/fichiers/protocole_reptiles.pdf</a>
Flore	Suivi territoire réseau Alpes-Ain de la conservation de la Flore	Réseau Alpes Ain de la Conservation de la Flore	+	-	++	+++	Transect	Département, supra-régionale	<a href="http://www.telabotanica.org/projets/72/telechargement/18460">http://www.telabotanica.org/projets/72/telechargement/18460</a>
Amphibiens	Protocole Amphibien RNF	RNF	+++	+++	+	++	Réseau de mares	Site et nationale	<a href="http://www.reserves-naturelles.org/sites/default/files/fichiers/protocole_amphibiens.pdf">http://www.reserves-naturelles.org/sites/default/files/fichiers/protocole_amphibiens.pdf</a>

**Tableau 3: Exemple de protocoles de suivi des espèces**  
*Source : modifié de « Espaces naturels n°41 », Janvier 2013*

### 7.2.3 Les rôles des sciences participatives pour le suivi et l'évaluation

Le principe des sciences participatives est de faire appel aux réseaux existants qui veulent bien s'impliquer, et à toute personne volontaire qui accepte de suivre un protocole prédéterminé (Bœuf *et al.*, 2012). Les données récoltées sont validées dans un premier temps par des « têtes de réseau » (Bœuf *et al.*, 2012).

En France, le MNHN a développé un vaste programme de suivi de la biodiversité basé sur les sciences participatives : le programme Vigie Nature. Mais ce programme n'est pas le seul, par exemple certains inventaires faisant appel aux citoyens ont été lancés par des Conseils Généraux, la Ligue de Protection des Oiseaux... Les espèces suivies sont généralement des espèces communes, parmi des taxons tels que les oiseaux, les insectes, les chauves-souris, les escargots, les papillons, la flore... Le programme Vigie-Nature s'intéresse quant à lui uniquement à la biodiversité ordinaire, dans un but d'originalité pour la publication d'articles scientifiques, mais aussi car les espèces communes sont à la base des services éco systémiques et qu'elles sont faciles à observer (Julliard *et al.*, 2012).

Par principe, les sciences participatives ont pour objectif de contribuer à produire de la connaissance scientifique malgré leur caractère participatif. Cela nécessite par conséquent que les protocoles de suivi se déroulent à long terme afin d'obtenir des tendances sur l'état de la biodiversité qui soient effectivement robustes scientifiquement (Bœuf *et al.*, 2012). De plus, cette durabilité des protocoles ne doit pas se engendrer de modifications profondes dans le temps (Bœuf *et al.*, 2012). Le point fondamental est donc la durée du suivi afin de pouvoir tirer des tendances sur quelques espèces cibles déterminantes (Bœuf *et al.*, 2012). Les observateurs doivent aussi être suffisamment qualifiés ou le cas échéant formés et leurs observations soumises à une vérification par des personnes compétentes. Enfin, la pression d'observation dans l'espace et ses éventuelles variations jouent aussi beaucoup sur l'exploitation scientifique, possible ou non des données a posteriori.

Les sciences participatives peuvent également permettre de **mesurer un effet gestion**. Elles ne sont pas utilisées à l'échelle d'un site car l'échantillonnage risque d'être insuffisant (comm.pers Julliard), l'échelle la plus pertinente est celle du réseau de sites. Les analyses issues des protocoles de sciences participatives permettent de comparer la biodiversité des sites gérés avec celle des sites témoins et mettre en évidence les effets de la gestion. Une autre possibilité d'utilisation des sciences participatives est d'associer de façon systématique une description des modalités de gestion aux données issues des suivis. Lorsque plusieurs sites suivent cette méthode, il est possible d'analyser les variations de la biodiversité entre ces sites pour une ou plusieurs modalités de gestion et mettre en évidence les effets de ces modalités. Par exemple, dans le cadre de l'observatoire des papillons de jardin, les analyses issues des sciences participatives ont permis de montrer que l'utilisation des différents types de pesticides ont des effets variables sur l'abondance des papillons : les insecticides et pesticides ont des effets plutôt négatifs alors que les fongicides ont plutôt des effets positifs. Ces effets sont de plus beaucoup plus marqués en ville qu'à la campagne. Malgré l'imprécision de la mesure (abondance des papillons dans un jardin), des conclusions ont pu être tirées grâce au très grand nombre de participants. Autre exemple : dans le cadre de l'observatoire de la biodiversité agricole, les données collectées par les agriculteurs volontaires ont permis d'analyser comment la gestion des bords de champ influence la distribution des papillons. Les agriculteurs souhaiteraient de plus connaître l'influence directe de leurs propres pratiques. Cependant les processus écologiques sont trop complexes pour rendre ce projet réalisable (comm.pers Julliard).

La validation des données est un facteur important à prendre en compte dans les démarches de sciences participatives (Bœuf *et al.*, 2012). Il y a des risques d'erreurs liés aux observateurs et aux méthodologies parfois compliquées (Julliard *et al.*, 2012). Par exemple, certains participants ayant déjà été sensibilisés réalisent des observations avec une meilleure détectabilité que d'autres. De plus, dans le cadre d'un suivi temporel, l'amélioration des pratiques de gestion et l'amélioration des observateurs, qui sont étroitement liées, sont deux sources de biais. Néanmoins, la sensibilisation étant un enjeu de ces projets, il est encouragé à ce que les observateurs et les pratiques s'améliorent. Le MNHN réfléchit à intégrer le facteur « ancienneté de l'observateur » pour corriger ces biais (Julliard *et al.*, 2012).

## 7.2.4 Méthode d'inventaire à partir d'ADN environnementale

Inventaire et suivi sont deux notions différentes (Siblet, 2013). Un inventaire se matérialise par une donnée de présence (ou trop peu souvent d'absence) sur un territoire donné. Les plus modernes d'entre eux apportent, à la marge, l'aspect quantification. Le suivi implique d'appréhender les relations qui peuvent exister entre la dynamique d'une population d'une espèce et la gestion du territoire qu'elle occupe (Siblet, 2013). **La méthode d'inventaire par ADN environnemental (ADNe)** est une méthode innovante, amenée à se développer et qui peut apporter des données pour l'analyse de l'efficacité des actions de conservation de la biodiversité (voir encadré).

Les méthodes classiques d'inventaires reposent sur des observations et expertises naturalistes. Ces méthodes ont leurs limites notamment pour détecter les espèces rares ou discrètes. Les méthodes d'inventaire à partir d'ADN environnemental sont quant à elles particulièrement adaptées pour la détection des espèces rares ou discrètes. Elles ont tout d'abord été appliquées pour connaître la diversité d'espèces éteintes à partir d'ADN contenu dans les sédiments. Puis, elles ont été appliquées pour la détection de quelques espèces invasives d'amphibiens et de poissons. Ce n'est que récemment que des méthodes se sont développées pour la détection des espèces rares et/ou discrètes.

L'ADN environnemental (ADNe) est l'ADN qui est laissé dans le milieu par les individus. Les fèces, l'urine et les cellules d'épiderme sont les sources les plus communes d'ADN environnemental (Thomsen *et al.*, 2011). La méthode d'inventaire par ADNe est utilisable pour tout type de taxons : faune, flore, agents pathogènes... (comm.pers Déjean). En milieu aquatique, l'ADNe se trouve également sous forme extra-cellulaire. Il s'agit de fragments d'ADN qui sont libérés dans l'eau par les organismes puis stockés dans les sédiments. Cet ADN environnemental constituerait une concentration dix fois supérieure à celle de la biomasse (Miaud *et al.*, 2012). L'ADN environnemental peut rester dans le milieu entre quelques heures et plusieurs années, selon les conditions environnementales (comm.pers Déjean, Rayé).

Le principe d'inventaire par ADNe repose tout d'abord sur un prélèvement d'éléments susceptibles de contenir de l'ADN environnementale (eau, fèces, terre...). Le prélèvement doit être réalisé selon des normes précises afin d'éviter toute contamination. L'étape suivante est l'extraction de l'ADN, qui suit un protocole adapté au type d'échantillon à étudier. Les ADN extraits servent ensuite de modèle à une amplification par Polymerase Chain Reaction (PCR)<sup>55</sup> avec des amorces<sup>56</sup> (Pompanon *et al.*, 2011). Les amorces peuvent être spécifiques d'une espèce, on parle alors d'ADN barcoding, ou peuvent permettre d'amplifier un large spectre d'espèces, il s'agit alors d'une méthode de métabarcoding. Après cette étape, dans le cadre du métabarcoding, chaque produit PCR obtenu est un mélange d'amplicons (fragments d'ADN amplifiés à partir de PCR) représentatifs des ADN des espèces contenus dans l'échantillon de départ (Pompanon *et al.*, 2011). L'étape suivante est d'obtenir la séquence de ces amplicons afin d'identifier les espèces correspondantes. Cela est possible grâce aux nouvelles technologies de séquençage. Elles évitent les étapes de clonage longues et coûteuses qui rendaient jusqu'alors ces expériences inenvisageables dans la pratique (Pompanon *et al.*, 2011). Ces séquences sont triées et comparées à des séquences de référence grâce à des outils de bio-informatique. C'est le développement de ces outils qui permet aujourd'hui d'utiliser les méthodes d'ADN barcoding et métabarcoding et de les substituer à des méthodes beaucoup plus lourdes à mettre en place (Pompanon *et al.*, 2011). Aujourd'hui, en milieu aquatique, ces développements technologiques font que les prix des inventaires ont fortement diminués, un inventaire coûterait ainsi entre 200 et 300 euros (comm.pers Déjean).

La méthode s'est développée pour des inventaires dans des milieux aquatiques fermés. Bien que des échantillons de fèces, épidermes... soient moins accessibles (Thomsen *et al.*, 2011), il est possible à partir de prélèvements d'eau de caractériser les espèces présentes dans le milieu. Dans ces milieux

---

<sup>55</sup> La «Polymerase Chain Reaction» est une technique de répllication ciblée in vitro. Elle permet d'obtenir, à partir d'un échantillon complexe et peu abondant, d'importantes quantités d'un fragment d'ADN spécifique et de longueur définie. L'ordre de grandeur à retenir est celui du million de copies en quelques heures.

<sup>56</sup> L'amorce est une courte séquence d'ARN ou d'ADN, complémentaire du début d'une matrice, servant de point de départ à la synthèse du brin complémentaire de cette dernière matrice

aquatiques fermés, la technique s'est montrée particulièrement efficace et est utilisée dans des pays comme le Royaume-Uni et les Pays-Bas (comm.pers Déjean). Les variables mesurées sont des données de présence. Un important séquençage peut de plus permettre une évaluation semi-quantitative (probabilité qu'une espèce soit plus présente qu'une autre) mais pas de l'abondance. Pour cette raison la méthode d'expertise par ADN environnemental doit être couplée à d'autres protocoles (comm.pers Déjean). Dans les milieux aquatiques fermés, l'ADN reste disponible une quinzaine de jours (Thomsen *et al.*, 2012). Il y a donc peu de risque qu'un échantillon prélevé appartienne à une espèce qui ne soit plus présente sur le site.

La méthode permet un prélèvement à n'importe quel moment de la journée, elle est non invasive (contrairement aux techniques classiques d'étude génétique avec prélèvement de la peau), facile à mettre en œuvre, robuste, et permet une meilleure détectabilité qu'avec des méthodes classiques d'inventaire (comm.pers Déjean).

Des améliorations restent cependant à apporter : définir des stratégies d'échantillonnages adaptées à la diversité des milieux aquatiques, poursuivre le développement des outils bioinformatiques, continuer à acquérir des connaissances sur la persistance de l'ADNe dans les milieux... (Miaud *et al.*, 2012).

### **Exemples d'utilisation des inventaires par ADN environnemental**

#### Exemple n°1 : Etude comparative de la répartition de la Grenouille taureau (Ficetola *et al.*, 2008)

Il s'agit du premier projet mené en France sur l'utilisation de la méthode d'ADN barcoding pour les expertises écologiques. Des données issues d'une vaste campagne d'inventaire (observations à vue, écoutes du chant...) de la Grenouille taureau ont été comparées avec les données issues d'un inventaire par ADN environnemental. Une première étude menée sur quelques sites colonisés et non colonisés a montré que des résultats similaires étaient obtenus avec les inventaires classiques et les inventaires par ADN environnemental : aucun individu n'était détecté par ADN-barcoding dans les sites non colonisés, alors que la présence de l'espèce était détectée dans les sites colonisés. Dans le cadre d'une seconde étude menée sur 49 plans d'eau, la Grenouille taureau a été détectée sur 7 plans d'eau avec une méthode d'inventaire classique et sur 38 plans d'eau avec une méthode d'inventaire basée sur l'étude de l'ADN environnemental. La méthode va de plus être utilisée pour évaluer le succès de campagnes d'éradication de la Grenouille taureau (espèce invasive) dans le Loir et Cher.

#### Exemple numéro 2 : Détection des carpes asiatiques (Jerde *et al.*, 2011)

Aux Etats Unis, la Carpe asiatique est une espèce envahissante qui menace les Grands Lacs Laurentiens du fait de la connexion entre ces lacs et le bassin du Mississippi. Les chercheurs ont collecté un millier d'échantillons d'eau dans des sites colonisés à divers degrés, qu'ils ont ensuite analysés à l'aide d'ADN environnemental. Des campagnes de pêche électrique ont été menées sur ces mêmes sites et comparées avec les résultats de l'inventaire par ADN barcoding. La détection des deux méthodes décroît avec l'abondance des carpes mais l'inventaire par ADNe présente un meilleur taux de détectabilité.

**En milieu terrestre**, la méthode repose principalement sur l'analyse de l'**ADN disponible dans le sol** et permet de détecter les taxons présents : champignons, bactéries, invertébrés... Dans le sol l'ADN des cellules est de très bonne qualité (comm.pers Raye). Hors des cellules l'ADN est de moins bonne qualité mais est présent en grande quantité. Cet ADN peut durer plus d'un siècle, mais il se dégrade au fil du temps. L'ADN trop vieux ne peut donc pas être analysé (comm.pers Raye). Il est ainsi nécessaire d'éliminer l'ADN ancien (qui représente souvent 1% de l'ADN trouvé). Les études par ADNe permettent de relever un grand nombre de taxons différents alors que dans les études classiques un nombre restreint de taxons est inventorié du fait que les disciplines ne sont croisées que très rarement (comm.pers Raye). De plus la biodiversité du sol est mal connue, les méthodes par ADNe sont ainsi une opportunité pour améliorer les connaissances (comm.pers Raye). La méthode n'est

cependant pas encore opérationnelle, l'objectif actuel est de comparer les méthodes par ADN avec les méthodes classiques (comm.pers Rayé). Le laboratoire d'écologie alpine est en train de monter un projet test avec le Parc Naturel Régional des Bauges et le Conservatoire d'Espaces Naturels. Les résultats sont attendus d'ici une ou deux années.

L'utilisation de l'ADN environnemental peut également permettre de mesurer le passage d'individus, par exemple dans le cas de ponts ou tunnels pour la faune. Cette méthode est présentée dans la partie 7.3.1.

Enfin des études par ADN environnemental pour la détection des espèces sont également possibles **en milieu marin**. Foote *et al.* (2012) a mené une étude afin de détecter un mammifère marin, le marsouin commun. La méthode a été adaptée pour prendre en compte les contraintes liées au milieu marin : importante dilution, présence de courants, forte salinité... Les résultats de l'analyse par ADN ont été comparés à ceux de suivis acoustiques. Bien que la méthode par ADN ait permis de détecter le marsouin commun, elle a été moins efficace que le suivi acoustique. Néanmoins la méthode par ADN a permis de détecter une espèce rarement vue, le globicéphale commun. Foote *et al.* (2012) concluent donc que par l'optimisation des protocoles, il pourra être possible d'utiliser les techniques d'ADN en compléments d'autres suivis de biodiversité en milieu marin.

## 7.2.5 Difficultés et limites pour évaluer l'efficacité d'une action par des suivis biologiques

Une première limite est celle de l'existence d'un certain nombre de biais dans les techniques de suivi qui jusqu'alors avaient été considérées comme pertinentes (Besnard, 2010). De même, de nombreux biais ont été constatés dans les méthodes d'analyse des données générées par ces suivis. Des biais qui sont largement liés aux hypothèses statistiques que posent ces méthodes (Besnard et Salles, 2010).

Malgré de nombreux développements, il n'existe encore que peu de méthodes pertinentes pour l'analyse des données (Besnard et Salles, 2010). Les auteurs soulignent de plus que dans la pratique, des protocoles mis en place et qui peuvent paraître pertinent, ne respectent en fait aucune des hypothèses statistiques nécessaires. Legg et Nagy (2006) montrent même que, du fait d'un manque de précision des objectifs et des hypothèses de départ, d'un manque de structure du suivi et de données de qualité, la probabilité d'avoir un résultat non-significatif sera forte (4.5). Dans cette situation, une possible amélioration serait d'analyser les données avec les méthodes existantes et pointer les biais possibles. Ce n'est cependant pas une mesure satisfaisante (Bernard et Salls, 2010).

Une solution proposée par Besnard et Salles (2010) est que les suivis soient mis en œuvre en ayant connaissance des méthodes et des hypothèses statistiques existantes pour l'analyse des données. En effet, ces hypothèses se traduisent souvent par des contraintes sur le terrain. La phase de construction d'un protocole de suivi pertinent doit donc prendre en compte la connaissance sur l'espèce et le site, le budget disponible, la technique de terrain, les méthodes d'analyses statistiques disponibles et la précision souhaitée des résultats.

Par exemple, se développent de plus en plus des **tests de puissance statistique** qui permettent d'optimiser le temps passé aux suivis. Le principe est qu'à partir de données déjà existantes sur l'espèce il est simulé des jeux de données un grand nombre de fois. Ces jeux de données sont ensuite analysés au moyen de la méthode prévue par l'étude. Cette analyse permet d'estimer la précision des résultats en fonction des efforts que l'on souhaite réaliser.

De nouvelles méthodes d'analyses statistiques permettent également de corriger les biais des données récoltées sur le terrain notamment ceux liés à la détectabilité des espèces. Par exemple la méthode « site-occupancy » vise à estimer la détection moyenne des individus sur l'ensemble d'un secteur pour ensuite corriger les abondances observées (Cabaret et Besnard, 2013). Les bureaux d'étude jusqu'alors peu enclins à utiliser les statistiques commencent à intégrer ces méthodes dans leurs études (comm.pers Menut).

Une autre limite est liée à la précision des mesures. Particulièrement dans le cadre des projets d'aménagement, lorsqu'un suivi est réalisé, il est analysé quelle est l'évolution des effectifs de populations avant et après la mise en œuvre d'une mesure environnementale. Des effets sont observés

et sont interprétés comme dus à la gestion mais les analyses sont insuffisantes pour prétendre que la mesure a été efficace. Il faudrait des études plus précises sur, par exemple, le comportement des individus vis-à-vis des mesures prises (comm.pers Menut) et utiliser des protocoles type Before After Control Impact (Bernard et Salles, 2010). Par exemple, dans le cadre du projet DISTRAFOR, il est étudié les éventuelles adaptations anatomiques de quelques espèces par rapport aux changements paysagers (comm.pers Archaux). Mais les porteurs de projet ne financent que très rarement ce type de suivis sauf si l'autorité environnementale les y oblige, ce qui est actuellement encore très peu le cas (comm.pers Mateu). Les suivis sont effet considérés comme intéressants mais non prioritaires dans le cadre des projets d'aménagement (comm.pers Menut, Mateu).

Enfin **le choix des espèces à suivre** repose sur **des critères pragmatiques** (comm.pers Mateu) et il manque de connaissances sur certains groupes pour qu'ils puissent être suivis. Une menace est que les écologues s'intéressent de moins en moins à ces espèces qui déjà ne sont que peu étudiées.

### 7.3 Suivi des déplacements des espèces

Le rôle premier de la Trame Verte et Bleue est de faciliter les déplacements des espèces et favoriser les échanges génétiques. Les déplacements sont de trois sortes (Thompson, 2011) :

- Les déplacements des individus dans **les différentes phases de leur cycle de vie** tels les mouvements quotidiens vers les territoires de chasse ou les migrations saisonnières ;
- **L'établissement de nouvelles populations** sur un territoire. Par exemple dans le cas d'un fonctionnement en métapopulation ou en réponse aux changements d'un milieu (fermeture...);
- **Les déplacements de l'aire de répartition** des espèces en réponse aux changements à long terme.

Les besoins en déplacement dépendent fortement des espèces. Une dizaine de kilomètres pour le Geai, quelques centaines de mètres pour les amphibiens (Thompson, 2011). Toutes les espèces n'ont pas besoin d'un corridor continu, une structure en pas japonais peut être parfois suffisante. Les déplacements ne se font pas uniquement à travers les corridors, mais aussi au sein de la matrice. Ils s'effectuent également en altitude, notamment en réponse aux changements climatiques. L'analyse de l'efficacité des corridors est donc un sujet complexe sur lequel travaillent les chercheurs, néanmoins il est important pour les gestionnaires de s'assurer que les corridors sont utilisés par les espèces, ce qui peut être réalisé à partir des méthodes de suivi présentées ci-après.

#### 7.3.1 Suivis par l'outil moléculaire

##### 7.3.1.1 Analyse des flux génétiques

Le recours à l'outil moléculaire aussi appelé outil génétique, consiste à effectuer une étude sur l'ADN d'un individu, support de son information génétique (Sordello *et al.*, 2012). Le génotypage de l'ADN est réalisé sur plusieurs individus ce qui permet de calculer les distances génétiques entre populations ou individus et des indices de différenciation (Fst). Le principe général est que si les mouvements sont réduits, par exemple du fait de la fragmentation, la différenciation génétique augmente (comm.pers Blanchet). L'outil génétique permet d'estimer une dispersion efficace c'est-à-dire la dispersion d'individus qui a été suivie d'une reproduction réussie (Pour rappel : les individus dispersants et qui se reproduisent n'apportent pas pour autant de nouveaux allèles<sup>57</sup> à leur population d'accueil s'ils en sont justement génétiquement identiques). L'outil génétique ne permet donc pas de connaître exhaustivement tous les déplacements d'individus, notamment si ceux-ci ne se reproduisent pas (Sordello *et al.*, 2012). Par contre, il mesure bien des déplacements effectifs et relate donc la connectivité fonctionnelle d'un paysage.

L'outil moléculaire est utilisé pour (Sordello *et al.*, 2012) :

- Connaître les phénomènes passés liés au climat et d'envisager ceux à venir ;

---

<sup>57</sup> Version d'un gène.

- Connaître l'impact fragmentant d'éléments existants (infrastructures de transports, urbanisation, artificialisation des sols au sens large) ;

Connaître les conséquences de reconnections ou suppressions d'éléments fragmentant.

L'outil génétique est utilisé pour la connaissance fondamentale sur un grand nombre de taxons (flore, chiroptères, insectes, amphibiens, mammifères...). Sordello et al. (2012) recensent ainsi plusieurs études utilisant l'outil moléculaire. Par exemple, l'outil génétique a déjà été utilisé sur le Pélodyte ponctué, espèce pour la cohérence nationale de la Trame Verte et Bleue, afin de connaître ses habitats et sa dynamique (Jourdan, 2010).

La réalisation d'analyses génétiques permet de constater le degré de différenciation et donc d'isolement entre plusieurs populations, de déceler des échanges inter-populationnels et de mesurer le taux de diversité génétique intra-populationnelle (Sordello et al., 2012).

La méthode commence de plus à être utilisée dans le cas d'expertises et de projets pour appuyer les gestionnaires et aménageurs. Par exemple, il a été utilisé pour mesurer l'impact des carrières sur les déplacements des espèces (Flavenot, thèse en cours) ou encore évaluer les effets de la fragmentation des continuités aquatiques (comm.pers Blanchet). De plus, la réflexion continue pour réfléchir à l'utilisation de cet outil pour évaluer la fragmentation des milieux à partir de l'analyse des flux génétiques entre espèce, dans le cadre de l'évaluation des SRCE, et plus largement dans le cadre des activités du Centre de ressources Trame verte et bleue.

Parmi les avantages de l'outil génétique (comm.pers Blanchet, Sordello), il s'agit d'une méthode qui génère beaucoup d'informations : une fois la donnée génétique acquise, les analyses peuvent porter sur la mobilité des individus, la dynamique démographique, la diversité génétique ... C'est une méthode qui de plus permet de cibler l'effet fragmentation (Sordello *et al.*, 2012). En milieu aquatique le protocole est simple à réaliser, il est plus délicat en milieu terrestre du fait des difficultés de capture de certaines espèces (comm.pers Sordello). Les avancées technologiques permettent de diminuer fortement les coûts. L'outil moléculaire est prometteur pour le suivi des déplacements des individus (comm.pers Blanchet ; Baguette *et al.*, 2012). Des études comparatives de différentes techniques de suivi des déplacements des espèces ont montré une meilleure efficacité du suivi par l'outil génétique (Sordello *et al.*, 2012 ; Tableau 4)

Un inconvénient de l'outil moléculaire est que la différenciation génétique est un phénomène relativement lent. En théorie il faut attendre un certain nombre de générations avant de pouvoir détecter un signal d'évolution (comm.pers Blanchet). L'interprétation des données est de plus souvent complexe, par exemple l'identification des facteurs qui impactent la diversité génétique nécessite parfois d'avoir recours à la modélisation (comm.pers Banchet).

Les réflexions sont en cours pour l'utilisation de l'outil moléculaire dans le cadre de la Trame Verte et Bleue (Sordello *et al.*, 2012). Par le suivi des échanges entre les populations, il permettrait d'évaluer la connectivité fonctionnelle des trames, un des principaux enjeux de la politique TVB.

### **7.3.1.2 Suivi des déplacements par ADN environnemental**

Le déplacement des espèces peut également être estimé à partir de méthodes utilisant l'ADN environnemental (7.2.4) notamment au niveau de ponts et tunnels pour la faune. Par exemple, dans le cadre du projet couloir de vie en Isère, des bassins d'eau ont été placés sur un passage à faune avec pour objectif de récolter l'ADNe laissé par les individus et identifier les espèces traversant. Les essais ont néanmoins été peu concluants (comm.pers Michelot, Rayé). L'étude était en effet biaisée du fait de la faible fréquentation du site où se trouvait le passage.

Les pièges à poil, à traces... permettent également de récolter de l'ADN et permettraient d'identifier les espèces empruntant un passage à faune. Cependant dans les milieux contraints l'ADN récolté n'est pas de bonne qualité (comm.pers Rayé). Le substrat des pièges à traces (argile, sable, limon...) ne permet généralement pas non plus d'obtenir un ADN de bonne qualité. Dans le cas de traces dans la neige, l'ADN est par contre très bien conservé.

### 7.3.2 Suivi des déplacements par Capture Marquage Recapture

Les modèles de capture-marquage-recapture donnent accès à différents paramètres démographiques et de dynamiques de populations. Le principe de la méthode est le marquage artificiel (bagueage...) ou naturel (marqueur génétique) d'individus suite à leur capture. Des sessions de recapture sont ensuite menées. A chacune de ces sessions, il est noté pour chaque individu s'il a été re-capturé ou non. Les données utilisées, appelées histoires de vie des individus, sont la succession de ces informations de présence ou de l'absence des individus pour chacune des occasions de recapture<sup>58</sup>. Cette méthode permet d'estimer des paramètres démographiques des populations mais aussi de suivre les déplacements de certaines espèces. Par exemple, des méthodes de Capture Marquage Recapture ont été utilisées chez le lézard vivipare ou le campagnol amphibie. Elles ont permis de connaître des distances parcourues par les individus en recapturant les jeunes marqués avant la dispersion.

La capture des individus doit être réalisée avec précautions, des guides et articles scientifiques ont été rédigés à ce sujet. Notamment, le guide "Live Animal Capture and Handling Guidelines for Wild Mammals, Birds, Amphibians and Reptiles"<sup>59</sup> présente les conditions pour la capture, le piégeage, la manipulation des mammifères, oiseaux et amphibiens, ainsi que les impacts de l'homme lors des captures.

### 7.3.3 Bio-téléométrie

La bio-téléométrie peut être définie comme la transmission d'information à partir d'un transmetteur placé sur un individu vers un récepteur. Les transmetteurs sont aussi appelés « tags », ils prennent la forme d'antennes ou encore de colliers. L'une des avancées majeures de ces dernières années est le Global Positioning System (GPS) qui est sans doute la technologie la plus utilisée actuellement en bio-téléométrie (comm.pers Coulon). Le transmetteur GPS porté par l'individu est localisé par un signal triangulaire entre, au minimum, de 3 à 26 satellites (Ministry of Environment Lands and Parks, 1998). La position calculée est ensuite renvoyée à l'utilisateur. Les transmetteurs GPS peuvent être programmés pour enregistrer des données sur une certaine durée et ensuite restituer ces données lorsqu'ils sont contactés par le récepteur. Il existe d'autres technologies comme les balises ARGOS qui émettent un signal plus large et complexe que les transmissions VHF<sup>60</sup>, et répété avec des pas de temps plus long. Les avancées technologiques ont permis d'acquérir des données précises sur de nombreux aspects de la biodiversité : utilisation de l'habitat, aire de répartition, mortalité et survie, routes de migration...

Du fait que de nombreuses espèces soient discrètes et difficiles à observer, la radio-téléométrie est un outil pertinent pour mieux connaître leurs histoires de vie. Un guide, publié par le Ministère de l'Environnement, des Territoires et des Parcs du Canada présente les technologies, les protocoles d'installation et d'études, ainsi qu'une approche par espèce des dispositifs de téléométrie<sup>61</sup>.

De nombreuses recherches ont été menées par téléométrie pour suivre les dynamiques des populations. Des études menées sur le chat forestier, espèce identifiée pour la cohérence nationale de la Trame Verte et Bleue, a permis de montrer le comportement des individus par rapport à la structure du paysage : identification du territoire de chasse en lisière de forêt, impact « barrière » des milieux agricoles... La téléométrie a été également utilisée pour connaître l'effet de restauration de continuité, comme dans le cas de passages à faune (Bédard, 2012).

Cependant la téléométrie est défavorable dans beaucoup de situations. La méthode est coûteuse et prend du temps. Elle ne convient pas à toutes les espèces du fait de leur petite taille ou de leurs traits d'histoire de vie.

---

<sup>58</sup> [http://www.cebc.cnrs.fr/ecommm/Fr\\_ecommm/ZooT\\_MN.html](http://www.cebc.cnrs.fr/ecommm/Fr_ecommm/ZooT_MN.html)

<sup>59</sup> <http://archive.ilmb.gov.bc.ca/risc/pubs/tebiodiv/live-animal/>

<sup>60</sup> Very High Frequency : plage de fréquence entre 30 et 300MHz, le système est généralement constitué de trois parties : un émetteur attaché à l'animal, une antenne captant le signal et un récepteur qui décode le signal à l'opérateur

<sup>61</sup> <http://www.ericl.walters.org/telemetry.pdf>

### 7.3.4 Les Bio-puces

A la différence des dispositifs de bio-téléométrie, les bio-puces stockent l'information dans des mémoires mais elle n'est pas retransmise à un récepteur (Ropert-Coudert *et al.*, 2012). L'intérêt des bio-puces est qu'elles s'affranchissent ainsi des problèmes de transmission de données, par exemple du fait d'une forte diminution du signal dans des milieux forestiers denses. Un développement technologique majeur a été celui des Global Localisation Sensors (GLS). Ce sont des systèmes miniaturisés qui collectent des mesures d'intensité lumineuse à des intervalles réguliers et permettent de calculer la position d'un individu (Ropert-Coudert *et al.*, 2012). Les GLS sont légers (5 grammes ou moins pour certains), peu chers et permettent de stocker des données sur plusieurs années. Ils ont une durée de vie plus longue que les systèmes GPS mais une plus faible résolution spatiale (quelques dizaines de kilomètres contre quelques mètres) (Ropert-Coudert *et al.*, 2012).

Les bio-puces sont utilisables sur un large rang de taxons aussi bien terrestres qu'aquatiques. Elles sont implantées sur les individus et permettent d'obtenir un flux d'information ininterrompu à la fois sur l'activité des individus, sur leur physiologie et leur environnement (Ropert-Coudert *et al.*, 2012). Afin d'obtenir des informations à une plus large échelle de temps il faut cependant des batteries plus lourdes, ce qui impacte plus fortement les individus. Les espèces ayant une morphologie et physiologie adaptée à leur environnement, l'implantation d'une puce pourrait amener à un changement de comportement, une plus forte dépense en énergie... L'implantation de bio-puces nécessite aussi de recapter l'animal, qu'il soit vivant, et que la puce soit alors toujours en état de fonctionnement, il y a ainsi un risque de perdre toutes les données (Ropert-Coudert *et al.*, 2012) Les bio-puces sont utilisées dans des projets de recherche mais également de plus en plus dans les projets de conservation (Bograd, 2010).

Du fait des limites des deux technologies présentées précédemment (téléométrie et bio-puces), une solution serait de les utiliser de façon complémentaire : disposer d'une mémoire stockant les données et d'un transmetteur permettant de les envoyer vers un récepteur (Ropert-Coudert *et al.*, 2012).

### 7.3.5 Capteurs pour la petite faune

Les capteurs pour la petite faune sont des technologies complexes. Les recommandations sont que la puce pèse moins de 10% de la masse de l'individu pour les vertébrés et moins de 5% pour les invertébrés. Ces proportions doivent cependant être adaptées aux espèces, pour celles pour lesquelles il est vital de pouvoir courir, nager, voler, les puces doivent être encore plus légères. Les capteurs pour la petite faune comprennent à la fois des méthodes de téléométrie et de bio-puces. Ropert-Coudert *et al.*, (2012), ont établi une liste non exhaustive des méthodes existantes. Des tags magnétiques, des tags passifs d'identification par radio-fréquence sont utilisables sur de courtes distances. D'autres appareils de suivi comme les radars harmoniques, les transmetteurs VHF, les transmetteurs satellites permettent la localisation des petites espèces à partir de plus grandes distances. D'autres méthodes, comme les pièges photos et vidéos, ont été utilisés sur les petites espèces pour mesurer des abondances ou connaître leur écologie. Néanmoins ces méthodes sont moins flexibles et donnent moins d'informations que les dispositifs de téléométrie ou les bio-puces (Ropert-Coudert *et al.*, 2012).

### 7.3.6 Systèmes de Capteurs acoustiques automatiques

Les signaux acoustiques sont généralement spécifiques à chaque espèce. Des méthodes d'inventaire se basent sur l'écoute de ces signaux par des observateurs. Il est de plus en plus utilisé des dispositifs qui permettent d'enregistrer ces signaux automatiquement. Ces appareils permettent de collecter un grand nombre de données de bonne qualité. Un système acoustique automatique performant doit permettre de localiser la source émettrice avec précision et permettre d'identifier l'espèce. Les systèmes acoustiques sont particulièrement utiles pour obtenir des données qualitatives et quantitatives de diversité dans des milieux difficilement accessibles. Ces méthodes sont également utilisées pour évaluer l'abondance d'une population, la qualité d'un milieu et mesurer les impacts de l'homme sur la biodiversité. Il s'agit d'une méthode non-invasive, à bas coût, facile d'utilisation, automatique et qui bénéficie des récents développements technologiques. L'identification des signaux n'est pas toujours

précise mais le développement de nouveaux algorithmes a permis d'améliorer les dispositifs. (Ropert-Coudert *et al.*, 2012)

### 7.3.7 Les pièges photos et vidéos

Comme présenté dans la partie 9.3.4.2.2, les pièges photos et vidéos peuvent être utilisés pour mesurer le passage d'individus au niveau des passages à faune. Ils permettent une identification facile de grande faune ou de groupes d'espèces de vertébrés plus petits ayant traversé mais sont coûteux, sont souvent sujet aux vols et au vandalisme, demandent un lourd traitement d'analyse des images, ils ne détectent pas tous les passages (il peut arriver par exemple que l'appareil ne se déclenche pas) et ont une portée limitée qui diminue la nuit (comm.pers Carsignol). La détectabilité de la petite faune par ces appareils photos est également faible (comm.pers Carsignol). Ils sont généralement utilisés en complément avec des pièges à traces. Une alternative plus onéreuse est celle des caméras qui résout le problème de la portée et de la détectabilité. Elles permettent également d'obtenir des données sur les comportements des individus par rapport aux passages à faune, mais sont peu utilisées du fait de leur prix. Certains appareils photos sont équipés de caméras mais qui sont de capacités moindres par rapport à une caméra normale.

Ces appareils sont aussi utilisés par rapport à d'autres problématiques que les passages à faune. Par exemple, dans le Nord du Jura Suisse, des études ont été menées sur le lynx boréal à partir d'un grand nombre de pièges photos dans une optique de Capture-Marquage-Recapture par identification photographique (Blanc *et al.*, 2012) Cette méthode a permis de calculer l'abondance de la population de Lynx boréal et de faire une analyse spatiale des activités du Lynx.

### 7.3.8 Suivi de la dispersion de la flore

La flore est généralement peu prise en compte dans les SRCE (comm.pers Archaux). Le suivi de la dispersion de la flore peut être réalisé par l'analyse de la colonisation des sites à l'aide de relevés de terrains répartis dans le temps. Une étude a par exemple été menée pour connaître la colonisation des pylônes électriques<sup>62</sup>. Un autre projet s'est intéressé à l'utilisation des bords de chemin comme voie de colonisation pour les espèces floristiques : « Rôles écologiques des routes forestières dans la conservation de la biodiversité floristique en forêt. Projet n°25 de la Convention cadre Cemagref – MEDDTL DEB ».

Les analyses de flux génétiques sont également adaptées aux espèces végétales. La synthèse bibliographique réalisée par la Fédération des conservatoires botaniques nationaux (FCBN, 2011) a permis de mettre en évidence de nombreuses études mobilisant la génétique pour étudier les besoins des populations d'espèces végétales dans une logique de réseau écologique. Par exemple : KIRCHNER F., FERDY J-B., ANDALO C., COLAS B., MORET J. (2003). Role of corridors in plant dispersal: an example with the endangered *Ranunculus nodiflorus*. *Conservation biology*. Numéro 17. Pages 401-410.

Une autre méthode consiste à suivre la dispersion de la flore par zoochorie (dissémination des graines de végétaux par un animal). Le projet « Dynamique Spatiale et temporelle d'EngRillagement en Sologne et Services Ecosystémiques<sup>63</sup> » (DYSPERSE) s'intéresse à la dispersion par endo-zoochorie (par les animaux), et épie-zoochorie (par les poils et par les sabots). Les graines sont collectées sur des animaux tués à la chasse, dans des fèces, et les données obtenues sont mises en relation avec les données sur les déplacements des animaux issues de protocoles de télémétrie (comm.pers Archaux). L'objectif est d'évaluer les déplacements effectués par les graines et d'analyser l'impact des clôtures sur les ongulés et les effets en cascade du fait du transport modifié des graines

---

<sup>62</sup><http://www.irstea.fr/la-recherche/unites-de-recherche/efno/interactions-gestion-forestiere-et-biodiversite-specifique>

<sup>63</sup> <http://dysperse.irstea.fr/>

## 7.4 Comparaison des méthodes

Sordello *et al.* (2012) ont réalisé une synthèse des avantages et inconvénients de certains dispositifs de suivi des déplacements des espèces. Les résultats sont présentés dans Tableau 4.

Il existe aussi des études opérationnelles qui comparent des différentes méthodes de suivi des déplacements des individus existents. Par exemple le projet Cuba, destiné à comparer trois outils :

- Télémétrie ;
- Capture/marquage/recapture ;
- L'outil moléculaire.

Ce projet se déroule aux environs de Dunkerque et porte sur plusieurs espèces.

## 7.5 Conclusion

Le suivi des espèces, que ce soit celui de leur état de conservation ou de leur possibilités de déplacement, connaît des avancées méthodologiques prometteuses : inventaires par ADN environnemental, protocoles de sciences participatives, télémétrie, outils moléculaire... Le groupe d'appui technique à la mise en œuvre de la Trame Verte et Bleue, étudie notamment la possibilité d'utiliser une méthode en devenir, l'outil moléculaire, dans le cadre de l'évaluation des SRCE. Néanmoins, les méthodes citées précédemment peuvent être lourdes à mettre en place pour les gestionnaires, aménageurs, collectivités... et ne sont pas toujours adaptées ou pertinentes à tous les types de situation. L'expertise naturaliste peut alors être plus efficace qu'un protocole complexe (Lois, 2012). L'évaluation de l'efficacité des actions est délicate : il faut pouvoir s'assurer que les résultats des suivis soient bien dus aux actions mises en place. Les protocoles de type « Before After Control Impact » ont été définis dans ce but, mais sont peu utilisés. D'autres solutions consistent à utiliser des méthodes d'analyses scientifiques robustes, d'analyser les facteurs, autres que la gestion, qui pourraient influencer les résultats... De plus, l'efficacité de la conservation des espèces se mesure à différentes échelles spatiales et temporelles et les effets des actions doivent être corrélés à des analyses plus larges.

	Principe	Quelques exemples	Avantages	Inconvénients
<b>Outil moléculaire</b>	Prélèvement d'ADN sur des individus puis analyses en laboratoire suivies d'une interprétation	Flux génétiques entre populations Degré de parentalité, structuration génétique, taux d'hétérozygotie, phylogénie et phylogéographie ...	Permet un diagnostic fonctionnel d'un territoire (aussi bien national, régional que local) pour des objectifs très variés Permet de déceler des échanges très ponctuels	Phase d'échantillonnage lourde et nécessitant une phase préalable de calibrage Les coûts semblent encore élevés et, en tout cas, restent un paramètre incertain
<b>Capture-Marquage-Recapture</b>	Des individus sont capturés puis marqués et relâchés. L'objectif est ensuite de parvenir à recapturer des individus marqués.	Surtout utilisée pour des paramètres populationnels (effectifs, taux de survie...), cette technique peut aussi permettre de connaître des distances parcourues par exemple par recapture de jeunes marqués avant la dispersion (utilisé chez le Lézard vivipare ou le Campagnol amphibie par exemple)	Permet théoriquement de mesurer tous les échanges (donc pas uniquement suivis d'une reproduction réussie comme l'outil moléculaire) mais reste pour autant beaucoup moins exhaustif (échanges ponctuels très dur à révéler)	Échelle relativement locale. Ne permet pas de révéler des échanges génétiques ponctuels participant pourtant au brassage (ce que peut faire l'outil moléculaire)
<b>Baguage</b>	Baguage d'individus jeunes ou adultes au nid ou en nichoirs. Puis la reprise d'individus bagués est notée.	Technique pratiquée sur les oiseaux sous la coordination du CRBPO (MNHN). Autrefois pratiquée sur chiroptères en France.	La reprise d'individus bagués permet de connaître leurs capacités de déplacements (dispersion, migration, ...) et d'autres traits de vie (cycle de vie, philopatrie, territorialité, ...)	Ne concerne que les oiseaux. Nécessite un diplôme de bagueur et le cas échéant ouverture d'un programme personnel de baguage pour certaines espèces Pas de renseignements précis sur les trajectoires ni sur le brassage génétique
<b>Collisions</b>	Relevé des cadavres sur infrastructure linéaire de transport puis analyses statistiques	Protocole expérimenté en Franche-Comté par le MNHN-SPN	Permet de localiser des voies de déplacements de la faune encore fonctionnelles mais conflictuelles avec le réseau de transport humain	Tous les groupes ne peuvent être suivis (cadavres de petite faune difficiles à détecter). Lourde en main d'œuvre (objectif de valorisation du personnel des routes) Limité à la problématique de fragmentation par les routes
<b>Collier GPS</b>	Un (ou des) individu est capturé et équipé d'un collier GPS. La localisation de l'individu est ensuite envoyée par le GPS, à intervalle de temps défini	Technique surtout utilisée sur des espèces à grand territoire difficile à suivre par d'autres méthodes (par exemple grands carnivores et grands cervidés)	Localisation très précise de l'individu (quelques mètres près), permet d'identifier les voies de déplacements réellement empruntées et d'apprendre sur le comportement de l'animal suivi	Technique lourde (capture d'individus) et coûteuse. Non opérationnel pour certains taxons (en raison du poids du GPS) Ne fournit pas d'information sur le brassage génétique effectif
<b>Photopiégeage</b>	Pose d'appareils photographiques prenant des clichés automatiquement par intervalles réguliers ou présence d'un individu	Méthode surtout utilisée sur des endroits stratégiques où le passage d'individus est pressenti ou souhaite être confirmé. Par exemple, le recours aux photopièges est fréquent pour suivre l'efficacité des ouvrages de franchissement	Permet de confirmer sans équivoque le passage d'individus  Ne demande aucune main d'œuvre une fois l'appareil posé	Adapté pour un suivi très localisé (ouvrages de franchissement par exemple) mais moins pertinent pour un suivi global à l'échelle par exemple d'un territoire
<b>Radiopistage</b>	Des individus sont capturés, équipés d'émetteurs radio puis relâchés. Ces derniers sont ensuite suivis par récepteurs radio puis localisés avec un GPS ou par triangulation	Technique très utilisée chez les chiroptères  Nombreuses autres espèces étudiées : Loure, Genette, Blaireau, Chat forestier, Vipère péliade, Cerf élaphe, Campagnol amphibie, ...	Permet de récolter des informations sur les comportements de déplacements : trajets effectivement réalisés par les individus, cycles biologiques, ...	Technique lourde : forts besoins en temps et en main d'œuvre  Pas d'information sur le brassage génétique

**Tableau 4 : Comparaison des méthodes de suivi des déplacements des espèces**  
Source : Sordello et al., 2012

## 8 Suivi et évaluation de l'efficacité des outils de préservation de la biodiversité mobilisables pour la TVB

### 8.1 Introduction

Les outils mobilisables dans le cadre de la TVB peuvent être de nature réglementaire, contractuelle, financière. Certains d'entre eux disposent de leur propre méthode de suivi et d'évaluation. Cette partie se concentre sur les dispositifs de suivi et d'évaluation des espaces naturels protégés et de certains outils d'aménagement du territoire (SCoT, PLU, SAGE).

Certains espaces naturels font obligatoirement partie de la Trame Verte et Bleue :

- Cœurs de parcs nationaux ;
- Réserves naturelles nationales ;
- Réserves naturelles régionales ;
- Réserves naturelles de Corse ;
- Réserves biologiques en forêt publique ;
- Arrêtés préfectoraux de protection de biotope ;
- Sites classés qui ont été spécifiquement et exclusivement désignés au titre du patrimoine naturel.

De plus, l'intégration des autres types d'espaces naturels doit être analysée lors de l'identification de la TVB.

Les documents d'urbanisme doivent prendre en compte les Schémas Régionaux de Cohérence Ecologique et permettent d'intégrer les enjeux relatifs aux continuités écologiques dans l'aménagement du territoire.

Tous les outils ne pouvant être présentés ici, ont été traités en priorité ceux qui font obligatoirement partie de la TVB, les espaces naturels ayant développé une méthode de suivi et d'évaluation, les principaux documents d'urbanisme et les SAGE. De plus, certains outils et leurs dispositifs d'évaluation associés sont spécifiques à certains milieux et sont présentés dans la partie 5. :

- Les sites du Conservatoire du littoral : 5.5
- Les Mesures Agroenvironnementales : 5.1
- Les cours d'eau classés : 5.3
- Les zones humides classées : 5.4
- Les espaces boisés : 5.2
- *Etc.*

Un même territoire peut être soumis à plusieurs types d'outils, par exemple un site classé peut intégrer des sites Natura 2000. Les dispositifs de suivi et d'évaluation de ces sites sont alors complémentaires. Dans le cas présenté précédemment, l'enjeu biodiversité sera suivi et évalué au travers du DOCOB alors que le suivi paysager sera inscrit dans le plan de gestion du site classé (comm.pers Esteben).

Le suivi et l'évaluation des outils identifiés peuvent prendre plusieurs formes :

- Un suivi et une évaluation de l'effet de l'outil sur le territoire;
- Un suivi et une évaluation de la gestion et des mesures;
- Un suivi de surveillance des populations, habitats, écosystèmes...

Ces différents types de suivi ne sont généralement pas menés indépendamment, cependant au vu des objectifs de l'étude, seront traités en priorité les méthodes de suivi et d'évaluation de la gestion et des mesures environnementales.

Ces méthodes ne traitent pas uniquement de l'efficacité de la gestion. L'évaluation de la pertinence, cohérence, efficacité est également intégrée dans les dispositifs présentés ci-après.

## **8.2 Les espaces naturels faisant obligatoirement partie de la Trame Verte et Bleue**

### **8.2.1 Les Réserves Naturelles**

#### **8.2.1.1 Définitions**

Il existe trois sortes de Réserves naturelles : les Réserves Naturelles Nationales (RNN), les Réserves Naturelles Régionales (RNR) et les Réserves Naturelles de Corse (RNC).

Les Réserves naturelles nationales visent à protéger des territoires dont la flore, la faune, le sol, les eaux, les gisements de minéraux, de fossiles ou le milieu naturel présentent une importance particulière. Les réserves naturelles nationales sont créées à l'initiative de l'Etat, par décret. Elles sont régies par les articles L.332-1 à L. 332-27 et R. 332- 1 à R. 332-29 et R.332-68 à R. 332-81 du Code de l'Environnement. L'acte de classement en réserve naturelle nationale peut interdire toute action susceptible de nuire au développement naturel de la faune ou de la flore ou d'altérer le caractère de la réserve<sup>64</sup>.

Fiche juridique : <http://ct78.espaces-naturels.fr/reserve-naturelle-nationale>.

Les Réserves naturelles régionales ont pour objectif de répondre aux enjeux de préservation de la faune, de la flore, du patrimoine géologique, paléontologique ou, d'une manière générale, de protection des milieux naturels qui présentent une importance patrimoniale particulière. Un territoire est classé en réserve naturelle régionale par le Conseil régional, qui intervient soit de sa propre initiative, soit à la demande du ou des propriétaires concernés. C'est le Conseil régional qui fixe les limites de la réserve, les règles applicables et la durée du classement (reconductible tacitement). Le gestionnaire élabore un plan de gestion définissant les mesures à appliquer pour assurer la protection des espaces naturels de la réserve.

Les réserves naturelles régionales sont régies par les articles L. 332-1 à L. 332-27 et R. 332-30 à R. 332-48 et R 332-68 à R. 33- 81 du Code de l'Environnement.

Fiche juridique : <http://ct78.espaces-naturels.fr/reserve-naturelle-regionale>.

Les Réserves naturelles de Corse répondent aux mêmes critères et aux mêmes objectifs de gestion que les réserves naturelles continentales. Elles sont administrées depuis 2002 par la Collectivité territoriale de Corse.

#### **8.2.1.2 Suivi et évaluation**

##### *8.2.1.2.1 Méthode*

*Réserves Naturelles de France* (association) a défini un cadre pour le suivi et l'évaluation de l'efficacité des actions entreprises dans les plans de gestion. Les modalités du suivi et de l'évaluation sont présentées dans un guide méthodologique des plans de gestion (2006). La réalisation d'un plan de gestion est une obligation depuis le décret n°2005-491 du 18 mai 2005, pris en application de la loi « démocratie de proximité » de 2002. Selon les dispositions de l'article R 332-22 du code de l'environnement, la durée du plan est de 5 ans pour les RNN. Elle n'est pas précisée pour les RNR et les RNC mais une périodicité similaire est conseillée (Chiffaut, 2006).

Dans le cadre des plans de gestion, deux évaluations sont conduites :

- une évaluation annuelle du plan de travail qui se solde par le bilan annuel d'activités ;
- une évaluation quinquennale du plan de gestion qui conduira à la rédaction d'une nouvelle version du plan pour les cinq années suivantes.

L'évaluation annuelle comprend un tableau d'état d'avancement des opérations et une note de synthèse qui doit faire état des résultats du suivi écologique et d'une critique des méthodes de suivi.

---

<sup>64</sup> <http://www.midi-pyrenees.developpement-durable.gouv.fr/presentation-des-reserves-a8605.html>

L'évaluation quinquennale est prévue pour les RNN par l'article R 332-22. Elle est vivement recommandée pour les RNR et les RNC même s'il n'existe pas de texte réglementaire à ce sujet. Elle prévoit une analyse des suivis, une évaluation de la cohérence, efficacité, pertinence des objectifs et opérations, une évaluation des moyens... (Chiffaut, 2006)

L'évaluation de l'efficacité se base sur une évaluation successive des opérations, des objectifs du plan puis des objectifs à long terme si la finesse du programme de suivi le permet (Figure 20).

<b>Objectif Principal (I) : « Restaurer et maintenir la diversité écologique de la réserve »</b>					
GH = Gestion des Habitats ; SE = Suivi Ecologique ; FA = Fréquentation, Accueil et pédagogie ; IO = maintenance des Infrastructures et des Outils ; R = Niveau de réalisation ; P = Phasage respecté					
Opérations	R	P	Suivi en place de l'opération	Résultats	Commentaires : difficulté, réorientation, amélioration...
<b>IA. Accroître les effectifs de limicoles nicheurs, notamment l'Huîtrier-pie, l'Avocette et le Gravelot à collier interrompu.</b>					
SE 01	☺	☺	-	++	Suivi essentiel qui a permis d'ajuster les niveaux d'eau en fonction des besoins et des conditions météo, et de tendre vers une salinité stable.
SE 06	☺	☺	-	+	Ce suivi a permis de prendre des mesures de régulation des prédateurs mais n'a pas été suffisamment précis pour déterminer la part de chaque espèce dans la disparition des poussins. Suivi à intégrer à l'opération de suivi de la population d'Avocettes du futur plan de gestion.
GH 02	☹	☹	Pas de suivi prévu.	0	Tâche trop ardue et résultat médiocre par rapport aux moyens mobilisés, l'opération est suspendue.
GH 10	☺	☺	SE 03	0/-	Les résultats sont peu probants.
GH 11	☺	☺	SE 06	+	Des mesures de régulation ont été prises dès 1996. Il est important de préciser le terme contrôle, la méthode d'élimination utilisée, les périodes, le responsable et les exécutants, de fixer des seuils par espèces.
GH 13	☹	-	-	0	Une zone de protection aurait été utile en 1996.

Figure 20 : Exemple de l'évaluation de l'efficacité des opérations du plan de gestion 1996-2000 RNN de la Baie de Somme

Source : Chiffaut, 2006

Réserves Naturelles de France a également élaboré des protocoles scientifiques spécifiques au suivi de certains taxons et habitats<sup>65</sup>. Ces protocoles ont été diffusés dans le réseau des Réserves Naturelles mais sont également utilisables par les autres gestionnaires.

Enfin, Réserves Naturelles de France a également développé un outil informatique de création et de gestion des bases de données naturalistes : l'outil SERENA. C'est un outil utilisé par les gestionnaires de réserves mais aussi par les gestionnaires d'autre type d'espaces naturels. L'outil vise notamment à mesurer un effet gestion (Caillot, 2013).

#### 8.2.1.2.2 Limites

Dans la pratique les gestionnaires se basent sur le guide de Chiffaut (2006) pour évaluer les plans de gestion. Néanmoins, les plans ne sont généralement pas évalués correctement (comm.pers Douard). La principale limite est que l'évaluation n'est pas prise en compte suffisamment en amont de l'élaboration du plan : elle n'est généralement réalisée qu'après la mise en œuvre du plan. De nombreux points critiques pour l'évaluation sont alors manquants : les objectifs de l'évaluation ne sont pas définis, les suivis ne sont pas mis en place, les indicateurs ne sont pas établis... Seul l'avancement du plan peut alors être évalué alors que l'évaluation de l'efficacité des opérations mises en place n'est pas réalisable. (comm.pers Douard)

<sup>65</sup> <http://www.reserves-naturelles.org/rnf/fonctionnement/protocoles-standardises>

*Réserves Naturelles de France* est actuellement en réflexion sur une nouvelle méthode de suivi et d'évaluation des plans de gestion. Se basant sur l'évaluation de la gestion des Aires Marines Protégées<sup>66</sup> (5.5.4.2), elle vise une approche moins linéaire de l'évaluation en l'intégrant en amont de l'arborescence du plan<sup>67</sup>. Cette méthode ne sera plus centrée sur les espèces mais sur des indices de fonctionnalité (comm.pers Douard).

Cette nouvelle méthode vise à être appliquée pour l'ensemble des plans de gestion des espaces naturels protégés excepté les Parcs naturels régionaux et Parcs nationaux qui basent leur évaluation sur la Charte de Parc (comm.pers Douard).

## **8.2.2 Les Parcs nationaux**

### **8.2.2.1 Définition**

A l'initiative de l'Etat, des territoires peuvent être classés en Parc national (PN), lorsqu'un milieu naturel présente un intérêt particulier et qu'il importe de le préserver de toute dégradation. Ce classement est mis en place par décret, qui est pris au vu d'un dossier soumis à enquête publique.

L'aménagement et la gestion des parcs nationaux sont confiés à un établissement public dont les administrations concernées, les collectivités locales, les scientifiques et les professionnels du milieu naturel et du tourisme, définissent les grandes orientations.

La procédure de création des parcs nationaux est définie par les articles L 331-1 et R 331.1 (et suivants) du Code de l'Environnement.

Fiche juridique : <http://ct78.espaces-naturels.fr/parc-national>

Même si les cœurs de Parcs Nationaux doivent obligatoirement être identifiés comme réservoirs de biodiversité, les PN travaillent assez peu sur la Trame Verte et Bleue. D'une part car les cœurs sont assez peu fragmentés, et d'autre part car l'aire d'adhésion est construite sur un concept voisin, la solidarité écologique<sup>68</sup> (comm.pers Landrieu).

### **8.2.2.2 Suivi et évaluation**

Le suivi et l'évaluation s'appliquent principalement à la Charte de Parc. Ce document a été instauré par la loi du 14 Avril 2006, il est juridiquement opposable aux tiers, fixe les grandes orientations de développement de l'ensemble du territoire du Parc.

L'article L.331-3 II du Code de l'environnement précise que « l'Établissement public du parc national évalue l'application de la charte et délibère sur l'opportunité de sa révision 12 ans après son approbation (...) ».

Néanmoins, du fait du caractère récent des Chartes (2006), elles n'ont pas encore été évaluées. Les parcs ont avancé à différents degrés dans leur réflexion sur le suivi et l'évaluation des Chartes. Par exemple le Parc national de la Vanoise a rédigé en 2012 un document ayant trait à l'évaluation environnementale de sa Charte. Ce document présente un état initial de l'environnement, les perspectives d'évolution du territoire en l'absence de Charte, analyse les effets probables de la mise en œuvre de la Charte sur l'environnement, définit une méthode de suivi et d'évaluation des effets de la Charte (évaluation externe et partagée basée sur des indicateurs de suivi...).

De plus, le groupe de travail « suivi et évaluation des Chartes » des Parcs nationaux de France, réfléchit actuellement à un jeu d'indicateurs communs pour le suivi et l'évaluation des Chartes (comm.pers Landrieu).

---

<sup>66</sup> <http://www.aires-marines.fr/Evaluer>

<sup>67</sup> Système d'emboîtements cohérents indispensable à la lisibilité du plan de gestion et à la définition de priorités de gestion

<sup>68</sup> <http://www.parcsnationaux.fr/Chercher-Etudier-Agir/Etudes/Etude-Solidarite-Ecologique>

## 8.2.3 Les Réserves Biologiques

### 8.2.3.1 Définition

Les Réserves biologiques (RB) constituent un outil de protection propre aux forêts publiques. Il existe deux types de réserves biologiques : les réserves biologiques dirigées et les réserves biologiques intégrales.

Les Réserves Biologiques Dirigées (RBD) sont des sites à fort intérêt patrimonial visant une gestion conservatoire active. Elles visent les milieux généralement non forestiers en fermeture (tourbières, pelouses sèches, dunes), des habitats particuliers, et la lutte contre les espèces invasives.

Les Réserves Biologiques Intégrales (RBI) sont mises en place pour habitats forestiers représentatifs, naturels ou semi-naturels. Elles reposent sur le principe de non intervention et de libre expression des processus naturels. Des zones tampons peuvent être définies. Par exemple des RBI « post-tempêtes » ont été créés dans un objectif d'observation des processus de recolonisation naturelle.

Les Réserves biologiques trouvent leur fondement juridique dans le Code forestier : L. 133-1 et R.\* 133-5 du code forestier (forêt domaniale), plus l'article L. 143-1 pour les forêts non domaniales. Les Réserves biologiques sont créées par arrêté interministériel (Ecologie et Agriculture), pour une durée illimitée.

Fiche juridique : <http://ct78.espaces-naturels.fr/reserve-biologique>.

### 8.2.3.2 Suivi et évaluation

Cette partie présente les méthodes de suivi et d'évaluation des Réserves forestières (RBD, RBI mais aussi RN). Les dispositifs de suivi et d'évaluation en milieu forestier sont présentés plus précisément dans la partie 5.2.

Un protocole de suivi commun aux différents pays européens a été élaboré dans les années 2000 : le protocole COST E4<sup>69</sup>. Ce dernier a pour objectif de caractériser et d'inventorier les réserves forestières intégrales. Cependant, le protocole COST E4 a peu été mis en place du fait de sa lourdeur : en France seules quelques réserves biologiques l'ont mis en œuvre (Malard, 2012).

En 2005, il a été développé un nouveau protocole de suivi des réserves forestières : le Protocole de Suivi Dendrométrique des Réserves Forestières. La mise en œuvre de ce protocole permet de participer à l'évaluation de l'état de conservation de la forêt étudiée mais aussi d'approfondir les connaissances sur la dynamique des peuplements dans le temps et l'espace. Le PSDRF est aussi bien mis en œuvre au sein de forêts en libre évolution qu'en peuplements gérés et exploités (Malard, 2012).

À ce jour, 82 réserves forestières ont été décrites selon le protocole PSDRF, soit 29 réserves naturelles et 53 réserves biologiques (Debaive, 2013). Près de 7 000 placettes permanentes réparties sur le territoire national, recouvrant la majorité des habitats forestiers français, ont été décrites (Debaive, 2013).

Un logiciel de saisie de terrain «dendro» a été développé en 2010 afin de faciliter la saisie des données issues du protocole. Des formations à l'utilisation de ce logiciel ont été dispensées aux gestionnaires des réserves. De plus, une plateforme de centralisation et d'analyse des données est en cours d'élaboration. Accessible par internet, elle permettra aux gestionnaires de réaliser simplement des analyses standards et personnalisées (Debaive, 2013).

Plus ancien, un protocole de suivi de la dynamique spontanée des forêts alluviales (PFA) est coordonné dans le réseau des réserves naturelles depuis 1994.

Ces trois protocoles (COSTE4, PSDRF, PFA) ont pour but de caractériser et de suivre l'évolution des forêts laissées en libre évolution. Actuellement un rapprochement entre les trois protocoles évoqués est envisagé. Il a notamment été proposé un modèle alluvial au PSDRF (Malard, 2012).

---

<sup>69</sup> [http://bfw.ac.at/100/pdf/1142\\_2.pdf](http://bfw.ac.at/100/pdf/1142_2.pdf)

### **8.2.3.3 Limites et difficultés**

Une enquête menée par Malard (2012) auprès des utilisateurs du protocole PSDRF a mis en avant les principales difficultés du protocole : densité et complexité. Le protocole est cependant apprécié par les gestionnaires.

De plus, le protocole étant récent, un état initial a pu être réalisé dans certaines réserves mais l'effet de la réserve ne pourra être analysé que lors des réévaluations, en moyenne tous les 10 ans (comm.pers. Marsteau).

## **8.2.4 Les sites classés**

### **8.2.4.1 Définition**

La procédure de classement s'applique aux monuments naturels et les sites dont la conservation ou la préservation présente, au point de vue artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque, un intérêt général.

Les objectifs du classement sont la conservation ou la préservation d'espaces naturels ou bâtis présentant un intérêt certain au regard des critères prévus par la loi (artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque). Le classement d'un monument naturel ou d'un site offre une protection renforcée en comparaison de l'inscription, en interdisant, sauf autorisation spéciale, la réalisation de tous travaux tendant à modifier l'aspect du site.

Fiche juridique : <http://ct78.espaces-naturels.fr/site-classe>

### **8.2.4.2 Suivi et évaluation**

Il est prévu qu'une évaluation soit engagée dans chaque département en suivant un programme réparti sur plusieurs années. Effectué par la direction régionale de l'environnement en liaison avec le service départemental de l'architecture, il doit permettre d'examiner l'état des sites au regard des objectifs de préservation retenus au moment de leur classement.

En pratique, tous les sites classés ne sont pas évalués. Les principaux sites suivis et évalués sont ceux classés dans le cadre de l'opération Grand Site et ceux disposant d'un plan de gestion (comm.pers. Esteben). Ces sites sont suivis au travers d'un observatoire par rapport à des enjeux d'évolution du paysage. Ces évolutions paysagères sont parfois corrélées aux actions de gestion.

## **8.2.5 Les arrêtés préfectoraux de Biotope**

Les arrêtés préfectoraux de biotope doivent obligatoirement être identifiés en tant que réservoirs de biodiversité. A ce jour le suivi et l'évaluation de l'efficacité de ces sites n'est, à notre connaissance, pas réalisé. Il pourrait cependant être intéressant de combler ce manque dans le cadre de la SCAP (comm.pers. Marsteau).

## **8.3 Les espaces naturels protégés susceptibles d'intégrer la TVB**

### **8.3.1 Les Parcs Naturels Régionaux**

#### **8.3.1.1 Définition**

Selon le Code de l'Environnement (art R. 244-1), peut être classé en Parc Naturel Régional (PNR) : « Un territoire à l'équilibre fragile, au patrimoine naturel et culturel riche et menacé, faisant l'objet d'un projet de développement, fondé sur la préservation et la valorisation du patrimoine ».

Le classement d'un territoire en Parc naturel régional (art. L. 333-1 à L. 333-4 et R. 333-1 à R. 333-16 du Code de l'Environnement) est proposé par le Conseil régional et mis en place par décret, pour une durée de 12 ans maximum renouvelable.

Les orientations et les mesures de gestion du Parc naturel régional sont définies par une charte constitutive. Elles doivent être appliquées par l'Etat et les collectivités locales adhérentes à la charte.

### **8.3.1.2 Suivi et évaluation**

#### *8.3.1.2.1 Méthode de suivi et d'évaluation*

Le suivi et l'évaluation de la gestion des PNR se fait au travers de leur charte. La charte, par ses « orientations », traduit les choix stratégiques adoptés par l'ensemble de ses signataires en matière de préservation du patrimoine, d'aménagement et de développement, et se décline en « mesures » concrètes selon les niveaux d'intervention de chacun (Parcs Naturels Régionaux de France, 1999).

Selon l'Article R333-3 du code de l'environnement modifié par le Décret n°2012-83 du 24 janvier 2012-Art.4, la charte comprend : « un dispositif d'évaluation de la mise en œuvre de la charte ainsi qu'un dispositif de suivi de l'évolution du territoire établi au regard des mesures prioritaires de la charte. Ces dispositifs indiquent la périodicité des bilans. »

La révision de la charte est fondée « sur le diagnostic (...), sur une évaluation de sa mise en œuvre et sur une analyse des effets de la mise en œuvre de ses mesures prioritaires sur l'évolution du territoire, réalisées à partir des résultats du dispositif d'évaluation et de suivi prévu (...) »

« Le syndicat mixte d'aménagement et de gestion du parc établit ces documents au plus tard deux ans avant l'expiration du classement du parc. »

La méthode de suivi et d'évaluation de la Charte se déroule sur 3 phases : élaboration, mise en œuvre et révision de la charte (Parcs Naturels Régionaux de France, 2006).

1. Suivi lors de l'élaboration de la Charte. Les objectifs sont :
  - Produire un diagnostic du territoire en caractérisant l'état initial du territoire ;
  - Rédiger la Charte qui prévoit l'évaluation en continu des projets et actions.
2. Suivi et évaluation lors de la mise en œuvre de la Charte
  - Programmer les projets et les actions et prévoir des indicateurs correspondants ;
  - Mettre en œuvre les projets et actions, tout en les évaluant et les adaptant au fur et à mesure de leur développement.
3. Suivi et évaluation lors de la révision de la Charte
  - Réaliser la synthèse des évaluations ;
  - Analyser l'évolution du territoire ;
  - Analyser de façon plus globale les effets de l'application de la Charte sur les enjeux identifiés.

#### *8.3.1.2.2 Outils pour le suivi et l'évaluation*

Le suivi mise en œuvre pour l'élaboration de la Charte alimente des bases de données et une cartographie.

Lors de la mise en œuvre de la Charte le suivi est réalisé à l'aide de trois outils : une fiche projet, un tableau de pilotage des suivis et un suivi comptable.

L'évaluation est réalisée à partir des fiches projets ou actions, grâce notamment à des indicateurs (majoritairement de réalisation et de moyens, mais aussi parfois d'impact). Une fiche comprend trois parties : présentation, mise en œuvre et suivi, évaluation (continue et finale). Les fiches sont utilisées pour compléter un tableau de pilotage qui permet d'analyser le degré de réalisation des actions. Un tableau de pilotage comprend quatre rubriques : objectifs, moyens, réalisations, analyses et perspectives. Ces outils aident notamment les parcs à produire des bilans annuels ou pluriannuels de la mise en œuvre de la Charte (Parcs Naturels Régionaux de France, 2008). Il s'agit du cadre du suivi et de l'évaluation que chacun des Parcs adapte en fonction des enjeux de son territoire (comm.pers. Favre)

Afin de faciliter la mise en œuvre de la méthode de suivi et d'évaluation de la Charte, un logiciel, « EVA », a été créé (Parcs Naturels Régionaux de France, 2012). C'est un outil informatique utilisable par l'ensemble des Parcs et modulable selon les besoins de chaque Parc. Ses objectifs sont les suivants (Parcs Naturels Régionaux de France, 2012) :

- Piloter en continu la mise en œuvre de la Charte ;
- Capitaliser des éléments de suivi et d'évaluation, facilitant ainsi la réalisation des bilans annuels d'activités et la révision de la Charte ;
- Améliorer la lisibilité des actions du Parc et de ses partenaires dans le cadre de la Charte.

Ce logiciel est de plus en plus utilisé par les Parcs et certains cherchent à y apporter des développements pour améliorer sa précision (comm.pers. Favre).

#### *8.3.1.2.3 Les limites de la méthode*

Amsallem et Calvet (2006) ont fait ressortir des limites à la méthode de suivi et d'évaluation des Parcs Naturels Régionaux. La principale limite est que la méthode est trop centrée sur la Charte ce qui empêche le Parc de prendre du recul sur son action.

En outre, Deya (2005) a identifié d'autres limites à la méthode de suivi et d'évaluation :

- « Elle est trop centralisée et globalisante, or tous les Parcs sont différents ;
- Elle est trop technique et descriptive : elle ne prend pas en compte les dynamiques politiques et externes au Parc, les objectifs transversaux ;
- Elle est longue et fastidieuse à mettre en place ;
- Elle ne permet pas d'avoir de regard sur la méthode appliquée par le Parc, ce qui permettrait de comprendre pourquoi certains objectifs ne sont pas atteints ;
- Elle ne permet d'évaluer que l'action du syndicat mixte, et non pas l'action des partenaires ;
- Elle ne permet pas de faire le lien avec l'évolution du territoire (laquelle est par ailleurs très difficile à mesurer, même avec la mise en place d'indicateurs) ».

### **8.3.2 Les sites Natura 2000**

#### **8.3.2.1 Présentation de l'outil**

Les sites Natura 2000 sont définis par rapport à deux directives européennes déclinant la Convention de Berne :

- La Directive Oiseaux (1979). Elle implique la désignation de Zones de Protection Spéciales pour la protection des oiseaux européens (en particulier pour les espèces menacées et les espèces migratrices) ;
- La Directive Habitats-faune-flore (1992). Elle implique la désignation de Zones Spéciales de Conservation pour la protection des habitats, de la faune et de la flore européenne.

Les objectifs généraux des sites Natura 2000 sont le maintien d'un bon état de conservation, assurer une bonne gouvernance et faire prendre conscience des enjeux de la biodiversité.

La gestion de chaque site est confiée à un opérateur (commune, collectivité locale, établissement public, associations...) qui rédige un Document d'objectif (DOCOB).

Le DOCOB contient :

- Une présentation du site et de l'état de conservation des espèces et habitats présents ;
- Les objectifs de développement durable ;
- Les propositions de mesures pour atteindre les objectifs sur 6 ans ;
- La liste des engagements faisant l'objet de la charte ;
- Les modalités de suivi des mesures proposées.

#### **8.3.2.2 Suivi et évaluation**

##### *8.3.2.2.1 Méthode de suivi et d'évaluation*

Plusieurs types de méthodes de suivi et d'évaluation existent dans le cadre de l'outil Natura2000 : évaluation de l'état de conservation des habitats à l'échelle biogéographique et à l'échelle des sites, évaluation des MAET, suivi et évaluation des DOCOB. Cette partie s'intéresse à l'évaluation des DOCOB. L'évaluation de l'état de conservation des habitats et le suivi et l'évaluation des MAET sont traités respectivement dans les parties 6. et 5.1.5.4.

Les propos qui suivent s'appuient principalement sur un guide méthodologique d'élaboration des Docob rédigé par l'ATEN (Souheil *et al.*, 2011).

Le suivi et l'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000 sont prévus dans les articles R. 414-11 et R. 414-8-5 du Code de l'environnement :

- l'article R. 414-11 prévoit que le Docob comprenne : « Les modalités de suivi des mesures projetées et les méthodes de surveillance des habitats et des espèces en vue de l'évaluation de leur état de conservation ».
- l'article R. 414-8-5 précise le suivi de la mise en œuvre du Docob et l'évaluation de l'état de conservation des habitats et des espèces :  
« I. - Le comité de pilotage Natura 2000 suit la mise en œuvre du document d'objectifs. A cette fin, la collectivité territoriale ou le groupement ou, à défaut, le service de l'Etat qui lui a été substitué, lui soumet au moins tous les trois ans un rapport qui retrace les mesures mises en œuvre et les difficultés rencontrées et indique, si nécessaire, les modifications du document de nature à favoriser la réalisation des objectifs qui ont présidé à la désignation du site, en tenant compte, notamment, de l'évolution des activités humaines sur le site.  
II. - Le préfet ou, le cas échéant, le commandant de la région terre, évalue périodiquement l'état de conservation des habitats naturels et des populations des espèces de faune et de flore sauvages qui justifient la désignation du site (...) ».

Le suivi et l'évaluation du Docob se déroule en 3 temps :

- lors de la phase d'élaboration du Docob : la rédaction du Docob doit être précise et cohérente pour en faciliter l'évaluation
- lors de la phase de mise en œuvre : l'évaluation chemin faisant sert à identifier le sens pris par le projet, faire un inventaire des actions réalisées et les ajuster si nécessaire. Ce suivi s'appuie sur des outils de pilotage et de « reporting » (tableaux de bord, cartographie...).
- lors de la phase de bilan : l'évaluation finale a lieu sans périodicité prédéfinie (les Docob ne sont pas soumis à révision périodique, elle dépend de la décision du préfet). Les objectifs de l'évaluation au stade du bilan sont les suivants :
  - récapituler l'ensemble des actions mises en œuvre et obtenir ainsi la mesure du chemin parcouru ;
  - apprécier plus précisément l'impact des mesures, et plus globalement du projet, sur le site ;
  - évaluer les évolutions du site dans son contexte (les facteurs d'influence, internes ou externes) ;
  - formuler les enseignements de la gestion passée, notamment en ce qui concerne les suivis et l'amélioration des connaissances sur le site ;
  - proposer des modifications du Docob, au regard de l'application des mesures et de l'évolution éventuelle des enjeux.

Toutes les mesures sont concernées par le bilan-évaluation : gestion des habitats et espèces, amélioration des connaissances, gestion transversale du site, conduite du projet (communication, information, adhésion territoriale...).

L'évaluation se fait à l'aide d'indicateurs (moyens, réalisation, résultats, impacts...), de tableaux de synthèse (Figure 21).

L'évaluation doit être à la fois annuelle et pluri-annuelle. Cette dernière implique un bilan des actions, une analyse des actions, une mise à jour des connaissances du site, une modification du Docob si nécessaire.

	Habitats Natura 2000 concernés	Espèces Natura 2000 concernées	Espèces patrimoniales concernées	Pratiques agricoles observées ou potentielles					Fréquentation/tourisme
				Fauche	Pâturage		Traitement sanitaires du bétail et des cultures	Engrais	Pompes agricoles
Habitats et espèces des prairies humides	6410	Azuré de la sanguisorbe (1) Damier de la succise (1) Vertigo angustior (1)	<i>Gentiana pneumonanthe</i> (1) <i>Thalictrum simplex</i> L. subsp. <i>Bauhini</i> (1)	☹️ Élimine la litière (habitat de <i>V. angustior</i> ). Risques de destruction des pontes et chenilles.	😊 Limite le développement des roseaux et des ligneux	☹️ Élimine la litière (habitat de <i>V. angustior</i> ). Les plantes hôtes de l'Azuré de la sanguisorbe et du Damier de la succise sont consommées	😊 Limite le développement des roseaux et des ligneux	☹️ Impact des molécules biocides sur la faune et la flore	☹️ Risques d'eutrophisation
Chauves-souris		Barbastelle	Noctule de Leisler Pipistrelle de Kuhl Molosse de Cestoni	😊			☹️ Impact des molécules biocides sur la faune et la flore	😊	😊
Oiseaux		Pie-grièche écorcheur (2)	Fulgule morillon (1) Tarier des prés (1)	😊😊		😊😊	☹️ Impact des molécules biocides sur la faune et la flore	😊☹️	☹️

En gras les habitats et les espèces des annexes I et II de la DHFF.

Importance de l'habitat pour l'espèce :

- 1 Habitat principal (ou important pour l'espèce)
- 2 Habitat secondaire

Effets :

☺️ = Positifs

😊 = Sans grande influence

☹️ = Négatifs

? = effets inconnus (connaissance de l'écologie de l'espèce insuffisantes)

Echelle de temps

CT = effet agissant à Court terme (se compte en années)

MT = effet agissant à Moyen terme (se compte en dizaines d'années)

LT = effet agissant à Long Terme (se compte en centaines d'années)

Figure 21 : Exemple d'un tableau d'évaluation

Source : Souheill et al. 2012, annexe 4

### 8.3.2.2 Outil de suivi et d'évaluation

Un outil de suivi des Docob a été développé : SUDOCO. C'est une base de données informatique qui vise à constituer un tableau de bord de la mise en œuvre des Docob<sup>70</sup>. L'outil vise à faciliter les bilans périodiques et l'évaluation des Docob en vue de leur révision. A l'heure actuelle, il manque encore de données pour que ce logiciel soit exploitable (Bensettiti, 2012).

### 8.3.2.3 Limites du suivi et de l'évaluation des Docob

L'étude a fait ressortir certaines difficultés pour la mise en œuvre du suivi et de l'évaluation des Docob.

Les situations sont très inégales en fonction des sites N2000. Des indicateurs sont parfois définis mais beaucoup de Docob n'ont encore établi aucun moyen de suivi et d'évaluation. De nombreux Docob n'ont été rédigés que très récemment ou ne sont pas encore mis en œuvre. La priorité est alors donnée aux actions (comm.pers Mateu), notamment du fait de contraintes budgétaires, et très peu de suivi et d'évaluation sont mis en œuvre.

En outre, actuellement, les informations contenues dans les Docob sont insuffisantes. Les cartographies sont trop imprécises pour être exploitables pour l'évaluation. Les inventaires peuvent également se révéler être très imprécis... (comm.pers Mateu).

## 8.4 Suivi et évaluation des documents d'urbanisme

Pour contribuer à la préservation et la remise en bon état de la biodiversité, la Trame verte et bleue, construite pour et autour des continuités écologiques, doit s'affirmer comme un des volets du projet d'aménagement durable du territoire. Elle doit permettre d'inscrire les décisions d'aménagement du

<sup>70</sup> <http://www.espaces-naturels.fr/Natura-2000/Mise-en-oeuvre-des-Docobs/SUDOCO-I-outil-informatique-de-SUivi-des-DOCOb>

territoire (projets, documents de planification, ...) dans une logique de cohérence écologique. Documents de planification et projets des collectivités territoriales doivent ainsi prendre en compte les SRCE. L'enjeu de préservation et de remise en bon état des continuités écologiques doit être pris en compte dans les SCOT et les PLU (inscription dans le code de l'urbanisme).

#### 8.4.1 Législation sur le suivi et l'évaluation dans les documents d'urbanisme

**La loi solidarité et renouvellement urbains (SRU)** du 13 décembre 2000 a renouvelé en profondeur la planification locale en créant les SCOT et PLU. La loi SRU et ses décrets d'application ont également posé les bases d'une évaluation au regard de l'environnement pour tous les SCOT et PLU, en prévoyant que le rapport de présentation comporte un état initial de l'environnement, une évaluation des incidences des orientations sur l'environnement et un exposé de la manière dont le schéma ou plan prend en compte le souci de sa préservation et de sa mise en valeur (CGDD, 2011).

Postérieurement à la loi SRU, **la directive européenne de juin 2001 relative à l'évaluation des incidences de certains plans et programmes sur l'environnement** (directive EIPPE) a introduit une évaluation environnementale des plans et programmes, dont les documents d'urbanisme font partie. Elle a renforcé et précisé le contenu attendu de l'évaluation, et introduit la consultation spécifique d'une autorité environnementale. La traduction en droit français de cette directive par l'ordonnance du 3 juin 2004 et le décret du 27 mai 2005, (accompagnée d'une circulaire du Ministère en charge de l'équipement du 6 mars 2006) prévoit que l'évaluation environnementale soit intégrée au rapport de présentation des documents d'urbanisme. Elle a précisé les documents de planification locaux soumis à cette évaluation : DTA, SCOT et certains PLU, selon i) l'importance de la commune, ii) l'ampleur des projets de développement, iii) le risque d'incidences sur des sites Natura 2000. Tous les autres PLU restent concernés par l'évaluation telle qu'elle était prévue par la loi SRU (CGDD, 2011).

**Le Grenelle de l'environnement** étend le champ de l'évaluation à certaines cartes communales et élargit le champ des PLU concernés par une évaluation au sens de la directive EIPPE.

Suite à la loi Grenelle, l'évaluation environnementale des documents d'urbanisme a fait l'objet d'un nouveau décret paru au journal officiel le 25 août 2012<sup>71</sup> (Décret n° 2012-995 du 23 août 2012 relatif à l'évaluation environnementale des documents d'urbanisme). Ce décret fait également suite à la mise en demeure de la France par la Commission européenne pour transposition incomplète et incorrecte de la directive EIPPE<sup>72</sup>. Ce texte, entré en vigueur le 3 Février 2013, détermine la liste des documents d'urbanisme soumis de manière systématique à évaluation environnementale et ceux qui peuvent l'être sur décision de l'autorité environnementale après un examen au cas par cas. *"Toutefois, les documents d'urbanisme dont la procédure d'élaboration ou de révision sera particulièrement avancée à cette date (...) ne seront pas soumis aux nouvelles règles d'évaluation environnementale"* selon le ministère.

Selon Arnaud Gossement<sup>73</sup> (2013) ce décret est important « en ce qu'il nous met sur la voie d'une évaluation environnementale stratégique, ce qui est dans l'intérêt tant de la protection de l'environnement que du développement des projets industriels ou d'infrastructures. L'évaluation environnementale projet par projet a des limites. Prendre du recul, s'élever à l'échelle d'un territoire plus vaste - la région par exemple - permet d'avoir une vision plus globale de l'environnement mais aussi de débattre du caractère acceptable de telle ou telle industrie ou politique de transport, d'aménagement du territoire, d'urbanisme, susceptible d'avoir une incidence environnementale. »

Ces décrets entrent dans un cadre plus large de la réforme de l'évaluation environnementale qui concerne également les projets d'aménagement comme les Infrastructures Linéaires de Transport par exemple le «décret n° 2011-2019 du 29 décembre 2011 « portant réforme des études d'impact des

<sup>71</sup> [http://www.legifrance.gouv.fr/jopdf/common/jo\\_pdf.jsp?numJO=0&dateJO=20120825&numTexte=8&pageDebut=13811&pageFin=13815](http://www.legifrance.gouv.fr/jopdf/common/jo_pdf.jsp?numJO=0&dateJO=20120825&numTexte=8&pageDebut=13811&pageFin=13815)

<sup>72</sup> <http://www.actu-environnement.com/ae/news/urbanisme-documents-Scot-PLU-evaluation-environnementale-16443.php4>

<sup>73</sup> <http://www.arnaudgossement.com/archive/2012/08/28/une-nouvelle-etape-de-la-reforme-de-l-evaluation-environnementale.html>

projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements ». Cette réforme rapproche la législation sur l'environnement de celle sur l'urbanisme.

## **8.4.2 Dispositifs de suivi et d'évaluation des documents d'urbanisme**

L'évaluation des documents d'urbanisme mentionnés dans le décret n° 2012-995 du 23 août 2012 s'articulent autour de dispositions communes. Sont traités en particulier les cas des SCoT et des PLU.

### **8.4.2.1 Suivi et évaluation des SCoT**

Le suivi et l'évaluation de l'efficacité du SCoT se fait au sens « procéder à une analyse des résultats de l'application du SCoT », qui est obligatoire tous les 6 ans (article L.122-14 du Code de l'urbanisme). Cette évaluation se fait obligatoirement par la définition d'un système d'indicateur. Le rapport de présentation doit préciser : « Les indicateurs qui devront être élaborés pour l'évaluation des résultats de l'application du schéma prévue à l'article L.122-14, notamment en ce qui concerne l'environnement... » (Décret du 29 février 2012, relatif aux documents d'urbanisme).

Une étude menée par la Certu et ses partenaires (Morain, 2012) présente les dispositions prises pour définir le cadre d'évaluation des SCoT et les indicateurs. L'analyse fait ressortir que :

- La plupart des SCoT étudiés mettent en place des indicateurs de suivi après approbation du SCoT. Ces indicateurs ont pour objectif de mesurer les impacts des orientations générales et des prescriptions du schéma de cohérence en analysant notamment les évolutions du territoire concerné ;
- Plusieurs SCoT attendent la phase de bilan obligatoire prévue par le Code de l'urbanisme pour s'intéresser à un suivi-évaluation effectif. Le suivi ne se fait donc pas dans un objectif d'actions correctives d'année en année ;
- Les SCoT étudiés semblent plus enclins à surveiller des enjeux « nouveaux » tels que ceux de la consommation d'espaces ou d'objectifs de densité, que des enjeux de protection souvent déjà en place ;
- L'observation n'est pas uniquement réalisée par des indicateurs mais se complète le plus souvent d'études ciblées complémentaires ;
- Généralement une liste d'indicateurs est suivie. Ils sont ensuite hiérarchisés en fonction de questions clés ;
- Les indicateurs sont généralement définis par rapport à des enjeux d'habitat, d'occupation du sol, d'environnement, de développement économique, de déplacements ;
- L'évaluation se fait en interne ou en appui par une agence d'urbanisme ;
- Des démarches de suivi inter-SCoT sont parfois mises en place ;
- Il y a un manque de moyens dédiés au suivi et à l'évaluation ;
- Quelques SCoT ont mis en œuvre des Comités de suivi ;
- Généralement il y a peu de valorisation des démarches de suivi et d'évaluation.

Certains SCoT ont mis en place des outils de suivi particuliers. Par exemple le SCoT de l'agglomération d'Orléans a mis en place un observatoire photographique, un observatoire des sites à enjeux... Le SCoT du Pays de Rennes introduit la notion d'indicateurs qualitatifs, notamment basés sur l'observation des paysages le long des routes.

D'autres études analysent la mise en œuvre du suivi et de l'évaluation des SCoT. Par exemple, un rapport de la DIREN Languedoc-Roussillon qui propose une méthodologie pour l'évaluation, préconise l'utilisation de grilles d'indicateurs ainsi que de grilles de questionnement (Bost, 2008).

### **8.4.2.2 Suivi et évaluation des Plans Locaux d'Urbanisme**

Certains PLU sont soumis à évaluation environnementale :

- Les plans locaux d'urbanisme dont le territoire comprend tout ou partie d'un site Natura 2000 ;

- Les plans locaux d'urbanisme couvrant le territoire d'au moins une commune littorale au sens de l'article L. 321-2 du code de l'environnement ;
- Les plans locaux d'urbanisme situés en zone de montagne qui prévoient la réalisation d'une unité touristique nouvelle soumise à autorisation en application de l'article L. 145-11.

Certains PLU susceptibles d'avoir une incidence sur l'environnement feront l'objet d'une étude environnementale au cas par cas.

L'évaluation des PLU doit présenter les mesures envisagées pour éviter, réduire et, si possible, compenser s'il y a lieu, les conséquences dommageables du PLU sur l'environnement et présenter les modalités de suivi. De même que pour les SCoT, l'évaluation des PLU doit se baser sur un système d'indicateur. Le PLU fera l'objet d'une analyse des résultats au plus tard 10 ans après l'approbation.

L'évaluation contient également un état initial de l'environnement, une analyse des incidences probables sur l'environnement, une explication des raisons qui justifient le choix opéré pour établir le plan d'aménagement et de développement durable par rapport aux objectifs de protection de l'environnement établis.

#### **8.4.2.3 Limites du suivi et de l'évaluation**

Du fait que la réglementation sur l'évaluation environnementale des Documents d'urbanisme est encore très récente, très peu de ces documents, à notre connaissance, ont à l'heure actuelle déjà réalisé une évaluation de leurs effets sur l'environnement. C'est lors de la révision de ces documents qu'il pourra être rendu compte de la nature et de l'efficacité de cette évaluation (comm.pers Mateu).

Le suivi et l'évaluation est parfois réalisée « chemin faisant », mais dans le cas de nombreux SCoT, il est préféré d'attendre la phase de révision pour mettre en place une évaluation. De plus, le suivi et l'évaluation des documents d'urbanisme souffrent d'un manque de moyens. (Morain, 2012)

## **8.5 Suivi et évaluation des Schéma d'Aménagement de la Gestion des Eaux**

Le suivi et l'évaluation des SAGE s'inscrit dans la réglementation sur l'évaluation environnementale définie par la Directive 2001/42/CE relative à l'évaluation des incidences de certains plans et programmes sur l'environnement, et les articles L122-4 et suivants et R122-17 et suivants du Code de l'Environnement (8.4.1). Cette réglementation s'applique également aux SDAGE et à d'autres documents. Un rapport d'évaluation environnemental contient :

- Une présentation du plan et de son articulation ;
- Un état initial de l'environnement et son évolution ;
- Les incidences du plan ;
- Une justification du plan et des choix faits ;
- Les mesures pour éviter, réduire et compenser ;
- Une proposition d'un protocole de suivi ;
- Un résumé non technique.

Dans le cas des SAGE, la mise en œuvre opérationnelle et réglementaire s'accompagne en plus d'un tableau de bord de suivi et d'évaluation. Outre l'affichage d'un ensemble d'indicateurs pour le suivi régulier des actions dans le cadre du SAGE, le tableau de bord doit servir de cadre de l'évaluation de l'efficacité des actions engagées, et d'analyser l'apport du SAGE dans la gestion durable de la ressource en eau. Par ailleurs, le tableau de bord permet d'orienter les décisions dans le cadre de la phase de révision du SAGE.

## 8.6 Autres outils mobilisables dans le cadre de la TVB

Les outils mobilisables pour la TVB sont nombreux. Tous ne peuvent pas être présentés. La partie qui suit s'intéresse à certains outils intéressants qui peuvent s'articuler avec la TVB et pour lesquels des dispositifs de suivi et d'évaluation ont été mis en place.

### 8.6.1 Evaluation des projets territoriaux de développement durable et d'agenda 21

« L'agenda 21 local est un processus multisectoriel et participatif destiné à atteindre les buts de l'agenda 21 au niveau local et au moyen de la préparation et de la mise en œuvre d'un plan stratégique d'action sur le long terme, plan qui traite des enjeux locaux et prioritaires de développement durable<sup>74</sup> »

Un agenda 21 local peut être un levier pour mettre en place la Trame Verte et Bleue sur un territoire. Plusieurs guides ont été élaborés pour le suivi et l'évaluation de ces projets.

Le MEDDE a proposé un référentiel pour le suivi et l'évaluation des projets territoriaux de développement durable et des agendas 21 locaux. Ce référentiel répond à une demande forte des acteurs locaux, qui souhaitent disposer d'un outil partagé, suffisamment souple et évolutif, pour leur permettre d'évaluer la pertinence et la portée de leurs stratégies de développement durable. Il s'agit d'un outil internet<sup>75</sup>, en libre accès, qui, en fonction des finalités recherchées, propose des questions stratégiques, des indicateurs clés et des indicateurs secondaires.

Dans un document « projets territoriaux de développement durable et agendas 21 locaux », le MEEDDE affirme qu'il est important de différencier trois niveaux d'évaluation d'un projet territorial de développement durable :

- le territoire ;
- la stratégie territoriale ;
- les actions.

Le référentiel du MEDDE présenté précédemment s'intéresse au deuxième niveau, la stratégie territoriale. Rhône-Alpes Energie-Environnement a proposé une méthode d'évaluation portant sur le troisième niveau, c'est-à-dire les actions. La méthode repose sur l'évaluation participative des projets territoriaux d'aménagement et des agendas 21 locaux. Le choix est laissé libre aux participants à l'étude pour orienter leur démarche de suivi et d'évaluation. (Basset et Szerb, 2010). Le processus repose sur la mise en place d'une instance participative en charge de l'évaluation d'un thème, d'un programme d'actions ou d'une action. « Le principe est de faire émerger un avis évaluatif, puis des recommandations, de la confrontation de différents points de vue sur un même objet (regard des opérateurs, des bénéficiaires, regard expert, etc.). Il s'agit de s'appuyer sur un travail co-élaboratif qui suscite l'émergence d'une intelligence collective. » (Basset et Szerb, 2010).

L'Observatoire National des agendas 21 locaux et des pratiques territoriales de développement durable a dédié un thème de son site internet à l'évaluation :

<http://observatoire-territoires-durables.org/spip.php?mot162>

### 8.6.2 Suivi et évaluation des Plans Nationaux d'Actions

Les plans nationaux d'actions (PNA) sont des programmes visant à s'assurer du bon état de conservation de l'espèce ou des espèces menacées auxquelles ils s'intéressent. Des actions sont mises en œuvre qui visent les populations et leurs milieux. Ils ont également pour objectif de faciliter

<sup>74</sup> <http://observatoire-territoires-durables.org/spip.php?article1085>

<sup>75</sup> <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Le-referentiel-pour-l-evaluation-.html>

l'intégration de la protection de l'espèce dans les politiques sectorielles<sup>76</sup>. Le plan national d'action se décline annuellement en un programme d'actions, qui fait l'objet de déclinaisons régionales.

Un plan national d'action est ainsi une stratégie de moyen-terme et les actions conduites dans les PNA sont de trois types :

- Les études et suivis pour améliorer les connaissances sur la biologie et l'écologie de l'espèce ;
- Les actions de conservation ou de restauration des habitats et des populations ;
- Les actions d'information et de communication.

Les Plans Nationaux d'Action s'articulent autour d'autres politiques et notamment la Trame Verte et Bleue.

Un circulaire de 2008<sup>77</sup>, complété en 2009<sup>78</sup> définit un cadre pour le suivi et l'évaluation des Plans Nationaux d'actions.

La réalisation de l'évaluation se déroule en deux temps :

1. La réalisation du bilan technique du plan. Ce bilan comprend le bilan technique et financier des actions du plan. Chaque année, l'opérateur réalise un bilan de la mise en œuvre des actions du plan, sous le contrôle de la DREAL coordinatrice. Un comité de pilotage propose des orientations stratégiques et budgétaires. Il doit effectuer le suivi et l'évaluation de la réalisation et des moyens financiers du plan. Il fixe également les actions prioritaires à mettre en œuvre. Le comité redéfinit annuellement, en fonction du bilan de l'année écoulée, les actions à mettre en œuvre pour l'année à venir.
2. La réalisation de l'évaluation du plan qui est confiée à un prestataire extérieur après appel d'offres. Cette évaluation prend la forme d'un bilan-analyse du plan. L'évaluation doit répondre globalement aux deux thèmes suivants :
  - L'efficacité, en cherchant à vérifier si les objectifs poursuivis ont été atteints, notamment en regard de l'état de conservation des espèces.
  - La performance, en analysant si les objectifs poursuivis sont bien adaptés aux problèmes auxquels ils s'appliquent. La durée moyenne d'un plan national d'action est de cinq ans. C'est à l'issue de cette échéance que l'évaluation est conduite. Le PNA peut alors faire l'objet d'une évolution et d'une reconduction.

Cependant, le cadre défini par les circulaires de 2008 et 2009, laisse une certaine liberté pour le suivi et l'évaluation des Plans Nationaux d'Actions, il permet ainsi d'adapter la démarche aux enjeux spécifiques de chaque plan (comm.pers Boudarel).

De plus, certains Plans Nationaux d'Actions ont montré que l'articulation entre suivis nationaux et veille locale est possible (Vanappelghem *et al.*, 2013). En particulier, le PNA Odonates au travers du programme de Suivi Temporel des Libellules permet de répondre à des questions aux deux échelles : nationales (quel est l'état de santé global des libellules ?) et locales (quels effets de la gestion d'un étang sur les libellules ?). Cette articulation a été rendue possible grâce à la gouvernance mise en place qui regroupe gestionnaires, statisticiens et odonatologues (Vanappelghem *et al.*, 2013). Le programme national a été une opportunité pour mettre en place des suivis réguliers à l'échelle locale, du fait que le choix du site, de la saison de suivi, du temps et du périmètre de prospection soient laissés libres à l'observateur (Vanappelghem *et al.*, 2013).

Enfin, les Plans Nationaux d'Actions peuvent intégrer en tant qu'action, le suivi et l'évaluation de l'efficacité de certaines mesures environnementales. C'est par exemple le cas du Plan National

---

<sup>76</sup> <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Comment-sont-elabores-les-plans.html>

<sup>77</sup> [http://www.auvergne.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Circulaire\\_Cadrage\\_cle598d92.pdf](http://www.auvergne.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Circulaire_Cadrage_cle598d92.pdf)

<sup>78</sup> [http://www.auvergne.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/circulaire\\_pna\\_especes\\_menacees\\_090908\\_cle5c563d-1.pdf](http://www.auvergne.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/circulaire_pna_especes_menacees_090908_cle5c563d-1.pdf)

d'Actions en faveur des Chauve-souris<sup>79</sup> qui prévoit d' « Evaluer l'efficacité de systèmes de réduction d'impact des infrastructures de transport ».

## 8.7 Conclusion

Les espaces naturels protégés, documents d'urbanisme, SDAGE, SAGE qui intègrent ou prennent en compte la politique de Trame Verte et Bleue disposent généralement de leur propre cadre et outils pour le suivi et l'évaluation de leur efficacité. Néanmoins, de nombreux espaces naturels et documents d'urbanisme sont en cours de définition de leurs orientations et objectifs, et n'ont donc pas encore appliqués ces cadres pour le suivi et l'évaluation. Il ressort également de cette partie, la réflexion qu'est en train de mener l'organisme Réserves Naturelles de France, pour définir un nouveau cadre du suivi et de l'évaluation des plans de gestion basé sur celui des Aires Marines Protégées, et qui serait applicable pour l'ensemble des gestionnaires d'espaces naturels (excepté les PNR et Parcs Nationaux).

## 9 Suivi et évaluation des projets d'aménagement

### 9.1 Introduction

Les projets d'aménagement du territoire ont de forts impacts sur l'environnement. La réglementation a introduit l'obligation de réaliser des études d'impact de ces projets sur l'environnement. Cette réglementation a connu de nombreuses évolutions pour tenter de minimiser ces impacts. Récemment, il a été rendu obligatoire la compensation des impacts de ces projets s'ils n'ont pu être évités ou réduits. La réglementation instaure également que l'efficacité de ces mesures compensatoires doit être évaluée. C'est ce dont il est traité dans une première partie. Puis, sera analysé le cas particulier des dispositifs de suivi et d'évaluation dans le cadre des infrastructures de transports, des projets qui impactent fortement les continuités écologiques.

### 9.2 Suivi et évaluation des mesures compensatoires des projets d'aménagement

#### 9.2.1 Objectifs et principes la doctrine Eviter, Réduire, Compenser

La séquence « Eviter-Réduire-Compenser » a été actée dans une doctrine de Mars 2012<sup>80</sup>. Elle s'applique à tout projet touchant à la biodiversité et aux milieux naturels. Il s'agit en premier lieu de chercher à éviter les impacts sur l'environnement, y compris au niveau des choix fondamentaux liés au projet (nature du projet, localisation, voire opportunité). Cette phase est essentielle et préalable à toutes les autres actions. Ce sont tout d'abord les atteintes aux enjeux majeurs qui doivent être évitées (biodiversité remarquable, principales continuités écologiques, services écosystémiques clés). Les mesures visant à la réduction des impacts ne viennent que dans un second temps dès lors que les impacts négatifs sur l'environnement n'ont pu être pleinement évités. La réduction des impacts se fait moyennant " *la mobilisation de solutions techniques de minimisation de l'impact à un coût raisonnable*"<sup>72</sup> pour ne plus constituer que des " *impacts négatifs résiduels les plus faibles possibles*". Et lorsque l'on constate des impacts résiduels il est nécessaire de mettre en place des mesures compensatoires qui doivent permettre de maintenir voire, le cas échéant, d'améliorer la qualité environnementale des milieux naturels concernés. Les mesures compensatoires doivent être " *au moins équivalentes*", " *faisables*" et " *efficaces*" (MEDDTL, 2012).

C'est en ce sens et compte-tenu de cet ordre que l'on parle de la séquence « éviter, réduire, compenser ».

<sup>79</sup> <http://www.plan-actions-chiropteres.fr/>

<sup>80</sup> <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/doctrineERC-vpost-COPIL6mars2012vdef-2.pdf>

## 9.2.2 Le principe d'équivalence écologique

Le concept d'équivalence écologique repose sur la mesure d'une Perte de Biodiversité (P) due aux impacts des projets et celle d'un Gain (G) apporté par les mesures compensatoires. L'équivalence écologique nécessite  $G \geq P$ . C'est un concept utilisé dans un objectif d'identité entre l'action compensatoire et l'impact résiduel qu'elle a vocation à compenser (Quétier *et al.*, 2012).

Plusieurs indicateurs peuvent être développés pour chaque enjeu lié au projet. Pour chaque enjeu, les indicateurs utilisés pour mesurer les gains doivent être les mêmes que ceux utilisés pour mesurer les pertes (Quétier *et al.*, 2012). Ils doivent de plus être pertinents par rapport aux objectifs de la mesure compensatoire. Il convient de se demander quelle serait l'évolution de l'indicateur en l'absence d'impact (sur le site impacté) et son évolution en l'absence de compensation (sur le site candidat à l'action de compensation).

Suite à l'évaluation des gains et des pertes, l'objectif est le dimensionnement de la mesure compensatoire (Quétier *et al.*, 2012), c'est à dire évaluer le nombre d'actions nécessaires pour atteindre l'équivalence écologique.

Néanmoins cette approche pose encore de nombreuses questions et difficultés : comment calculer les pertes et lesquelles considérer sachant qu'une mesure exhaustive de celles-ci est impossible ? Quelle biodiversité mesurer et comment ? Comment développer des indicateurs appropriés ? (Quétier *et al.*, 2012)

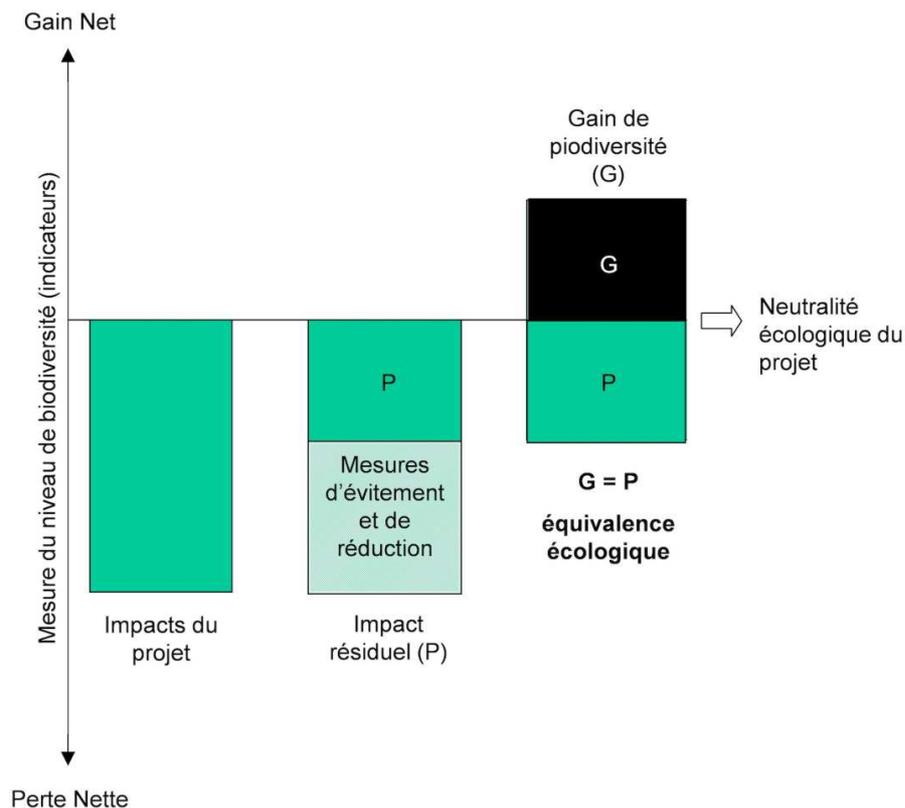


Figure 22 : Schéma conceptuel de la séquence éviter-réduire-compenser (ERC).

Source : Quétier, 2012

### 9.2.3 Articulation entre la séquence « éviter, réduire, compenser » et la Trame Verte et Bleue

Le manque de connaissances de la répartition des espèces dans un territoire incite le maître d'ouvrage à s'appuyer sur les cartographies existantes de statut de protection (Natura 2000, réserves naturelles...) ou d'inventaires comme les ZNIEFF (Vanpeene *et al.*, 2013). Les maîtres d'ouvrage s'appuient sur des enjeux patrimoniaux, en considérant qu'en dehors de ces espaces, la biodiversité est sans enjeu. Dorénavant la Trame Verte et Bleue représente un des enjeux de la séquence « Eviter-Réduire-Compenser » qui s'intéresse aux perturbations portant sur les flux biotiques (Vanpeene *et al.*, 2013). Avec sa mise en œuvre c'est également la biodiversité ordinaire et son fonctionnement que les aménageurs devront prendre en compte. Cela imposera une vision plus systémique des impacts d'une infrastructure (Vanpeene *et al.*, 2013). Le maître d'ouvrage devra mener une étude fine des impacts de son projet sur les continuités écologiques locales même non identifiées à l'échelle de la région.

Il existe encore des lacunes sur la compensation d'impacts sur les continuités écologiques.

Faute d'avoir une connaissance suffisante de la répartition des espèces et de leurs capacités de déplacement, il manque également de connaissances sur la fonctionnalité des milieux. Seuls les points de blocage sont mieux connus (seuils infranchissables pour les cours d'eau, infrastructures clôturées...).

Enfin, au-delà de la question des impacts sur les continuités écologiques, il est intéressant de s'interroger sur l'intégration des mesures compensatoires à la Trame Verte et Bleue.

Par exemple, Quétier (2012) recommande à propos des mesures compensatoires :

- « qu'elles s'inscrivent en priorité dans des cœurs de biodiversité favorables à l'expression des dynamiques et des fonctionnalités écologiques sur le long terme ;
- qu'elles aient vocation à renforcer, étendre et connecter ces cœurs de biodiversité;
- qu'elles garantissent la vocation écologique des sites de compensation en associant une protection réglementaire forte et une maîtrise foncière durable par des organismes agréés ».

### 9.2.4 Le suivi et l'évaluation de l'efficacité des mesures compensatoires

#### 9.2.4.1 Réglementation

La réglementation<sup>81</sup> prévoit qu'il est obligatoire de suivre et évaluer l'efficacité des mesures environnementales prises dans le cadre de la séquence « éviter-réduire-compenser ».

Le MEDDE (2012) prévoit de grandes recommandations pour le suivi et l'évaluation des mesures compensatoires. Le maître d'ouvrage doit tout d'abord définir les objectifs des mesures et l'autorité environnementale a pour rôle de valider ces objectifs, de s'assurer de leur faisabilité. Puis, les modalités essentielles du suivi et de l'évaluation de l'efficacité des impacts sont fixées. Des indicateurs sont alors élaborés pour évaluer la réalisation des mesures et leur efficacité. Le maître d'ouvrage doit donc monter un programme de suivi dont les résultats seront régulièrement présentés aux autorités environnementales.

#### 9.2.4.2 De nombreuses limites au suivi et à l'évaluation des mesures compensatoires

Des suivis et évaluation des mesures compensatoires existent mais c'est généralement dans le cadre d'enjeux forts comme par exemple celui d'espèces menacées et protégées. De plus, lorsque ces suivis existent, ils sont généralement réalisés de manière peu satisfaisante (comm.pers Quétier, Mateu).

La principale difficulté réside dans le fait que les suivis ne sont pas menés dans un objectif de performance environnementale. Les suivis sont généralement menés par opportunisme en fonction des compétences locales et non pas par rapport aux objectifs d'efficacité des mesures (comm.pers

---

<sup>81</sup> Décret n° 2011-2019 du 29 décembre 2011 portant réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements

Quétier). Par exemple il arrive que des mesures soient prises pour une espèce et que le suivi se fasse par rapport à une autre espèce (comm.pers Quétier). Du fait de ce manque de considération à définir un suivi efficace et pertinent, les données générées ne peuvent pas être interprétées. Il est également courant que les objectifs du suivi de la mesure compensatoire ne soient pas définis.

Le concept d'équivalence écologique est de plus en plus respecté. La comparaison des gains et des pertes se basent sur un ratio entre une surface impactée et une surface compensée, alors que ce dernier devrait être un résultat de l'évaluation et non pas une donnée d'entrée (Quétier *et al.*, 2012).

Actuellement, l'enjeu pour les services instructeurs de l'Etat est de s'assurer que les mesures compensatoires sont effectivement mises en place et qu'elles sont bien réalisées (comm.pers Mateu). Par exemple, la Direction Régionale de l'Environnement de l'Agriculture et du Logement du Languedoc Roussillon et la Direction Départementales des Territoires du Gard réfléchissent à constituer une base de données de tous les projets soumis à autorisation et appelant mesure compensatoire. L'objectif est de s'assurer du respect de la mise en œuvre des mesures compensatoires et d'intégrer les effets cumulés des projets et des mesures compensatoires. Cette base de données servira également à plus de vigilance pour des projets qui se développeraient à proximité des mesures compensatoires. Elle permettra également de garder une trace pérenne des mesures, qui ont vocation à durer dans le temps (25 ans) et éviter qu'elles ne soient « oubliées » (comm.pers Mateu). Vanpeene *et al.* (2013) recommandent que ce registre géoréférencé devrait préciser également les détails techniques de la réalisation ainsi que le suivi d'efficacité ou d'échec des mesures mises en œuvre pour permettre un retour d'expérience et faire progresser les connaissances.

Alors que quelques années auparavant l'Etat n'avait aucune exigence par rapport à la compensation écologique, les services instructeurs sont de plus en plus exigeants sur la mise en œuvre des mesures compensatoires pour attribuer des autorisations de projets. Des progrès notables ont ainsi pu être observés sur certains projets (Vanpeene *et al.*, 2013). De même, les perspectives vont vers une demande de dispositifs plus robustes pour suivre et évaluer l'efficacité des mesures compensatoires (comm.pers Quétier, Mateu). Actuellement cependant, le suivi et l'évaluation sont réalisés au cas par cas et ni les services de l'Etat ni les bureaux d'étude ne maîtrisent les méthodes pour effectuer de tels suivis (comm.pers Mateu).

### **9.3 Suivi et évaluation de l'efficacité des mesures prises dans le cadre des infrastructures linéaires de transport**

Le suivi et l'évaluation de l'efficacité des Infrastructures Linéaires de Transport (ILT) a fait l'objet de nombreuses études, de recommandations et de développements technologiques. Il s'agit en effet d'éléments très impactant pour la biodiversité qui sont soumis à des réglementations spécifiques. En particulier, une réglementation propre leur est imposée dans le cadre des études d'impact. Elle concerne notamment les actions à mettre en œuvre pour éviter, réduire, compenser les impacts des projets et pour suivre l'efficacité de ces actions. Cette partie présente en premier lieu les recommandations théoriques pour le suivi et l'évaluation de l'efficacité des mesures environnementales prises dans le cadre de projets d'ILT. Les technologies et méthodes de suivi seront également présentées, puis seront analysés le degré de mise en œuvre de dispositifs de suivi et les difficultés qui s'y rapportent.

#### **9.3.1 Définitions et contexte**

Les infrastructures linéaires rassemblent le réseau de routes et d'autoroutes, le réseau ferré, le réseau des voies navigables (canaux et cours d'eau aménagés pour la navigation), le réseau des lignes de transport et de distribution d'électricité, et les conduites enterrées.

Ci-dessous sont présentés les différents types d'infrastructures linéaires (COMOP TVB, 2010c) :

Infrastructures linéaires : l'ensemble des infrastructures citées dans les définitions plus partielles ;  
 Infrastructures de transport terrestre : route et autoroute, voie ferrée et voie navigable ;  
 Infrastructure linéaire aérienne : ligne de transport d'électricité jusqu'à 63 kilovolts (kV), ligne de distribution d'électricité de moins de 50 kV ;  
 Infrastructure linéaire enterrée : ligne de transport et distribution d'électricité enfouie, conduite enterrée par exemple de transport de gaz.

En France, à partir de 1945, la construction d'infrastructures linéaires a fortement augmenté pour pallier aux besoins en déplacement, échanges commerciaux, énergie liés au « boom » économique et démographique de l'après-guerre. Le réseau ferroviaire et routier s'est densifié et a été accompagné d'un trafic toujours plus important.

Le Tableau 5 présente les longueurs en kilomètres des différentes infrastructures linéaires sur le

Mode d'infrastructure linéaire	Longueur en km
<b>Totalité du réseau routier</b>	<b>1 079 072</b>
<i>Dont autoroutes</i>	<i>10 958</i>
<i>Dont routes principales et voies express<sup>14</sup></i>	<i>64 374</i>
<b>Longueur totale de voies ferrées exploitées</b>	<b>29 213</b>
<i>Dont lignes à grande vitesse</i>	<i>1 875</i>
<b>Longueur du réseau navigable (VNF)</b>	<b>8500</b>
<b>Lignes de transport d'électricité (&gt; 63 kV) (RTE)</b>	<b>100 000</b>
<b>Lignes de distribution d'électricité (HTA 20kV) (ERDF)</b>	<b>586 000</b>
<b>Lignes de distribution d'électricité 230-400 V (ERDF)</b>	<b>654 000<sup>15</sup></b>
<b>Réseau de transport de gaz naturel (GrDF)</b>	<b>186 000</b>

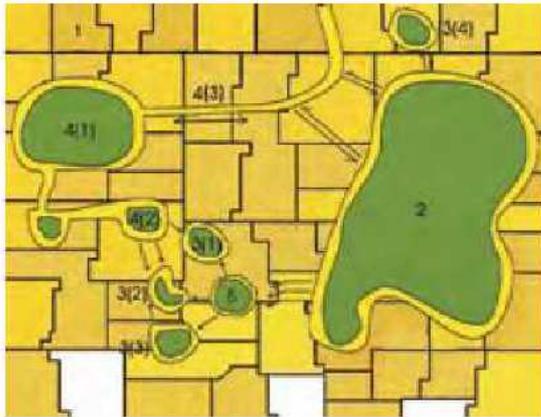
territoire français en 2009.

**Tableau 5 : Longueur des infrastructures de transport en 2009**

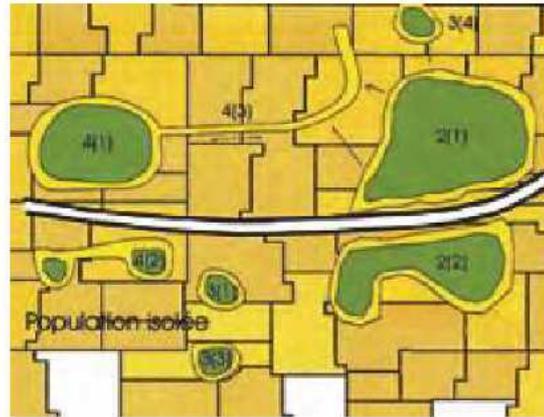
*Source : chiffre transport 2009*

Le développement des Infrastructures Linéaires de Transport (ILT) a consommé d'importantes surfaces d'espaces naturels. Ainsi de 1990 à 1998, 33000 Hectares ont été artificialisés de leur fait. Les Infrastructures Linéaires de Transport sont également parmi les principaux éléments fragmentant du territoire. La littérature documente largement les effets et impacts des ILT sur l'environnement que ce soit en milieu terrestre ou aquatique. Luell *et al.* (2003) définit ainsi :

- Des effets écologiques primaires : la perte d'habitats naturels, l'effet « barrière », la pollution, les collisions mais aussi l'attractivité des bas-côtés qui peuvent être des pièges écologiques ;
- Des effets secondaires : changements d'occupation des sols, structure des habitations humaines, développement d'industries, facilitation des accès aux habitats naturels pouvant accroître les perturbations par l'homme... ;
- Des effets sur le paysage pour lesquels des recherches restent encore à mener.



À gauche : modèle « Source-puits » : la persistance des populations dans les taches d'habitats réduits (3) nécessite un réapprovisionnement à partir de la population source (2). Dans ce modèle la solidarité source (habitat de bonne qualité, étendu, abritant des populations excédentaires) et puits (fragments d'habitat abritant des populations déficitaires) maintient les échanges. Le déficit de l'un est compensé par l'immigration en provenance de la source via des habitats relais (5) ou du corridor écologique multifonctionnel (4).



À droite : modèle « Archipel » : l'autoroute et le remembrement fractionnent les habitats étendus (2), interrompent le corridor (4), et suppriment des taches et fragments d'habitats relais (3-2), (5).

Autoroute

1. Matrice agricole
2. Tache d'habitat forestier étendu (lisière + milieu intérieur)
3. Tache ou fragment d'habitat de taille réduite (3 (1) ; 3 (2) ; 3 (3) ; 3 (4))
4. Corridor écologique multifonctionnel (4 (1) = habitat, 4 (2) = source, 4 (3) = conduits)
5. Éléments relais : tache de petite taille située entre deux zones d'habitats favorables

**Figure 23: Fragmentation des habitats par les Infrastructures Linéaires de Transport**

Source : Sétra, 2005

## 9.3.2 Les Infrastructures Linéaires de Transport dans la TVB

### 9.3.2.1 Cadre réglementaire

Dans le cadre de la loi Grenelle 2, les grandes infrastructures linéaires de l'Etat et de ses établissements publics doivent être compatibles avec les orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques. Ces projets doivent préciser les mesures pour éviter, réduire, et le cas échéant, compenser les atteintes aux continuités écologiques qu'ils sont susceptibles d'entraîner. Les projets d'infrastructures linéaires de transport de l'Etat doivent également prendre en compte les schémas régionaux de cohérence écologique (loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement).

La Trame Verte et Bleue est de plus une politique dont la gouvernance implique la participation des collectivités locales et acteurs territoriaux (engagement 73 du Grenelle de l'environnement). Les gestionnaires d'infrastructures participent à la réflexion sur la TVB au sein des comités régionaux TVB. Ils doivent prendre en compte la politique TVB dès l'amont de leur projet (Décret n°2011-738 du 28 juin 2011). Ils doivent être intégrés en amont des réflexions comme un acteur actif sur le milieu.

En outre, la TVB peut s'articuler avec d'autres politiques pour la prise en compte de la biodiversité dans les projets d'ILT : la Stratégie Nationale pour la Biodiversité 2011-2020, les Plans Nationaux d'actions pour les espèces, le plan écophyto 2018.

La Direction Générale des Infrastructures des Transports et de la Mer a de plus mis en place des orientations générales pour le réseau routier non concédé, qui ont pour vocation à être adaptées aux échelles locales (Chamard, 2013).

Les axes développés dans les Orientations générales sont les suivants :

- Développer et valoriser la biodiversité : étude du patrimoine, des impacts du réseau routier, des interactions avec le milieu environnant, les impacts de l'activité routière ;

- Favoriser les modes de gestion favorables à la biodiversité et développer les bonnes pratiques tout en évitant les pièges à faune ;
- Mettre en place des programmes de requalification environnementale sur certains axes routiers ;
- Etablir des mesures environnementales en phase d'exploitation et **mettre en place leur suivi** ;
- Impliquer les agents des routes ;
- Développer les partenariats avec les associations et les professionnels de la biodiversité.

Nous nous intéresserons dans cette étude aux ILT terrestres (routes, voies ferrées) du fait des actions et suivis spécifiques qu'elles impliquent par rapport aux continuités écologiques.

### **9.3.2.2 Les impacts sur les continuités écologiques**

Les impacts des routes et voies ferrées sont nombreux. Les principaux effets sur la biodiversité sont liés à la destruction et à la fragmentation des habitats dont il résulte (COMOP TVB, 2010c) :

- Des pertes d'habitats ou modifications d'habitats utilisables (effet de « substitution ») ;
- Le morcellement des habitats en mosaïques ;
- L'augmentation des distances entre les taches d'habitats naturels résiduels ;
- Des difficultés pour les espèces animales et végétales à se disperser ;
- Un appauvrissement génétique.

La construction de routes et voies ferrées traversant des milieux aquatiques engendrent également des effets de destruction et de fragmentation de ces milieux. Les conséquences peuvent être l'absence d'accès aux zones de reproduction, de croissance ou de nourrissage (risquant d'entraîner la disparition d'espèces) et la modification/dégradation de la qualité physico-chimique des eaux (Sétra, 2005).

Les impacts des voies ferrées et routes sur la biodiversité sont présents dès la phase de chantier : destruction et dégradation des milieux, pollution, dissémination d'espèces invasives, dérangement/destruction d'espèces animales... (COMOP TVB, 2010c).

Lors de la phase de fonctionnement des routes et des voies ferrées, le principal impact est la mortalité par collisions avec les espèces animales. Elles induisent également des dérangements par la pollution sonore et lumineuse, cette dernière pouvant agir comme un piège écologique (attirer les espèces dans un milieu défavorable) ou encore les faire fuir (COMOP TVB, 2010c). Enfin les pollutions dues au trafic sont à l'origine de la dégradation des milieux naturels alentours (COMOP TVB, 2010c).

### **9.3.3 Les mesures environnementales prises dans le cadre des projets d'ILT**

Face aux nombreux impacts des ILT lors des différentes phases de son cycle de vie, il existe une multitude de mesures qui peuvent permettre d'éviter, réduire mais aussi compenser ces impacts et qui sont potentiellement des actions TVB.

Ce sont des mesures d'évitement des impacts dès l'amont du projet, de limitation des pollutions du chantier, de limitation des collisions, de gestion des espaces verts des bordures, de construction de passages à faune, de gestion des structures paysagères... (voir encart).

En phase de fonctionnement, les mesures pour protéger les espèces le long des ILT et pour réduire la fragmentation sont de deux sortes (Bekker H., 2008) :

1. Des mesures qui réduisent la fragmentation en permettant des liens entre les habitats impactés par les ILT, comme les passages à faunes ;
2. Des mesures qui ont pour objectif d'améliorer la sécurité routière et à réduire les impacts du trafic sur les populations animales en réduisant la mortalité due au trafic.

## Exemples de mesures environnementales

### Réduire la fragmentation

- Mettre en place des passages à amphibiens
- Mettre en place des passages à faune et flore par-dessus et par-dessous
- Mettre en place des banquettes, pontons flottants, pour permettre le passage des espèces semi-aquatiques
- Guider la faune vers les passages par des clôtures
- Entretenir les passages à faunes
- Mettre en place une gestion différenciée des bords de route
- Aménager les talus
- Créer des mares et des haies le long des voies de communication

### Améliorer la sécurité

- Construire des barrières empêchant la traversée des routes
- Mettre en place des avertisseurs du passage de la faune

Etc.

## 9.3.4 Suivi et évaluation de l'efficacité des mesures environnementales spécifiques aux Infrastructures Linéaires de Transport

### 9.3.4.1 Recommandations pour un suivi et une évaluation efficace des mesures de réduction des impacts des ILT

Les propos qui suivent s'appuient sur un ouvrage rédigé par la commission de coopération européenne pour la recherche Scientifique et Technique (Luell *et al.*, 2003). Il s'agit d'un guide de sur la mise en place de mesures environnementales dans le cadre de projets d'infrastructures linéaires de transport. Il y est notamment développé des recommandations sur le suivi et l'évaluation de l'efficacité de ces mesures.

#### 9.3.4.1.1 Considérations importantes pour le suivi et l'évaluation

Les suivis fonctionnant le mieux sont ceux qui sont simples, de bas coût, standardisés et coordonnés (Luell *et al.*, 2003).

Quatre points sont particulièrement importants dans la planification des suivis des ILT (Luell *et al.*, 2003) :

1. Des standards doivent être établis pour évaluer si les objectifs ont été atteints.  
Les variables de résultat des suivis doivent pouvoir être comparées avec des variables standards afin de pouvoir évaluer l'efficacité des actions. Une variable standard doit être dans la mesure du possible une variable quantitative et répondant à des critères précis.
2. Des espèces cibles doivent généralement être sélectionnées pour le suivi. Il est nécessaire de se poser la question si le suivi et l'évaluation nécessitent de déterminer des espèces cibles et lesquelles. En effet, choisir une espèce plutôt qu'une autre implique de ne pas considérer certaines d'entre elles alors que les actions devraient viser l'ensemble des espèces impactées par l'ILT. Ce choix est cependant souvent nécessaire. Il est en effet rare de pouvoir tout mesurer, que ce soit pour évaluer la qualité d'un habitat adjacent à l'ILT ou la connectivité entre deux patches de part et d'autre de l'ILT. Il est recommandé de choisir les espèces cibles selon certains critères :
  - L'action a été mise en œuvre spécifiquement pour certaines espèces (enjeu de conservation...);
  - Les espèces choisies répondent rapidement aux changements de connectivité ;
  - L'écologie des espèces suivies est connue et peuvent être l'objet de protocoles de suivis reconnus ;
  - Les espèces à suivre sont aisément détectables et identifiables ;

- Les groupes taxonomiques choisis sont reconnus comme indicateurs de la fragmentation ou de l'état de l'écosystème.
3. L'échelle spatio-temporelle du suivi doit être questionnée. Le choix des échelles spatio-temporelles du suivi et de l'évaluation de l'efficacité des actions ne peut pas être généralisé. Ces échelles dépendent des enjeux locaux, des actions, de leurs objectifs. Par exemple les échelles de suivi seront différentes si le suivi suit la dynamique d'une espèce de part et d'autre de l'ILT ou bien si seul le passage est évalué.
  4. Les méthodes de suivi des ILT doivent être standardisées. En effet les méthodes de suivi varient largement selon les projets. Il serait pourtant nécessaire de mettre en place des protocoles communs pour pouvoir comparer l'efficacité des projets entre eux. En Suisse par exemple il a été rédigé un guide « Évaluation standardisée des effets des passages à faune » (2005).

#### 9.3.4.1.2 Planification du suivi et de l'évaluation

La mise en œuvre d'un bon suivi nécessite de définir une structure au suivi et à l'évaluation. Luell *et al.*, (2003) définissent les grandes phases du suivi et de l'évaluation de l'efficacité des mesures environnementales (Figure 32). Durant la phase de planification les bases du suivi et de l'évaluation (objectifs, variables, questions évaluatives...) et sa structure doivent être définies en parallèle de celle des mesures d'atténuation. Lors de la phase de construction il s'agira de superviser la bonne mise en œuvre des opérations d'atténuation et de réorienter les mesures si des problèmes surviennent. Durant la phase opérationnelle une évaluation devra être effectuée sur l'adéquation, le bon fonctionnement et l'efficacité des mesures. Ces évaluations doivent également avoir pour objectif de corriger les mesures inefficaces, d'améliorer les connaissances sur l'efficacité des mesures d'atténuation, d'évaluer les coûts-bénéfices de ces mesures.

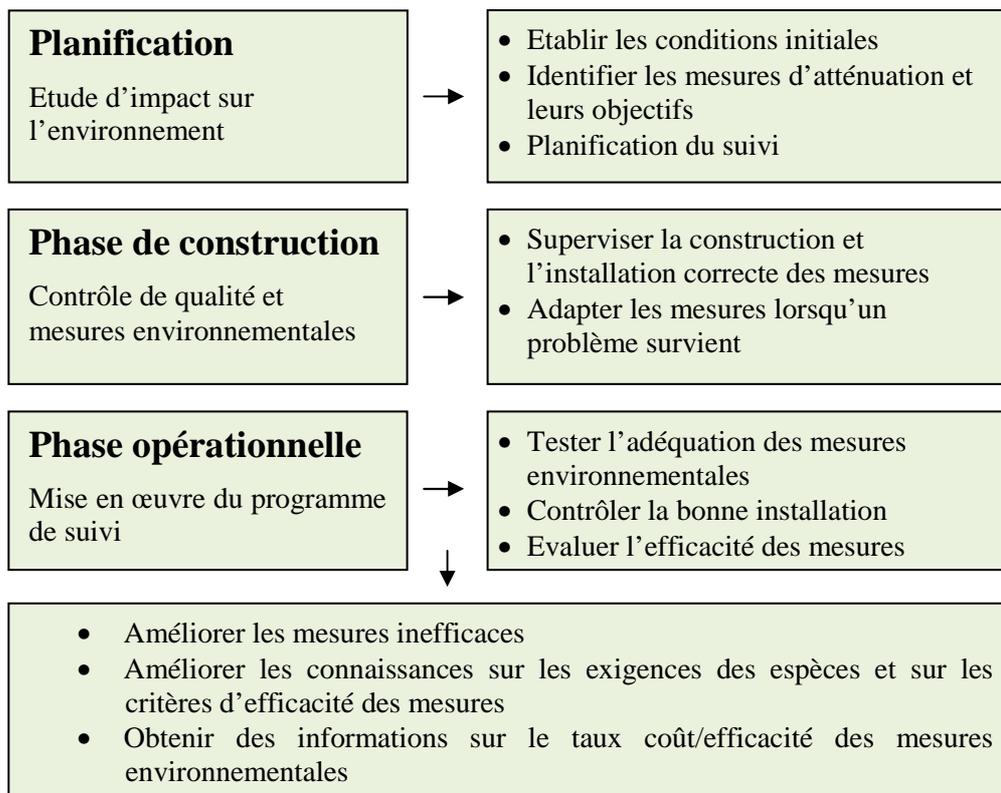
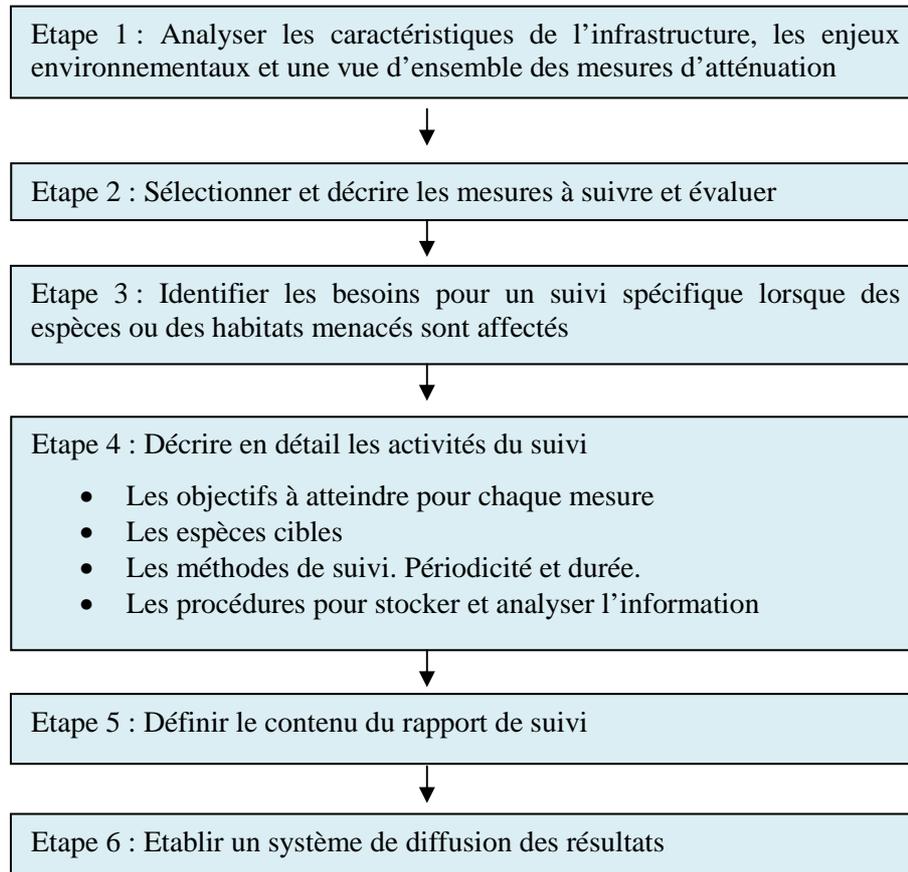


Figure 24 : Planification du programme de suivi lors des différentes phases du projet

Source : Luell *et al.*, 2003

Luell *et al.* (2003) résumant également les grandes étapes du suivi et de l'évaluation des mesures d'atténuation.

En premier lieu, il s'agit de dresser un état initial de l'environnement, des caractéristiques de l'infrastructure et des mesures d'atténuation. La description précise du suivi n'est établie qu'en quatrième étape, après avoir sélectionné les variables à mesurer et identifier des besoins écologiques spécifiques à certaines espèces et les habitats à forts enjeux. Suite à la mise en œuvre opérationnelle du suivi et à son analyse, il conviendra de rédiger un rapport de suivi et établir un système de diffusion des résultats (Figure 25).



**Figure 25 : Etapes d'un programme de suivi**

*Source : Luell et al., 2003*

### **9.3.4.2 Outils et protocoles pour le suivi et l'évaluation de l'efficacité des mesures d'atténuation des projets d'ILT**

#### *9.3.4.2.1 Introduction*

Bien que cela ne représente qu'un type d'actions en faveur de la biodiversité parmi beaucoup d'autres, l'étude s'est principalement intéressée aux actions ayant pour objectif de favoriser les déplacements des espèces, d'éviter les collisions et à celles de gestion des bords de routes. En effet, l'effet barrière et l'isolement des populations sont les principaux effets impactant des routes et voies ferrées (9.3.2.2) et constituent également un fort enjeu de la Trame Verte et Bleue. Quant aux bords de routes, ils peuvent être des habitats préférentiels pour certaines espèces comme pour les reptiles et leurs proies (Verheyden *et al.*, 2008) et peuvent abriter une forte diversité de flore dont des espèces à enjeux (comm.pers Cornier). Ce sont des actions spécifiques aux ILT qui demandent des méthodologies et protocoles de suivi particuliers. Enfin, les entretiens réalisés ont fait ressortir qu'il s'agit des principales actions pour lesquelles des dispositifs de suivi et d'évaluation sont mis en œuvre.

#### 9.3.4.2.2 *Suivis et évaluation de l'efficacité des passages à faunes*

Il existe divers types de passages à faune : des passages à grande faune, petite faune, des passages spécifiques à certaines espèces comme les batracoducs ou les chiroptoducs... Des études ont établi des recommandations sur la taille, la forme et l'emplacement optimal de ces passages pour améliorer leur efficacité (Sétra, 2005). Cet emplacement peut maintenant être déterminé très précisément grâce à des études poussées menées en amont de la construction (comm.pers Carsignol). Pour améliorer leur efficacité les individus sont guidés par des clôtures et, parfois, des milieux favorables sont créés de part et d'autre du passage. Un milieu naturel favorable doit également être recréé sur le passage.

Néanmoins l'efficacité de tels passages doit être vérifiée dans la pratique. La notion d'efficacité de ces passages est difficile à définir, la question est de savoir si : (Sétra, 2006) « le passage doit assurer des traversées quotidiennes dans un territoire morcelé qui impose à la faune des allers et retours fréquents de part et d'autre de la voie ou bien s'il est destiné à des traversées occasionnelles de quelques individus (déplacements liés à l'essaimage des jeunes, la conquête de nouveaux territoires et un brassage génétique) ». Et à partir de combien de passages un ouvrage pour la faune peut-il être défini comme efficace ?

Les suivis et l'évaluation de l'efficacité des passages à faune sont réalisés par les concessionnaires ou par l'Etat. La surveillance peut être sous traitée, généralement avec la fédération de chasse (comm.pers Carsignol). Le suivi des passages faune se fait généralement en évaluant le passage des individus. Plusieurs grandes techniques sont utilisées : les pièges à trace, les appareils photographiques, les caméras vidéo, les pièges à micromammifère... D'autres méthodes sont utilisables à plus grande échelle : télémétrie, flux génétiques, CMR... Un bilan de ces méthodes et de leur utilisation est présenté par la suite, des informations complémentaires sont apportées dans la partie 7.3.

##### *a) Les pièges à traces*

Les premières évaluations des passages à faune se sont faites à l'aide de pièges à trace qui ont été largement utilisés dans les années 1980 (Vignon, 2004). Ces pièges sont placés de chaque côté des passages (pour vérifier que l'individu ne fasse pas demi-tour), sur les accotements ou, lorsque cela est possible (passage sans circulation) au milieu du passage (Vanpeene et Berne, 2004).

Le principe des pièges à trace est simple : lorsqu'un individu passe sur le piège, il laisse son empreinte généralement dans du sable ou du limon. Un expert relève alors la trace et détermine l'espèce. Cependant, l'efficacité de ces pièges est controversée : les traces risquent d'être effacées par le vent ou la pluie, les pièges nécessitent d'être souvent relevés, la détermination de l'espèce peut-être difficile, les petites espèces ne laissent pas toujours de traces... (comm.pers Carsignol). Ces pièges ne permettent pas de différencier les individus : les traces peuvent correspondre à un seul individu qui s'est approprié le passage et effectue des allers-retours fréquents ou bien à plusieurs individus de la même espèce, la signification biologique est alors très différente (Sétra, 2006). Ces pièges à trace sont encore utilisés de nos jours souvent en complément d'appareils photographiques.

##### *b) Les appareils photographiques, caméras et détecteurs infrarouges*

Les premiers appareils ont été mis en place en 1996 (Vignon, 2004). En comparaison des pièges à traces, ils permettent une identification plus facile de l'espèce ayant traversée mais sont coûteux, sont souvent sujets aux vols et au vandalisme, demandent un lourd traitement d'analyse des images, ils ne détectent pas tous les passages et ont une portée limitée qui diminue la nuit (comm.pers Carsignol). La détectabilité de la petite faune par ces appareils photos est également faible (comm.pers Carsignol). Une alternative plus onéreuse est celle des caméras qui résout le problème de la portée et de la détectabilité. Elles permettent également d'obtenir des données sur les comportements des individus par rapport aux passages à faune, mais sont peu utilisées du fait de leur prix. Certains appareils photos sont équipés de caméras mais qui sont de capacités moindres par rapport à une caméra normale. Des guides publiés par le SETRA en 1996 et 2004 décrivent les protocoles de suivi avec ces techniques. Il sera d'ailleurs rédigé prochainement une mise à jour de ces deux guides (comm.pers Carsignol).

Les détecteurs à infrarouges qui s'enclenchent et comptabilisent un passage lorsque un animal passe sont une autre méthode (Luell *et al.*, 2003). Néanmoins, ils ne permettent pas de déterminer à quelle espèce correspond le passage et sont donc d'intérêt limité.

### c) Pièges à micromammifères

Des pièges à micromammifère (Shermann, Rat Case, INRA..) peuvent être utilisés dans une optique de Capture Marquage Recapture de la petite faune. Cette méthode est utilisable sur des espèces facilement capturables. Les individus sont capturés, relâchés puis re-capturés. Un objectif est d'établir si leur aire de distribution se situe d'un seul ou des deux côtés de la route (comm.pers Vanpeene). Des pièges à encre ont également été testés (Vanpeene et Berne, 2004) mais sans qu'une étude toxicologique n'ait été menée sur les produits utilisés et leur impact sur les individus (comm.pers Vanpeene, Michelot). En outre, une étude au Québec a montré que les appareils photos détectaient 40% d'individus en plus par rapport aux pièges à encre (Bédard, 2012).

### d) La télémétrie

D'autres méthodes permettent des suivis à plus grande échelle et s'intéressent également à l'écologie de l'espèce et non plus seulement à la traversée des passages par les individus. Elles pourraient donc permettre d'évaluer une efficacité des passages par rapport à la dynamique de l'espèce.

La télémétrie utilise des colliers ou puces GPS sur les individus afin de suivre leur mouvement, leur aire de répartition, les passages où ils traversent... Des études au Québec ont utilisé la télémétrie sur un nombre importants d'animaux (47 orignaux, 53 caribous, 224 cerfs de virginie, 22 loups) pendant plusieurs années. Elles ont permis d'obtenir des résultats indispensables sur l'impact de la route (Bédard, 2012). Ce sont des méthodes cependant lourdes à mettre en place (coût, capture des animaux, suivi des données télémétriques...) et il est conseillé de l'utiliser dans le cadre de projets de recherche ou pour le suivi d'espèces à enjeux (Luell *et al.*, 2003).

### e) L'outil génétique

L'étude des flux génétiques entre populations est en plein développement et peut être utilisé dans le cadre des ILT (comm.pers Ferreira). Le recours à l'outil génétique aussi appelé outil moléculaire, consiste à effectuer une étude sur l'ADN d'un individu, support de son information génétique (Sordello *et al.*, 2012). Le génotypage de l'ADN est réalisé sur plusieurs individus ce qui permet de calculer les distances génétiques entre populations ou individus et des indices de différenciation (Fst). Le principe général est que si les mouvements sont réduits, par exemple du fait de la fragmentation, la différenciation génétique augmente (comm.pers Blanchet). L'outil génétique permet d'estimer une dispersion efficace c'est-à-dire la dispersion d'individus qui a été suivie d'une reproduction réussie (Pour rappel : les individus dispersants et qui se reproduisent n'apportent pas pour autant de nouveaux allèles<sup>82</sup> à leur population d'accueil s'ils en sont justement génétiquement identiques). L'outil génétique ne permet donc pas de connaître exhaustivement tous les déplacements d'individus, notamment si ceux-ci ne se reproduisent pas (Sordello *et al.*, 2012). Par contre, il mesure bien des déplacements effectifs et relate donc la connectivité fonctionnelle d'un paysage.

Ces suivis présentés précédemment, sont généralement mis en place pour le gibier ou les carnivores, la petite faune par exemple est beaucoup moins suivie. Sont présentées par la suite quelques méthodes utilisées de façon ponctuelle, spécifiques à certains taxons pour lesquels les techniques de pièges à trace, appareils photos... ne sont pas adaptés.

### f) Méthodes spécifiques à certains taxons : insectes, reptiles, amphibiens et chiroptères

Afin de suivre les traversées **des insectes**, Vanpeene (2004) a utilisé des pièges à fosse où les insectes étaient attirés par une solution sucrée. Cette méthode a permis de capturer un grand nombre d'insectes mais est cependant destructive.

**Les reptiles** ne sont que très peu suivis, une étude menée par le CNRS a utilisé le radiopistage pour suivre le déplacement de couleuvres verte et jaune mâles. Ils ont montré que les individus se déplaçaient le long des bordures de route pour partir à la rencontre des femelles et se reproduire.

Les passages à **amphibiens** ou crapauds sont plus communs. Le suivi est d'autant plus important aux périodes de migrations durant lesquelles les individus ont besoin de pouvoir traverser les ILT. Il

---

<sup>82</sup> Version d'un gène.

existe des pièges à amphibiens permettant de les capturer et de les compter pour estimer le nombre de passages. La réserve Naturelle du Grand Lemps a complété ces suivis avec des études sur le stress, le poids des animaux, la durée du passage qui se sont avérées utiles pour comprendre quel est l'impact du passage et quelle est l'utilisation qui en est faite par les amphibiens (Maillet, 2004).

Les suivis des **chiroptères** demandent des méthodologies spécifiques à ce taxon. Un guide rédigé par le Sétra sur l'impact des infrastructures routières sur les chiroptères comprend un chapitre sur la mise en œuvre de suivis de l'efficacité des mesures de réduction (Cavailles *et al.*, 2013). Il s'agit d'un guide publié dans le cadre du Plan National d'Action en faveur des chiroptères. Des bureaux d'étude, associations travaillent également sur des technologies permettant d'améliorer les suivis (Limpens *et al.*, 2005).

Pour certaines espèces emblématiques les études ne se limitent pas au passage mais s'intéressent à l'impact des ILT à grande échelle au travers de programmes de recherche. C'est par exemple le cas de la Loutre, pour laquelle un inventaire des passages à Loutre en Europe devrait être réalisé (Lafontaine et Liles, 2005). L'inventaire inclut des données sur des facteurs biologiques, techniques et financiers des passages pour comprendre les paramètres influençant leur efficacité.

#### 9.3.4.2.3 *Suivis des collisions*

Le suivi de l'efficacité des mesures permettant de reconnecter les habitats ou gérer les bords de route devrait être mené en complément du suivi des collisions. En effet, l'objectif de ces passages est aussi bien de permettre la circulation des individus que de diminuer les accidents avec les véhicules.

Luell *et al.* (2003) proposent une méthode afin d'évaluer l'effet des mesures d'atténuation sur les collisions. Il s'agit de rouler à faible vitesse sur le bas-côté et enregistrer, par espèce, le nombre d'individus retrouvés morts. Ce suivi doit avoir lieu tôt le matin avant que les charognards n'aient pu faire disparaître les animaux morts. La fréquence du suivi dépend fortement des espèces ciblées, généralement tous les 10-15 jours et pendant les périodes de grands mouvements des espèces.

Les variables à enregistrer sont le jour et la date du suivi, le nom de l'espèce ou du taxon, le point kilométrique, l'emplacement où le cadavre a été retrouvé, et, dans la mesure du possible, toute autre observation relative à l'individu (taille, sexe...) et au paysage, permettant de comprendre quels facteurs entrent en compte dans les collisions.

Luell *et al.* (2003) recommandent de définir une valeur seuil de mortalité au-dessus de laquelle les mesures sont considérées comme inefficaces et devront être adaptées. Il faudra cependant se questionner sur la signification de ces chiffres : sont-ils réellement liés aux actions mises en œuvre ou à d'autres facteurs ? (hausse/diminution de l'effectif des populations le long de l'axe routier de transport...). Le fait d'avoir très peu de collisions signifie-t-il que l'action est efficace ? Par exemple les clôtures limitent les collisions en empêchant les traversées mais peuvent entraîner un impact négatif, pour la recherche de nourriture notamment.

Le suivi des collisions est également une méthode pour identifier des points noirs où le nombre d'animaux tués est le plus important. Ces points noirs sont prioritaires pour la mise en œuvre de mesures correctrices.

Le Muséum National d'Histoire Naturelle (Rogéon et Girardet, 2012) a également rédigé un rapport présentant un protocole rigoureux pour le suivi des collisions. Le protocole demande également de suivre les bords de route à faible vitesse et de recenser les animaux tués rencontrés, des données paysagères sont également récoltées pour tester la corrélation entre certains éléments du paysage et les collisions. Le protocole permet de récolter un nombre important de données qui sont utilisées pour mener ensuite des analyses statistiques. Le protocole rappelle également l'importance de la sensibilisation des agents des routes à la protection de l'environnement.

#### 9.3.4.2.4 *Suivis de la gestion des bords de route*

Il n'existe pas, à notre connaissance, de guide de recommandations sur le suivi et l'évaluation de la gestion des bords de route. Cependant les actions de gestion des bords de route comme la gestion différenciée peuvent être suivies par rapport à des enjeux floristiques par des protocoles d'inventaires

adaptés (comm.pers Cornier). D'autres suivis peuvent être réalisés par exemple pour l'entomofaune ou les pollinisateurs. Quelques exemples sont présentés ci-dessous.

Dans le cadre du **plan national en faveur des pollinisateurs**, des actions pour la préservation des pollinisateurs ont été mises en place par 6 Directions Interdépartementales des Routes dans 8 zones géographiques. Pour la DIR Aquitaine une zone d'expérimentation a été mise en place dans le secteur d'Angoulême. Des plantations ont été réalisées sur les accotements. Un suivi agronomique et floristique a été réalisé sur 3 ans, se basant sur des données photographiques et des inventaires quantitatifs. Le suivi a été l'objet d'un partenariat avec un conservatoire botanique. Des relevés ont été réalisés dans des ruches tests à moins de 2 kilomètres des zones suivies. Les premiers résultats montrent que les plantations sont favorables aux pollinisateurs (Gravé, 2013). La friche tardive a également un effet positif sur les pollinisateurs. Un bilan de cette étude devrait être publié à la fin 2013 (comm.pers Gravé).

Le Conseil Général d'Ille et Vilaine a mis en place un programme d'action de gestion des bords de route. Il repose sur des pratiques de fauchages adaptées aux enjeux de biodiversité, à l'entretien des arbres et arbustes, à la gestion des plantes invasives. Des suivis scientifiques sur la flore et l'entomofaune ont permis d'évaluer l'impact de sa gestion.

Une amélioration de la biodiversité est constatée sur 9 des 10 sites expérimentaux et le suivi et l'évaluation du programme a permis d'adapter la gestion<sup>83</sup>.

Le Conservatoire Botanique de Bailleul travaille actuellement sur un protocole pour évaluer la gestion des bords de routes (comm.pers Cornier). La méthode repose sur des quadrats aléatoires dans lesquels sont mesurés les types de végétation, les recouvrements ainsi que les espèces faunistiques rencontrées. L'évolution de la biodiversité des bords de route est suivie tous les ans, et l'évaluation est réalisée à dire d'expert. Les pratiques de gestion des bords de route devraient être adaptées du fait de cette évaluation (comm.pers Cornier).

Les bords de routes fournissent d'autres services environnementaux comme celui d'épuration des eaux<sup>84</sup>. Certains projets incluent donc le suivi de la qualité des eaux des bords de route<sup>85</sup>.

### **9.3.4.3 Des limites au suivi et à l'évaluation des mesures de réduction des impacts des ILT**

L'Etat des lieux réalisé par le COMOP TVB (2010c) estime que « L'obligation de réaliser un bilan des grandes opérations nationales d'infrastructures 3 à 5 ans après leur mise en service, de le soumettre à l'avis du Conseil général des ponts et chaussées et de le publier n'est, dans l'ensemble, ni suivi par l'administration, ni respectée par les maîtres d'ouvrage, ni lorsqu'il l'est, correctement mis en œuvre ».

#### *9.3.4.3.1 Limites du suivi et de l'évaluation de l'efficacité des passages à faune*

L'étude a fait ressortir que peu de suivis et d'évaluation de l'efficacité des passages sont réalisés (comm.pers Menut, Beley), et, lorsque des dispositifs de suivi et d'évaluation sont mis en œuvre, ils sont souvent mal planifiés et structurés (comm.pers Berthoud). Les questions évaluatives, les objectifs, variables à suivre... sont pris en compte à un stade trop avancé du projet. Il est alors très difficile de réaliser un suivi et une évaluation efficaces puisque l'état initial n'a pas été correctement perçu et modélisé (comm.pers Berthoud).

Dans la pratique, la mise en œuvre d'un suivi et d'une évaluation de l'efficacité des actions est limitée par certaines difficultés :

1. Difficultés à observer l'ensemble de la faune. L'efficacité ne peut être connue puisqu'il est nécessaire de prendre en compte la grande faune et la petite faune pour évaluer le maintien de la biodiversité.

---

<sup>83</sup> <http://www.ille-et-vilaine.fr/gestion-durable-des-bords-de-routes,106537,fr.html>

<sup>84</sup> <http://www.arehn.asso.fr/publications/cpa/cpa07.pdf>.

<sup>85</sup> [http://osur.univ-rennes1.fr/GHBV/e107\\_files/downloads/2013\\_stage\\_gestion\\_bords\\_de\\_route.pdf](http://osur.univ-rennes1.fr/GHBV/e107_files/downloads/2013_stage_gestion_bords_de_route.pdf)

2. Limites liées à l'absence de données sur l'état initial. Lorsque les études de base ayant servi à la planification du projet sont de mauvaise qualité, l'évaluation de l'efficacité des ouvrages manque de points de repères pour déterminer si l'objectif fixé lors de la planification est atteint.
3. Limites liées à l'évolution du paysage. L'efficacité d'un passage construit pour restaurer un corridor dépend de la structure du paysage. Si le paysage a été modifié (souvent volontairement) ou le corridor a été interrompu, l'action devient alors inefficace.

A ces considérations s'ajoutent des difficultés d'ordre techniques et financières : coût des caméras, lourdeur du traitement des clichés des pièges photos... (9.3.4.2).

Ces suivis présentés précédemment, sont généralement mis en place pour le gibier ou les carnivores, la petite faune par exemple est beaucoup moins suivie.

Du fait de ces limites, il peut être considéré que l'utilisation de plusieurs appareils photos est une méthode relativement bonne pour le suivi et d'évaluation de l'efficacité des passages à faune (comm.pers Carsignol).

#### *9.3.4.3.2 Limites du suivi et de l'évaluation de l'efficacité des mesures d'atténuation des collisions*

Concernant les suivis des collisions routières, il a été mis en évidence l'importance d'avoir un protocole rigoureux, fiable et standardisé pour pouvoir mener des analyses comparatives des effets des mesures d'atténuation sur les espèces (9.3.4.2.3). Des protocoles existent mais leur dangerosité liée aux risques d'accidents de la route fait qu'ils ne sont que peu appliqués. Parfois, c'est par opportunisme que de tels suivis peuvent être réalisés et il est même conseillé d'impliquer des volontaires, agents des routes dans le suivi des collisions. En effet, les acteurs de protection de la biodiversité n'ont pas toujours les moyens pour fréquemment réaliser des suivis des collisions. C'est par exemple le cas du PNR du Golfe du Morbihan qui s'est associé à la fourrière pour recenser les animaux écrasés (comm.pers Mézac). Cependant avec cette méthode il manque de protocole fiable pour pouvoir exploiter les données de façon scientifique.

#### *9.3.4.3.3 Limites du suivi et de l'évaluation de l'efficacité de la gestion des bords de routes*

Les limites sont tout d'abord liées à la mise en œuvre de la gestion (Chamard, 2013) :

- Aspect économique : coût de certaines mesures (plantations, mise en clôtures ...)
- Aspect technique : évolution des matériels de fauchage...
- Aspects méthodologiques : évaluation des gains pour la biodiversité, méthode de priorisation...
- Compétences et aspect culturel lié à l'évolution des pratiques : acceptation par les personnels.

Les limites propres au suivi et à l'évaluation de la gestion des bords de routes n'ont pu être identifiées dans le cadre de cette étude, mais plus d'informations peuvent être recherchées auprès d'acteurs telles les Directions Interdépartementales des Routes.

## **9.4 Conclusion**

La réglementation sur les mesures compensatoires est encore trop récente pour que le suivi et l'évaluation de leur efficacité soient correctement menés. Néanmoins, les autorités environnementales devraient être de plus en plus exigeantes vis-à-vis du suivi et de l'évaluation de l'efficacité de ces mesures. Dans le cas des infrastructures linaires de transport, sont utilisées des méthodes pour suivre l'efficacité de la gestion des bords de route, des passages à faune, des mesures de réduction des collisions. Malgré des limites à ces méthodes, certains projets peuvent mettre en place des protocoles de suivi et d'évaluation efficaces, mais dans le cas général, ces suivis ne sont pas ou mal réalisés en regard des forts impacts qu'ils engendrent.

Il existe d'autres projets d'aménagement pour lesquels des méthodes de suivi et d'évaluation de l'efficacité ont été établies. Par exemple, un indice de qualité écologique a été développé pour suivre et évaluer la gestion et l'efficacité de la restauration des sites de stockage des déchets (10.3.5).

## **10 Suivi et évaluation de l'efficacité des opérations de restauration écologique**

### **10.1 Définition**

La restauration écologique est le processus qui assiste l'autoréparation d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé ou détruit (SRE, 2004), par rapport à :

- Sa composition spécifique
- Sa structure communautaire
- Son fonctionnement écologique
- La capacité de l'environnement physique à supporter les organismes vivants
- Sa connectivité avec le paysage ambiant

Les interventions utilisées en restauration sont d'une grande diversité. Elles dépendent de l'étendue et de la durée des perturbations passées, des conditions culturelles qui ont modelé le paysage, et des contraintes et opportunités actuelles (Society for Ecological Restoration International Science and Policy Working Group, 2004). Par exemple, dans le cas de restaurations d'habitats pour la faune, les actions peuvent porter sur les ressources, sur les conditions biotiques, sur les processus de compétition et prédation... Dans les circonstances les plus simples, la restauration consiste à supprimer ou modifier une perturbation spécifique, ce qui permet ainsi aux processus écologiques de se réparer de façon indépendante. Par exemple, la suppression d'un barrage entraîne le retour à un régime historique d'inondations (Society for Ecological Restoration International Science and Policy Working Group, 2004).

### **10.2 Objectifs**

La restauration tend vers le retour d'un écosystème à sa trajectoire écologique historique. La trajectoire écologique est définie comme la séquence des expressions biotiques d'un écosystème à travers le temps. L'écosystème restauré ne va pas nécessairement retrouver son stade antérieur, puisque des contraintes et des conditions actuelles peuvent l'entraîner vers une trajectoire altérée (Society for Ecological Restoration International Science and Policy Working Group, 2004).

## **10.3 Suivi et évaluation de l'efficacité de la restauration écologique**

### **10.3.1 Introduction**

La Stratégie Nationale pour la biodiversité 2011-2020 fixe comme objectifs la restauration de 15% d'habitats dégradés d'ici 2020. Les objectifs de la Trame Verte et Bleue de préservation et de remise en bon état des continuités écologiques, nécessitent également de mener des opérations de restauration des habitats et écosystèmes. Se pose alors la question de l'efficacité de ces opérations et de comment l'évaluer.

Les principes de l'évaluation des mesures de restauration écologique ont été présentés par la Société de Restauration Ecologique dans son « abécédaire » (2004), ces principes sont rappelés dans une première partie. Puis, sont présentés des méthodes, basées sur l'évaluation d'indicateurs, qui ont été développées récemment. Enfin, l'étude a permis de dégager des limites au suivi et à l'évaluation des restaurations écologiques.

### **10.3.2 Principes**

Afin de mesurer le succès d'une restauration, la Société pour la Restauration Ecologique (2004) distingue les buts et les objectifs de la restauration. Les buts sont des idéaux et les objectifs des mesures concrètes prises pour atteindre ces buts. Les buts sont atteints en poursuivant des objectifs

spécifiques. Deux questions fondamentales doivent se poser vis-à-vis de l'évaluation de l'écosystème restauré : les objectifs ont-ils été accomplis ? Les buts ont-ils été atteints ?

Les buts sont définis par rapport un écosystème de référence. Dans sa forme la plus simple, la référence est un site réel, ou sa description, mais il est recommandé d'effectuer une comparaison par rapport à plusieurs sites pour prendre en compte l'ensemble des évolutions potentielles du site restauré. Un exemple est le cas de la restauration de trois îles dans l'archipel des Kerguelen par éradication des lapins : des mammifères à l'origine d'importantes dégradations. La présence d'îles de référence (sans mammifères introduits) et d'îles témoins (avec lapins) a permis de distinguer les effets dus à la restauration et ceux dus à des facteurs extérieurs (Chapuis *et al.*, 2002). Néanmoins le fonctionnement des écosystèmes est complexe et il est impossible qu'un écosystème restauré devienne identique à une référence (SER, 2004).

Les objectifs sont évalués sur la base de standards de performance qui sont définis à partir de la compréhension de l'écosystème de référence. Les objectifs, les standards de performance et les protocoles pour le suivi et pour l'évaluation de données doivent être incorporés dans les plans de restauration avant le début du projet (SER, 2004). Une fois les objectifs réalisés, les buts devraient être rapidement atteints (SER, 2004). Les buts sont des idéaux et leur évaluation est donc subjective et demande un jugement.

### 10.3.3 Méthodes

Trois méthodes existent pour mener une évaluation : la comparaison directe, l'analyse des attributs et l'analyse de la trajectoire (SER, 2004).

- La **comparaison directe** repose sur la mesure de paramètres à la fois sur le site de restauration et sur le site restauré. Elle pose la question du nombre de paramètres à sélectionner et de leur proximité.
- Dans l'**analyse des attributs**, le succès de la restauration se base sur 9 critères, même s'il n'est pas nécessaire de tous les mesurer. En effet, le rôle de ces critères est de pouvoir décrire une trajectoire appropriée du développement de l'écosystème vers les buts et les références souhaitées. Certains attributs sont facilement mesurables alors que d'autres nécessitent des efforts de recherche dépassant les capacités et les budgets de la plupart des projets de restauration. Ces critères sont les suivants :
  1. L'écosystème restauré contient un ensemble caractéristique d'espèces de l'écosystème de référence qui procure une structure communautaire appropriée.
  2. L'écosystème restauré est constitué pour la plupart d'espèces indigènes. Dans les écosystèmes culturels restaurés, des concessions peuvent être faites pour des espèces exotiques domestiquées et pour des espèces rudérales et ségétales non invasives ayant vraisemblablement co-évolué avec l'écosystème. Les rudérales sont des plantes qui colonisent les sites perturbés tandis que les ségétales poussent typiquement en association avec des cultures ;
  3. Tous les groupes fonctionnels nécessaires à l'évolution continue et/ou à la stabilité de l'écosystème restauré sont représentés ou, s'ils ne le sont pas, les groupes manquant ont la capacité à le coloniser naturellement ;
  4. L'environnement physique de l'écosystème restauré est capable de maintenir des populations reproductrices d'espèces nécessaires à sa stabilité ou à son évolution continue le long de la trajectoire désirée ;
  5. L'écosystème restauré fonctionne en apparence normalement lors de sa phase écologique de développement et les signes de dysfonctionnement sont absents ;
  6. L'écosystème restauré est intégré comme il convient dans une matrice écologique plus large ou un paysage, avec qui il interagit par des flux et des échanges biotiques et abiotiques ;
  7. Les menaces potentielles du paysage alentour sur la santé et l'intégrité de l'écosystème restauré ont été éliminées ou réduites autant que possible ;

8. L'écosystème restauré est suffisamment résilient pour faire face à des événements normaux de stress périodiques de l'environnement local, ce qui sert à maintenir l'intégrité de l'écosystème ;
  9. L'écosystème restauré se maintient lui-même au même degré que son écosystème de référence et a la capacité à persister indéfiniment sous les conditions environnementales existantes. Cependant, les aspects de sa biodiversité, de sa structure et de son fonctionnement peuvent changer au cours de l'évolution normale d'un écosystème et peuvent fluctuer en réponse à des événements normaux de stress périodiques et à des perturbations occasionnelles de plus grande importance. Comme dans n'importe quel écosystème intact, la composition spécifique ainsi que les autres attributs d'un écosystème restauré peuvent évoluer si les conditions environnementales changent.
- **L'analyse de trajectoire** repose sur la collecte de données qui sont ensuite analysées pour établir des tendances. Celles qui mènent vers la condition de référence confirment que la restauration suit sa trajectoire attendue. Dans ce cas, les stades de dégradation successifs peuvent être utilisés pour évaluer par comparaison des stades de restauration (Figure 26). De plus un changement des conditions environnementales entraîne une déviation des trajectoires. La restauration vise donc à atteindre un stade qui prend en compte la déviation de l'état de référence et non pas un stade initial.

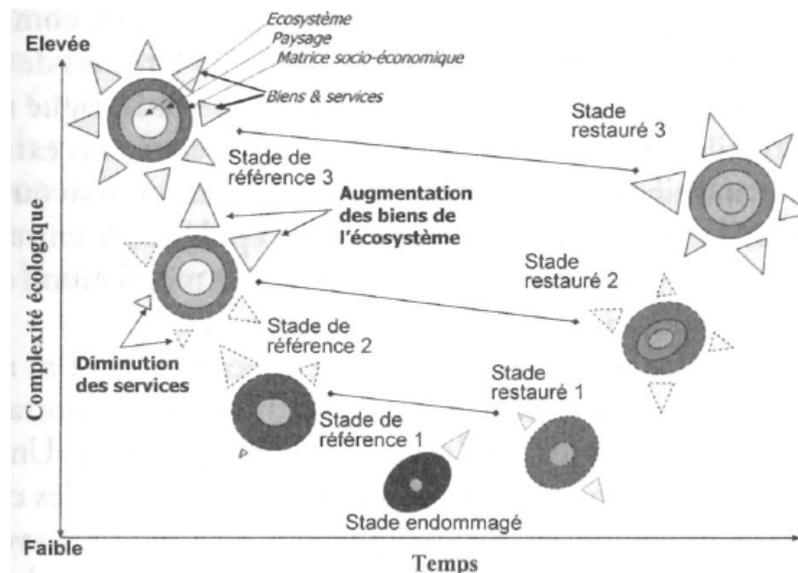


Figure 26 : Evaluation de la restauration à partir des stades de dégradation successifs

Ci-après sont présentés des exemples de méthodes de suivi et d'évaluation de l'efficacité d'opérations de restauration écologique.

### 10.3.4 Les indices d'Intégrité de la Structure de la Communauté, et de plus Haute Abondance

Face à l'inexistence d'indices permettant de mesurer l'intégrité d'une communauté après une restauration, Jaunatre *et al.* (2013) ont développé deux nouveaux indices : l'indice d'intégrité de la structure d'une communauté et l'indice de plus haute abondance.

Le premier indice mesure la proportion moyenne de l'abondance des espèces de la communauté de référence qui est représentée dans l'écosystème restauré. Cet indice cible donc le « déficit » d'abondance de certaines espèces dans la communauté restaurée (Jaunatre *et al.*, 2013). Dans un

objectif de conservation, il permet d'indiquer au gestionnaire si des actions visant à augmenter l'abondance d'espèces cibles doivent être menées.

Le second indice mesure quant à lui la proportion moyenne de l'abondance des espèces de l'écosystème restauré qui est plus haute que celle des communautés de référence (Jaunatre *et al.*, 2013). Cet indice permet d'identifier si de nouvelles espèces non souhaitées se sont installées lors de la restauration. Le gestionnaire peut l'utiliser pour évaluer s'il est nécessaire de contrôler l'abondance de certaines espèces pour atteindre un écosystème de référence (Jaunatre *et al.*, 2013).

L'utilisation conjointe de ces deux indices permet de mesurer le succès d'une restauration ou la résilience d'un écosystème après perturbation. Un programme informatique a été développé, qui permet de calculer les indices à partir des mesures prises sur le terrain (comm.pers Dutoit).

Ces indices sont utilisables pour tout type de milieu, ils sont simples à évaluer et sont applicables sur différents types de données (végétation, insectes...). Ils intègrent des mesures de composition, richesse, structuration, similitude mais de nombreux autres paramètres ne sont pas pris en compte (services écosystémiques, variabilité spatiale...). Ces indices permettent donc de s'approcher d'une mesure d'intégrité mais ne l'atteignent pas, ils visent donc à être utilisés en compléments d'autres indices (comm.pers Dutoit).

Ces indices ont été utilisés sur des données fictives et sur des cas concrets dans le Sud de la France. Ils ont notamment permis de montrer que le pourcentage de restauration est moins bon que ce qui est mesuré avec les méthodes classiques (Jaunatre *et al.*, 2013).

Les travaux autour de ces indices se poursuivent, notamment pour y intégrer des paramètres d'hétérogénéité spatiale et temporelle (comm.pers Dutoit).

### **10.3.5 L'indice de Qualité écologique pour le suivi des projets aménagés et à aménager**

Il n'existe pas d'outil d'évaluation standardisé offrant une vue globale de la biodiversité pour des sites devant être ou ayant été aménagés lourdement, et sur des surfaces importantes (Gomez et Delzons, 2012). En partenariat avec le MNHN, la SITA a développé un indice de qualité écologique permettant de suivre et évaluer l'efficacité des opérations de restauration des sites d'enfouissement des déchets.

La qualité écologique est définie comme suit : « ensemble d'éléments et de facteurs écologiques permettant de caractériser un organisme, un milieu, un écosystème ». L'évaluation de la qualité écologique suite à une restauration prend notamment en compte l'efficacité de cette restauration.

Les objectifs de l'indice de qualité écologique sont (Gomez et Delzons, 2012) :

- Evaluer la qualité écologique d'un site, comme préalable à la mise en place d'aménagements et de mesures de gestion favorables à la biodiversité ;
- Servir de référence pour un suivi dans le temps d'un même site ;
- Comparer des sites entre eux s'ils présentent des caractéristiques écologiques similaires.

Les mesures reposent sur trois critères :

- La patrimonialité des habitats, des taxons ;
- La diversité des habitats naturels et de l'avifaune ;
- La fonctionnalité des écosystèmes.

La méthode est de suivre un parcours d'inventaire sur une durée de 6 jours pendant 4 campagnes, établi pour parcourir la totalité des habitats naturels et notamment des habitats potentiels pour des espèces patrimoniales (Gomez et Delzons, 2012). Elle nécessite donc des compétences naturalistes.

Des scores sont ensuite calculés pour des thèmes identifiés à partir desquels un score total de l'IQE est calculé. Ces scores sont calculés par rapport à des seuils réalistes qui ont été définis à partir d'un écosystème de référence.

Le score de l'IQE est calculé d'année en année pour évaluer l'évolution de la qualité écologique du site restauré et ainsi l'efficacité de la restauration.

### **10.3.6 Limites du suivi et de l'évaluation des opérations de restauration écologique**

Les limites ont d'abord traités aux opérations de restauration écologiques en elles-mêmes. Définir les objectifs de la restauration est complexe puisque les écosystèmes à restaurer sont généralement mal connus. Il est donc difficile de savoir ce qu'il faut restaurer (Dutoit, 2013).

De plus, les écosystèmes ont une histoire, pour évaluer l'efficacité d'une opération de restauration il faudrait pouvoir prendre en compte toute la durée de vie de l'écosystème (Dutoit, 2013). Les évaluations ne sont donc réalisées qu'à partir d'indicateurs partiels (Dutoit, 2013). Il n'existe ainsi aucun indicateur capable de mesurer seul le succès d'une restauration, les indicateurs existant permettent seulement de s'en approcher (comm.pers Dutoit). Notamment, malgré des développements (10.3.4), il n'existe pas d'indicateurs permettant de mesurer l'intégrité d'un écosystème restauré.

Dans le cadre de l'évaluation à partir du suivi des trajectoires (10.3.2), la trajectoire historique d'un écosystème sévèrement touché peut être difficile voire impossible à déterminer avec exactitude (SER, 2004). Néanmoins la direction et les limites générales de ces trajectoires peuvent être définies à partir d'un ensemble de connaissances sur la structure préexistante de l'écosystème endommagé, sa composition et son fonctionnement ; d'études sur des écosystèmes intacts comparables ; d'informations sur les conditions environnementales régionales ; et d'analyses d'autres informations écologiques, culturelles et références historiques (SER, 2004).

## 11 Discussion

### 11.1 Des manques pour les suivi et l'évaluation de l'efficacité des actions

La TVB étant en cours d'identification, les premiers échanges établis durant l'étude ont fait apparaître que l'évaluation de l'efficacité des actions intégrées à des projets TVB est rarement menée (comm.pers Brimont, Hamon, Tissot). Cela a amené à orienter l'étude vers des dispositifs de suivis et d'évaluation existants dans le cadre d'autres politiques et projets. En découle l'identification des protocoles cités dans ce rapport, mais quelle est leur mise en œuvre opérationnelle ?

Les entretiens ont permis de faire apparaître que généralement, ces protocoles sont encore peu ou mal utilisés, sont encore en phase de définition ou ne permettent pas de mesurer rigoureusement l'efficacité de l'action engagée.

Par exemple, l'ONEMA cherche encore à convaincre les acteurs économiques, les décideurs d'appliquer le protocole de suivi minimale des **restaurations hydromorphologiques** qu'il a rédigé (5.3.5.2).

Dans le cadre du suivi et de l'évaluation des **mesures compensatoires** des projets d'aménagement, pourtant prévu dans la réglementation, il est simplement vérifié que l'action a été réalisée, mais l'évaluation de son efficacité est beaucoup plus rare et n'alimente presque pas la connaissance (9.2.4.2).

**En milieu agricole**, il existe de nombreux diagnostics et indicateurs environnementaux à l'échelle locale. Il s'agit cependant en grande majorité d'indicateurs de pression et de réponse, qui traitent des questions énergétiques et de qualité de l'eau et plus rarement de la biodiversité (Preud'homme, 2010). La mesure de l'efficacité des pratiques passerait par la définition d'indicateurs d'état traitant également de l'état de la biodiversité (5.1.5.3), dont le concours « prairies fleuries » s'approche. Cette même tendance où seuls des indicateurs de pression ou encore de moyens, sont mesurés, se retrouve dans de nombreux autres projets (plans de gestions, DOCOB, label écojardin...).

Enfin, **en milieu côtier**, les protocoles de suivi du conservatoire du littoral ne sont appliqués que de façon très locale en Haute Normandie (5.5.4.1.1).

Les entretiens ont mis en avant que le suivi et l'évaluation ne sont pas encore un enjeu fort pour les décideurs, du moins pas dans un objectif de performance environnementale. Peu de moyens leur sont ainsi alloués (comm.pers Quétier, Mateu).

Il faut néanmoins **s'intéresser au contexte global de la conservation de la biodiversité** : face notamment aux faibles moyens disponibles, quelle énergie et moyens donner au suivi et à l'évaluation des mesures par rapport à la mise en œuvre d'actions ? Faut-il tout évaluer ? Salzer et Salafsky (2006) ont notamment proposé un cadre conceptuel basé sur un arbre de décision permettant de répartir de façon logique les moyens entre l'action et les différents types de suivi et d'évaluation en fonction des situations. La tendance est néanmoins de **privilégier la mise en œuvre d'actions** malgré une conscience de l'importance du suivi et de l'évaluation (comm.pers Bazin, Mateu...).

### 11.2 Limites dans la mise en œuvre du suivi et de l'évaluation de l'efficacité de mesures environnementales et comment les dépasser

#### 11.2.1 Comment définir l'efficacité d'une action ?

Une première question est-elle de l'échelle à laquelle peut être définie l'efficacité. En effet, les enjeux et objectifs de conservation de la biodiversité dépassent souvent l'échelle des actions. Pour Kalaola (2013), il faut « promouvoir des actions polycentrées et non plus limitées aux seules frontières des sites, ce qui implique la transformation des échelles de gouvernance par une mise en réseau des sites ». Selon Lois (2012), un indicateur d'évaluation doit être « replacé dans un cadre plus large » que celle

de l'action : « l'évolution quantitative d'une espèce d'oiseau, par exemple, ne fait pas sens si l'on ne tient pas compte de la dynamique globale de l'espèce sur les territoires environnants ». Dans ces situations l'efficacité n'est pas définie à l'échelle de l'action et une question à se poser serait donc plutôt : quelle est la contribution de mon action à atteindre l'objectif identifié et comment mesurer cette contribution ?

En outre, l'étude a fait ressortir la grande difficulté à corréler mesure de gestion et état de la biodiversité (comm.pers. Menut, Julliard ; Malavoi, 2007). Par exemple, dans le cadre de l'observatoire de la biodiversité agricole, les agriculteurs souhaiteraient connaître l'influence directe de leurs propres pratiques mais les processus écologiques sont trop complexes pour rendre ce projet réalisable (comm.pers Julliard). Pour prendre en compte cette complexité, des gestionnaires intègrent des analyses qualitatives sur, par exemple, des facteurs extérieurs à la gestion, pour tenter de comprendre les effets dus à la gestion et ceux liés aux dynamiques naturelles. Mais, selon Quétier *et al.*, (2012), nous ne disposons aujourd'hui ni de techniques ni de concepts suffisamment élaborés pour prétendre à une compréhension globale des conséquences d'un projet sur la biodiversité et ses dynamiques. Pour Besnard et Salles (2010), il n'existe d'ailleurs encore que peu de méthodes pertinentes pour l'analyse des données.

Une solution afin de démontrer clairement qu'une mesure de gestion a ou n'a pas eu d'impacts, est de réaliser une comparaison d'un grand nombre de sites gérés avec une multiplicité de sites témoins (Besnard et Salles, 2010).

Ainsi les méthodes d'évaluation ne permettent pas d'atteindre une « vérité absolue » quant à l'efficacité de l'action, ce d'autant plus que ces méthodes sont limitées par de nombreux facteurs (11.2.2). Est-ce une limite importante au suivi et à l'évaluation de l'efficacité ? Il faut tout d'abord se poser la question des objectifs de l'action et du suivi. En effet, le suivi et l'évaluation ont des finalités stratégiques et pas uniquement scientifiques (4.3.2), il faut se demander quelle précision du suivi est nécessaire et réalisable par rapport aux objectifs et aux moyens à disposition. Il faut alors être transparent quant à la méthode utilisée et à la précision des résultats (comm.pers Thaler). Gestionnaires, chercheurs, bureaux d'études... doivent notamment être conscients que (comm.pers Thaler) :

- Les analyses des suivis sont avant tout déductives et ne prétendent pas être scientifiquement exactes ;
- Les méthodes de suivi et d'évaluation évoluent et qu'elles pourront être optimisées par la recherche, comme l'a d'ailleurs montré cette étude ;
- Les démarches empiriques qui recommandent une mise en œuvre de certaines mesures environnementales ont peu de chances d'aller dans le « mauvais sens ».

### 11.2.2 Les difficultés opérationnelles et éléments de solutions

Les entretiens ont fait ressortir de nombreuses difficultés étroitement liées entre elles (Figure 27, Tableau 6) et qui expliquent en partie le manque de suivi et d'évaluation de l'efficacité des outils et actions de conservation de la biodiversité (11.1).

Le **manque de moyens, techniques, financiers et humains**, est un frein important pour la mise en œuvre de suivis. De ces moyens dépendent le temps passé au suivi, les méthodes utilisées, l'investissement des agents... et il n'est pas rare de voir un suivi s'arrêter avant que le nombre de données soit suffisant pour être interprétables (comm.pers Cornier, Birard). Il est ainsi recommandé de mettre œuvre des méthodes simples, peu coûteuses et rapides. Il faut également prioriser les enjeux et actions à suivre et évaluer, et ainsi optimiser l'allocation des moyens (Besnard et Salles, 2010). Mais c'est aussi un objectif du suivi et de l'évaluation que de **convaincre les décideurs** et acteurs locaux de la pertinence et de l'efficacité des actions et ainsi **obtenir des financements** (comm.pers Billaud). Un point prioritaire est donc de définir l'objet du suivi et de l'évaluation qui soit **significatif pour tous**. Dans son projet de suivi des Mesures agroenvironnementales, le Conservatoire Régional des Espaces Naturels du Rhône Alpes a mis en œuvre un suivi basé sur les entités éco-paysagères qui est plus compréhensible par les élus et les agriculteurs (comm.pers Billaud). Les réflexions autour du projet de

contrat corridor de la métropole de Saint-Etienne sont animées autour du thème de l'occupation du sol, qui est plus parlant pour les acteurs du territoire (comm.pers Dodane, Mazagol).

**Certains programmes, politiques de conservation sont encore récents** ou nécessitent du temps pour être mis en œuvre. Par exemple, beaucoup de SCoT, de PLU mais aussi de DOCOB, sont encore en cours de définition. L'action est alors largement privilégiée et, dès ce stade de mise en œuvre, apparaissent les problèmes de données, de moyens, de volonté politique.... Par exemple, face à la difficulté pour mettre en place des mesures compensatoires efficaces, les services de l'Etat n'ont pas encore d'exigences sur le suivi et l'évaluation et l'efficacité de ces mesures malgré la réglementation (décret de réforme des études d'impact, 2012).

Une limite fréquente est que la réflexion sur le suivi et l'évaluation n'est que très **rarement initiée en amont des actions** (comm.pers Douard, Carsignol). Cela implique un manque de données pour l'évaluation, une définition imprécise des objectifs et donc des difficultés d'interprétation des résultats... Par exemple, dans les plans de gestion des réserves naturelles, l'évaluation n'est généralement prise en compte que trop tardivement, à partir du moment où le plan doit être révisé (comm.pers Douard). Il en résulte que seuls les indicateurs de réalisation sont renseignés. Il est en effet impossible de mesurer les indicateurs d'état de conservation du fait du manque d'anticipation pour établir les suivis. Une réactualisation du guide de réalisation des plans de gestion et de leur évaluation est en cours (5.5.4.2.2).

Dès l'amont du projet (évaluation a priori ou ex ante), il est nécessaire de s'interroger sur le probable succès des actions, pour cela il est possible d'avoir recours à des modélisations ou s'appuyer sur des études déjà réalisées, des retours d'expérience. Par exemple, dans le cadre du contrat corridor de la métropole de Saint-Etienne, le laboratoire ISTHMES développe des simulations de l'impact de l'évolution de l'occupation du sol sur les corridors, afin d'anticiper les actions à mener et leur efficacité. Les intérêts des simulations sont qu'elles permettent de cibler les facteurs importants plutôt que d'utiliser une batterie d'indicateurs, de révéler des évolutions non visibles, de mieux planifier, d'anticiper, d'inciter à la réflexion sur les actions à mener (comm.pers Dodane, Mazagol).

**Le manque de données** est une limite majeure pour le suivi et l'évaluation de l'efficacité des actions. Il est recommandé d'orienter les suivis en fonction des données disponibles (Lindenmayer et Likens, 2010) mais c'est au détriment d'une évaluation des véritables enjeux de gestion (comm.pers Quétier, Mateu). De même, les suivis sont souvent réalisés en fonction des compétences des équipes de projet et non pas en fonction des objectifs de gestion (comm.pers Quétier, Bazin). Il est conseillé de former des partenariats (Lindenmayer et Likens, 2010) pour le partage des données et des compétences. Par exemple, dans la région du Nord Pas de Calais il a été créé, dans le cadre du Système d'Information de la Nature et des Paysages, une plate-forme d'échanges de données, où chacun peut utiliser les données disponibles en échange d'un engagement à fournir ses propres données (modalités variables selon les structures) (comm.pers Derout, Amsallem). Les différents observatoires de la biodiversité existant, les données de sciences participatives, peuvent également être utilisés pour mener des études sur les effets de mesures de gestion (8.2.1.2, 7.2.3).

Il a été rappelé dans l'étude que la mise en œuvre d'un suivi et d'une évaluation dépendait de situations spécifiques et donc d'une approche au cas par cas. Ainsi, les **grandes inégalités dans la sensibilité aux questions environnementales constituent un frein important**. Nombreux sont les élus qui n'ont encore que de vagues notions de ce qu'est la TVB (comm.pers Morvan), il arrive même que des agriculteurs suppriment leur haies, mares ou bosquets avant même la définition des TVB par crainte d'être contraints de les conserver une fois entérinés par les dispositifs réglementaires (SCOT, PLU) (comm.pers Thaler). La sensibilisation, qui peut être réalisée grâce à l'évaluation, et la concertation apparaissent comme une étape incontournable sans laquelle les actions ne peuvent être menées. Par rapport au suivi et à l'évaluation, Vos *et al.* (2000) affirment ainsi que le choix des objets du suivi et de l'évaluation reposent donc plus sur des questions politiques et sociétales que scientifiques. Il s'agira pour le gestionnaire de faire le choix de la méthode de suivi et d'évaluation en fonction de ce qu'il pense important et valorisable. Une approche, qui ne supplée pas à la démarche scientifique, serait d'associer au plus près les acteurs pour croiser les perceptions et favoriser l'appropriation de la démarche (comm.pers Thaler).

Ont également été identifiées des difficultés liées aux **échelles spatiales et temporelles des dispositifs de suivi et d'évaluation**. Les suivis ne perdurent pas assez dans le temps pour mesurer précisément l'effet de l'action (comm.pers Soullard, Chammard) ou encore ils sont menés sur un territoire réduit, par exemple à cause de conflits liés à la propriété (comm.pers Menut, Hercent...).

<p><b>Difficultés extérieures au protocole de suivi et d'évaluation</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manque de moyens : financement, temps, personnel</li> <li>▪ Réglementation sur le suivi trop récente</li> <li>▪ Peu de considération des décideurs par rapport au suivi</li> <li>▪ Mauvaise mise en œuvre des actions</li> <li>▪ Difficulté à instaurer un suivi sur des propriétés privées</li> <li>▪ Vandalisme du matériel de suivi</li> </ul>
<p><b>Difficultés et limites propres au protocole de suivi</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Les suivis ne sont pas pris en compte assez en amont de la gestion du projet</li> <li>▪ Echelle temporelle du suivi non adaptée à l'échelle temporelle de l'enjeu</li> <li>▪ Lourdeur des protocoles</li> <li>▪ Echelle spatiale du suivi non adaptée à l'échelle spatiale de l'enjeu</li> <li>▪ Mauvaise mise en œuvre des actions</li> <li>▪ Mauvaise définition des objectifs du suivi</li> <li>▪ Approche trop linéaire du suivi</li> <li>▪ Manque d'un protocole d'échantillonnage</li> </ul>
<p><b>Difficultés et limites liées aux données</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Manque de données</li> <li>▪ Interprétation complexe des données</li> <li>▪ Difficultés pour centraliser les données</li> </ul>

**Tableau 6 : les difficultés identifiées lors des entretiens auprès des acteurs de l'environnement**

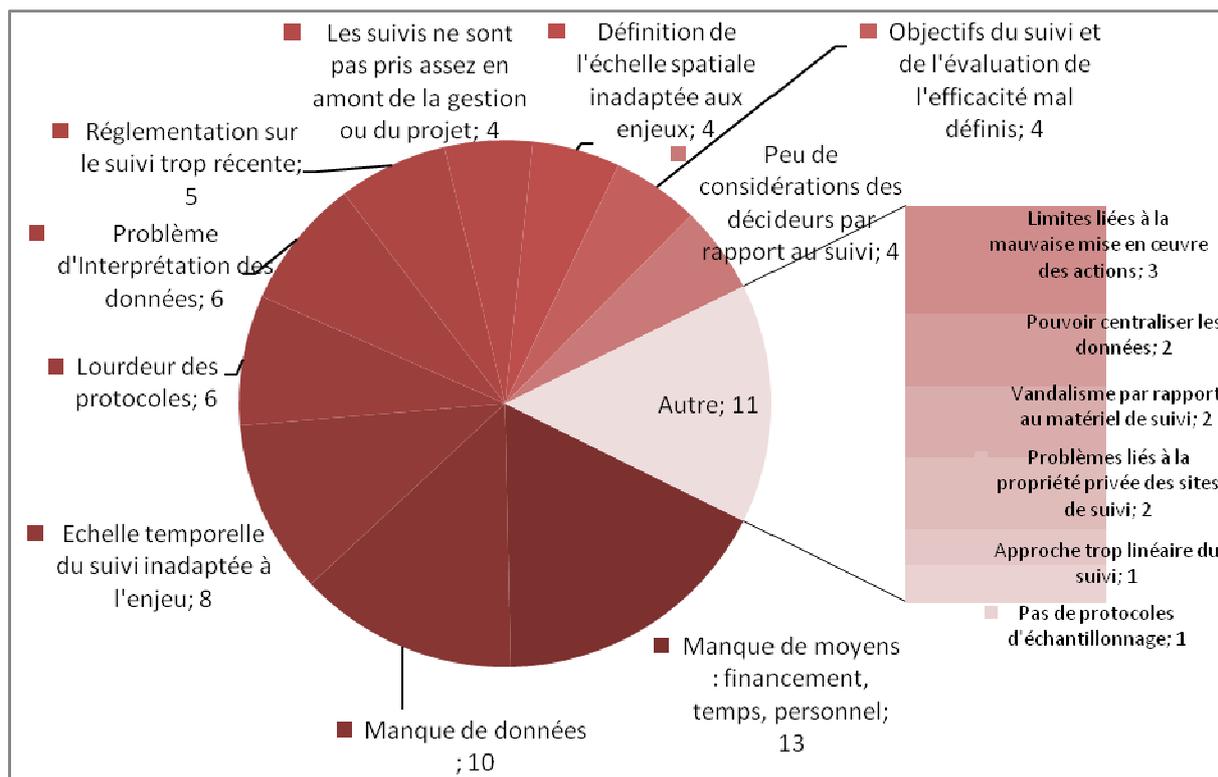


Figure 27 : Nombre de fois où chaque difficulté à été citée

### 11.3 Perspectives pour le suivi et l'évaluation de l'efficacité des mesures TVB

L'amélioration des méthodes de suivi et d'évaluation de l'efficacité des outils et actions de la Trame Verte et Bleue intéresse les chercheurs. L'étude a ainsi permis d'identifier des programmes de Recherche visant à optimiser les méthodes de suivi et d'évaluation de l'efficacité des outils et actions mobilisables dans le cadre de la Trame Verte et Bleue. Par exemple :

**Le programme DIVA corridor** « Action Publique, agriculture et biodiversité », à travers ses nombreux projets, vise notamment à la définition de méthode d'évaluation pour l'aide à la gestion des corridors dans les paysages agricoles.

**Le programme RhoMéo**, au sein duquel sont menés des études pour définir des indicateurs et méthodes d'évaluation de l'état des zones humides.

L'utilisation de **méthodes basées sur la génétique** est prometteuse pour le suivi et l'évaluation de l'efficacité des continuités écologiques (comm.pers Sordello, Blanchet).

L'une de ces méthodes permet de **mesurer des flux d'individus** (7.3.1.1) entre populations et donc d'analyser leur dispersion. Cette méthode permet ainsi de mesurer la connectivité fonctionnelle, et son utilisation dans le cadre de l'évaluation des SRCE est en cours de réflexion (Sordello *et al.*, 2012). Les études génétiques ont également été utilisées dans des projets à des échelles locales, par exemple pour évaluer l'effet des carrières sur les connectivités écologiques (Flavenot, 2012), et des études pour améliorer les méthodes se développent (Prunier *et al.*, 2013).

Une **autre méthode basée sur la génétique** est la réalisation **d'inventaires à partir d'ADN environnemental** (7.2.4). Efficace en particulier dans les milieux humides fermés, et utilisés dans des pays tels l'Angleterre et les Pays-Bas, elle consiste à faire des prélèvements d'eau et identifier les espèces à partir de l'amplification des séquences d'ADN. Les variables mesurées sont des données de présence. Un important séquençage peut permettre une évaluation semi-quantitative (probabilité qu'une espèce soit plus présente qu'une autre), mais pas de l'abondance. Pour cette raison la méthode

d'expertise par ADN environnemental doit être couplée à d'autres protocoles. En milieu terrestre la méthode doit encore être améliorée.

Outre les projets de recherche, de nouveaux outils pourraient permettre d'améliorer l'efficacité des suivis. La réflexion menée par les Réserves Naturelles de France vise à **améliorer l'efficacité du suivi et de l'évaluation des plans de gestion** des espaces naturels, en intégrant le suivi et l'évaluation en amont de l'arborescence de ces plans. L'ensemble des espaces naturels dotés d'un plan de gestion y seraient associés (excepté les PNR et Parcs Nationaux pour lesquels le suivi se base sur les Chartes de Parc).

**Les sciences participatives** (7.2.3) génèrent des données qui sont utilisables pour établir des grandes tendances d'évolution de la biodiversité (Boeuf *et al.*, 2012). De plus, les protocoles peuvent permettre d'évaluer un effet « gestion » ou un effet « site » à la condition d'avoir un nombre suffisant d'observations (comm.pers Julliard).

Des progrès méthodologiques vont donc se développer, il restera à analyser leur efficacité dans le cadre opérationnel.

## 12 Conclusion

La mise en œuvre de la TVB est une mesure phare du grenelle de l'environnement. Son évaluation est d'autant plus importante que de nombreux auteurs questionnent l'efficacité des réseaux écologiques et ont mis en avant certains aspects négatifs (augmentation de la prédation, barrières pour certaines espèces...). Ainsi dès la phase de définition de cette politique, des projets ont été initiés sur le suivi et l'évaluation de la TVB, actuellement à l'échelle régionale. Cependant aucune étude ne s'était encore intéressée à comment mesurer l'efficacité des actions et outils de la TVB. Ce fut l'objet de cette étude.

L'étude a permis de faire ressortir des aspects techniques et conceptuels de dispositifs de suivi et d'évaluation de mesures environnementales, leur degré de mise en place mais aussi et surtout les manques et les difficultés opérationnelles. Même si de grandes recommandations ont pu être dégagées il s'agit avant tout d'une étude exploratoire et une réflexion reste à mener sur comment intégrer ces dispositifs dans les projets TVB, sous quelles formes et comment combler les manques identifiés. Cette réflexion devra prendre en compte la très grande diversité des situations : faut-il définir un cadre au suivi et à l'évaluation de l'efficacité des actions ? Faut-il laisser le choix de la méthode libre pour chaque projet ? Comment articuler les démarches existantes des gestionnaires avec la mise en œuvre de la TVB ? Comment articuler les démarches de suivi et d'évaluation aux différentes échelles spatiales et temporelles, notamment par rapport à l'évaluation des SRCE ? Des programmes de Recherche tels Scales<sup>86</sup> ou Eumon<sup>87</sup> pourraient appuyer la réflexion : ils s'intéressent à comprendre les processus naturels et anthropiques et leur interaction à différentes échelles afin notamment d'optimiser les méthodologies de suivi. Un autre exemple de réflexion sur l'articulation entre échelles est celui des Plans Nationaux d'Actions : les suivis nationaux des odonates permettent de mettre en places des veilles locales et ainsi évaluer les effets des mesures de gestion prises (8.6.2).

---

<sup>86</sup> <http://www.scales-project.net/page.php?P=26&SP=28>

<sup>87</sup> <http://eumon.ckff.si/summary.php?pid=4>

- ADAM P. ET DEBIAIS N., 2007. “Manuel de restauration hydromorphologique des cours d’eau”, 64p.
- AIGOUÏ F. ET DUFOUR M., 2008. “Guide des passes à poissons”. 78p.
- ALEXANDER G.G. ET ALLAN J.D., 2006. “Stream Restoration in the Upper Midwest, U.S.A”. *Restoration Ecology* 14(4):595-604.
- AMSALLEM J. ET CALVET L., 2006. “Comment évaluer l’effet sur le patrimoine naturel du classement d’un territoire en Parc naturel régional ? - Application sur le Parc naturel régional du Livradois-Forez”. Mémoire de Master 2 professionnel EDMR - « Espace et Milieux », 219p.
- ARCHAIMBAULT V. ET DUMONT B., 2010, “L’indice biologique global normalisé (IBGN) : principes et évolution dans le cadre de la directive cadre européenne sur l’eau”. *Sciences Eaux et territoires* 1:36-39.
- BAGUETTE M., BLANCHET S., LEGRAND D., STEVENS V. ET TURLURE C., 2012. Individual dispersal, landscape connectivity and ecological networks”. *Biological Reviews* 17p.
- BASSET M. ET SZERB P., 2010. “Evaluation participative des projets territoriaux d’aménagement et des agendas 21 locaux”. Rhône Alpes Energie Environnement.
- BARZMAN M., CARON P., PASSOUANT M. ET TONNEAU J. P., 2005. “Observatoire Agriculture et Territoires Étude pour la définition d’une méthode de mise en place d’observatoires”, 64p.
- BAUDRY J., 2013. “Synthèse des principaux résultats de DIVA2”, 18p.
- BEDARD Y., 2012. “Routes et faune terrestre : de la science aux solutions”. *Le naturaliste canadien* 136(2), 108 p.
- BEKKER H., 2008. “Helping small animals: easy but never ending”. Actes du colloque routes et faune sauvage.
- BENNETT A.F., 2003. “Linkages in the landscape. The role of corridors and connectivity in conservation biology”, 254p
- BENSETTITI F., PUISSAUVÉ R., LEPAREUR F., TOUROULT J. ET MACIEJEWSKI L., 2012. “Evaluation de l’état de conservation des habitats et des espèces d’intérêt communautaire – Guide méthodologique – DHFF article 17, 2007-2012. Version 1 – Février 2012”. Rapport SPN 2012-27, Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 76 p. + annexes
- BESNARD A. ET SALLES J.M., 2010. “Suivi scientifique d’espèces animales. Aspects méthodologiques essentiels pour l’élaboration de protocoles de suivis. Note méthodologique à l’usage des gestionnaires de sites Natura 2000”. Rapport DREAL PACA, pôle Natura 2000, 62 pages.
- BERGES L., AVON C. ET ROCHE P., (2010). “Corridors écologiques et conservation de la biodiversité, intérêts et limites pour la mise en place de la Trame Verte et Bleue. Elaborer des politiques publiques pour la conservation de la biodiversité, nécessité de l’éclairage scientifique”. *Sciences eaux et territoires* 3:34-39.
- BERNARD P., 2013. “Suivre l’état de conservation des habitats naturels pour évaluer les mesures de gestion sur les Espaces Naturels Sensibles de l’Hérault”. Guide technique, 162p.
- BIRK S. ET AL., 2012. “Three hundred ways to assess Europe’s surface waters: an almost complete overview of biological methods to implement the Water Framework Directive”. *Ecol. Indic.* 18:31-41.
- BLANC L., MARBOUTIN E., GATTI S. ET GIMENEZ O., 2012. “Abundance of rare and elusive species: empirical investigation of closed versus spatially explicit capture–recapture models with lynx as a case study”. *Journal of Wildlife management*, in press.
- BLANCHET S., REY O., ETIENNE R., LEK S. ET LOOT G., 2009. “Species-specific responses to landscape fragmentation: implications for management strategies”. *Evolutionary Applications*, 14p.
- BŒUF G., ALLAIN Y. M. ET BOUVIER M., 2012. “L’apport des sciences participatives dans la connaissance de la biodiversité”. Rapport remis à la Ministre de l’Ecologie, Janvier 2012, 29p.

- BOGRAD S., BLOCK B. A., DANIEL P. C. ET GODLEY B. J., 2010. "Biologging technologies: new tools for conservation. Introduction". *Endangered species research* (10):1-7.
- BOULANGER V., HERMELINE M. ET LEFEBVRE L., 2011. "Est-il pertinent d'utiliser l'Indice de Biodiversité Potentielle dans la gestion courante des forêts publiques ?" RDV techniques n°31 - hiver 2011 – ONF.
- BOUTIN S., 2009. *Forest Ecology & Management*. In Gosselin, 2013, "Les suivis écologiques à l'interface entre gestion, information et recherche sur la biodiversité". Actes du colloque les suivis écologiques – Forum des Gestionnaires – 28 mars 2013.
- BOST S., 2008. "Méthodes et indicateurs pour le suivi et l'évaluation des SCoT". DIREN LR. 148p.
- BROTONS L., MÖNKKÖNEN M. ET MARTIN J.-L., 2003. "Are fragments islands? Landscape context and density-area relationships in boreal forest birds". *The American Naturalist* 162:343-357.
- BUREL F. ET BAUDRY J., 1999. "Écologie du paysage. Concepts, méthodes et applications". Tec & Doc, Paris 362 p.
- CLERGEAU P. ET DESIRE G., 1999. "Biodiversité, paysage et aménagement : du corridor à la zone de connexion biologique". *Mappemonde* 55:19-23.
- CABARET P. ET BESNARD A., 2012, "Quels indicateurs pour mesurer et évaluer les opérations de restauration ?". Actes du colloque Restauration Ecologique : quand conserver ne suffit plus ! 46p.
- CABARET P. ET BESNARD A., 2013. "Protocole mal calé, le petit coup de pouce des biostatisticiens". *Espaces naturels* n°41.
- CAILLOT E., 2013. "Observatoire du Patrimoine Naturel Littoral. Un outil piloté par et pour les gestionnaires". Actes du 18ème FORUM DES GESTIONNAIRES. Les suivis écologiques : quelle contribution à la gestion et l'évaluation de la biodiversité ?
- CARNINO N., 2009. "État de conservation des habitats d'intérêt communautaire à l'échelle du site – Méthode d'évaluation des habitats forestiers". Muséum National d'Histoire Naturelle / Office National des Forêts, 49 p. + annexe.
- CAULLET, 2013. "Bois & Forêts de France. Nouveaux défis". Rapport de Jean-Yves CAULLET, Député de l'Yonne, Maire d'Avallon au Premier Ministre, Monsieur Jean-Marc Ayrault, 83p.
- CAVAILHES J, ROUSSELLE K. ET NOWICKI FRANÇOIS, 2013. "Chiroptères et infrastructures de transport terrestre. Guide technique". Journée techniques chiroptères et infrastructures de transport terrestre.
- CAVILLE P., DOMMANGET F., DAUMERGUE N., LOUCOUGARAY G., SPIEGELBERGER T., TABACCHI E. ET EVETTE A., 2013. "Biodiversity assessment following a naturalness gradient of riverbank protection structures in French prealps rivers". *Ecological Engineering* 53:23– 30.
- CHAMARD E., 2013. "Prise en compte de la biodiversité dans la gestion des infrastructures routières. Orientations politiques concernant le réseau routier national non concédé". Journée technique COTITA Sud-Ouest.
- CHANSEAU M. ET BILLY V., 2013. "Gestion des ouvrages d'art et maintien d'une continuité piscicole". Actes de la Journée technique COTITA Sud-Ouest, Toulouse-17 Mai 2013.
- CHAPUIS J. L., FRENOT Y. ET LÉBOUVIER M., 2002. "A range of reference islands, a major advantage in evaluating the effects of the restoration programs in the Kerguelen Archipelago. Programme nationale de recherche «recréer la nature» : réhabilitation, restauration et création d'écosystèmes". Colloque, Grenoble , FRANCE (11/09/2001) 2002, n° 9 261 p.
- CHAURAND J., 2010. "Modalités de suivi et d'évaluation des Schémas Régionaux de Cohérence Écologique". Rapport de stage effectué à l'UMR TETIS du Cemagref pour l'obtention du Master 2 « Espaces et Milieux » de l'Université de Paris Diderot. Montpellier, 198 pages.
- CHIFFAUT A., 2006. "Guide méthodologique des plans de gestion de réserves naturelles."

MEED/ATEN, Cahiers Techniques n°79, 72 p.

CGDD, 2010. “Études & documents observation et statistiques. Résultats de l’enquête nationale à dire d’experts sur les zones humides”, 100p.

CINOTTI, 1996. “Évolution des surfaces boisées en France : proposition de reconstitution depuis le début du XIXe siècle”. Revue forestière française, Vol. XLVIII (6):547-562.

CODET C. ET CHEVALLEREAU M., 2006. “Suivi des observations des effets de pratiques agricoles de gestion des bordures de champs”. Méthodes et outils pour l’observation et l’évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques, chap.3 6p.

COMITE FRANÇAIS DE L’UICN, 2006. “1986-2006 : 20 ans de loi Littoral. Bilan et propositions pour la protection des espaces naturels”.

COMOP TVB (Comité opérationnel Trame Verte et Bleue), 2010a. “Choix stratégiques de nature à contribuer à la préservation et à la remise en bon état des continuités écologiques. Premier document en appui à la mise en œuvre de la trame verte et bleue en France”, 73p.

COMOP TVB, 2010b. “Guide méthodologique identifiant les enjeux nationaux et transfrontaliers relatifs à la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques et comportant un volet relatif à l’élaboration des schémas régionaux de cohérence écologique. Second document en appui à la mise en œuvre de la trame verte et bleue en France”, 127 p.

COMOP TVB, 2010c. “Prise en compte des orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques par les grandes infrastructures linéaires de l’État et de ses établissements publics. Troisième document en appui à la mise en œuvre de la trame verte et bleue en France”, 120p.

CONSERVATOIRE DU LITTORAL, 2009. “Evaluation partagée de la gestion des sites du Conservatoire du littoral. Guide pratique 2009”, 16p.

COSTE M. ET AL., 2009. “Improvements of the Biological Diatom Index (BDI): Description and efficiency of the new version (BDI-2006)”. Ecol. Indic. 9: 621-650.

COUSTILLAS J., DUHAMEL S., LE PICHON C. ET RICHARD E., 2009. “Suivi par télémétrie acoustique sur l’estuaire amont de la Seine, objectifs, moyens mis en œuvre et difficultés”. Séminaire Seine-Aval 2009 – Recueil de résumés.

COULON A., ANGIBAUT J.-M., CARGNELUTTI B., GOULARD M., HEWISON A.J.M. ET MORELLET N., 2008. “Inferring the effects of landscape structure on roe deer (*Capreolus capreolus*) movements using a step selection function”. Landscape Ecology 23:603-614.

DEBAIVE N., 2013. “Un protocole des réserves forestières, pour qui ? pour quoi faire ?” Natura Catalana n°23, 12p.

DEQUE M., 2012. “Quelles évolutions climatiques attendues : scénarios et incertitudes”. Journées d’échange TVB et changement climatique, Paris, Juillet 2012.

DEYA D., 2005. “L’évaluation dans les Parcs Naturels Régionaux – Etude des pratiques mises en œuvre au sein des Parcs de Rhône-Alpes et proposition d’indicateurs de suivi”. DIREN Rhône-Alpes, Université Joseph Fourier de Grenoble, 63 p.

DOBREMEZ L., DELLA-VEDOVA M. ET LEGEARD J. P., 2013. “Les alpages sentinelles”. Espaces Naturels 41:36-37.

DUBUS V., 2012. “Proposition d’une base méthodologique de suivi et d’évaluation des Schémas Régionaux de Cohérence Ecologique”. Rapport de stage, 67p.

DUTOIT T., 2013. Interview actu-environnement, 30 Avril 2013 <http://www.actu-environnement.com/ae/news/indicateur-montre-pourcentage-restauration-moins-bon-que-ce-que-nous-pensions-18431.php4>

- EHRlich P. R. ET GRETCHEN C. D., 1993. "Population Extinction and Saving Biodiversity". *Ambio* 22(3): 64-68.
- ESPACES NATURELS REGIONAUX DU NORD PAS DE CALAIS, 2010. "La trame verte et bleue dans les territoires du nord-pas de Calais. Tome 1 - Comment passer à l'action ? " Les cahiers techniques des espaces naturels régionaux, 48p.
- ESPACES NATURELS REGIONAUX DU NORD PAS DE CALAIS (ENRx), (2011). La trame verte et bleue dans les territoires du nord-pas de Calais. Tome 2 : tirer parti des actions engagées. Les cahiers techniques des espaces naturels régionaux, 52p.
- FEDERATION DES CONSERVATOIRES BOTANIQUEs NATIONAUX, 2011. "Trame verte et bleue – Critères nationaux de cohérence - Réflexion sur la méthodologie à adopter pour définir des listes d'espèces végétales « déterminantes » Trame verte et bleue", 35 pages.
- FICETOLA G. F., MIAUD C., POMPANON F. ET TABERLET P., 2008. "Species detection using environmental DNA from water samples". *Biology Letters* 4, 423-425
- FIERS V. et al., 1998. "Observatoire du patrimoine naturel des réserves naturelles de France. Analyse et bilan de l'enquête 1996". Quétigny, Réserves Naturelles de France, 200 p.
- FIERS V. et coll., 2004. "Guide pratique. Principales méthodes d'inventaire et de suivi de la biodiversité". Réserves Naturelles de France, 262 p.
- FIERS V. et coll., 2005. "Etudes scientifiques. Recueil d'expériences dans les réserves naturelles de France". Réserves Naturelles de France, 222 p.
- FIERS V. et coll., 2005. "Bibliographie. Etudes scientifiques en espaces naturels". Réserves Naturelles de France, 108 p.
- FIERS V. et coll., 2003. "Etudes scientifiques en espaces naturels. Cadre méthodologique pour le recueil et le traitement de données naturalistes". Cahier technique de l'ATEN numéro 72. Réserves Naturelles de France. Montpellier, 96 p.
- FLAVENOT T., 2012. "Évaluer les impacts d'un projet sur les continuités écologiques : exemple des carrières". Journées d'échange TVB : Quelle compensation pour les atteintes portées aux continuités écologiques ? 5 avril 2012, Paris (FPNRF).
- FOOTE A.D., THOMSEN P.F., SVEEGAARD S., WAHLBERG M., KIELGAST J., et al., 2012. "Investigating the Potential Use of Environmental DNA (eDNA) for Genetic Monitoring of Marine Mammals". *PLoS ONE* 7(8): e41781. doi:10.1371/journal.pone.0041781
- FORUM DES MARAIS ATLANTIQUES, 2003. "Guide méthodologique. Outils de suivis d'actions d'entretien des milieux aquatiques en marais doux", 27p.
- FORUM DES MARAIS ATLANTIQUES, 2010. "Guide méthodologique. Inventaire et caractérisation des zones humides" , 117p.
- GARRIGUE J., 2013. "Les syrphes au secours du gestionnaire". *Natura Catalana* n°23. 12p.
- GOFFE L., 2011. "Etat de conservation des habitats d'intérêt communautaire des dunes non boisées du littoral atlantique - Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000". Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 67 p.
- GOMEZ B. ET DELZONS O., 2012. "L'Indicateur de Qualité Ecologique (IQE), un indicateur de biodiversité multi-usages pour les sites aménagés ou à aménager". Actes du colloque Restauration écologique : quand conserver ne suffit plus ! 3et 4 Avril Paris.
- GRAVE E., 2013. "Plan national en faveur des pollinisateurs. Expérimentation à la DIR Atlantique". Journée technique COTITA Sud-Ouest.
- GREEN R., BALMFORD A., CORNELL S. ET SCHARLEMANN J., 2005. "Farming and the fate of wild nature". *Science* 307(5709):550-555.
- HANSKI I., 1998. "Metapopulation dynamics". *Nature* 396(6706):41-49.

- HANSKI I., 1999. "Metapopulation ecology". Oxford University Press, Oxford.
- HATTON J., 2012. "Critères d'évaluation à l'échelle du site : présentation de la méthode Carnino et retour d'expérience sur la forêt domaniale de Saint-Antoine". Actes du séminaire Biodiversité, Gestion forestière et Politiques publiques. Paris, 13 Mars 2012.
- HAURY J. et al., 2006. "A new method to assess water trophy and organic pollution – the Macrophyte Biological Index for Rivers (IBMR): its application to different types of river and pollution". *Hydrobiologia* 570:153-158.
- HEINK U. ET KOWARIK I., 2010. "What are indicators ? On the definition of indicators in ecology and environmental planning". *Ecological Indicators*, 10:584-593.
- HINDS, W. T., 1984, "Towards monitoring of long-term trends in terrestrial ecosystems". *Environmental Conservation* 11 :11–18.
- HODGSON J. A., MOILANEN A., THOMAS C. ET WINTLE B., 2011. "Habitat area, quality and connectivity: striking the balance for efficient conservation". *Journal of applied ecology* 48(1):148-152.
- IUELL B., BEKKER G.J., CUPERUS R., DUFEK, J., FRY, G. HICKS, C. HLAVÁČ V., KELLER V. B., ROSELL, C., SANGWINE T., TØRSLØV N. ET WANDAL B. le Maire, (Eds.) 2003. "Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions".
- JAUNATRE R., BUISSON E., MULLER I., MORLON H., MESLEARD F. ET DUTOIT T., 2013. "New synthetic indicators to assess community resilience and restoration success". *Ecological indicators* (29):468-477.
- JOHANET A., 2010. "Flux de gènes inter et intra spécifiques chez des espèces de vallée alluviale : cas des tritons crêtés et pointés en vallée de la Loire". Thèse de doctorat de l'université d'Angers 265p.
- JOURDAN H., 2010. "Pélodyte ponctué : Petites histoires évolutives Variabilité des traits d'histoire de vie en populations fragmentées : stratégies de reproduction chez le Pélodyte ponctué, *Pelodytes punctatus* (Anoure)". Thèse en vue d'obtenir le grade de Docteur de l'Université Montpellier 2, 202 pages ;
- JULLIARD R., GOSSELIN F. ET GOSSELIN M., 2012. "L'essor des sciences participatives pour le suivi de la biodiversité". *Sciences, eaux et territoires* n°3. 8p.
- KALAORA B., 2010. "Biodiversité que se trame-t-il sur le littoral ?". Actes des Ateliers du Conservatoire du Littoral.
- KEITH D., MARTIN T., MCDONALD-MADDEN E. ET WALTERS C., 2011. "Adaptive management for biodiversity conservation in an uncertain world", *Biological Conservation*, 144(4):1175-1178.
- KLESCZEWSKI M. ET MOTHAI S. E., 2011. "Les Lozériens inventent leur méthode pour suivre l'état de conservation de la végétation". *Espaces naturels* n° 33 janvier 2011.
- LAFFON J-F ET PAYROT J., 2012. "Evaluation du plan de gestion 2007-2011 de la Réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls – Livret I : Analyse des résultats de la gestion et présentation du tableau de bord , Conseil général des Pyrénées-Orientales / Réserve Naturelle marine de Cerbère-Banyuls".
- LAFONTAINE L. ET LILES G., 2005. "Exemples d'ouvrages aménagés en faveur de la loutre en France et en Europe : Essai de synthèse et perspectives". Actes du colloque - 4e rencontre "Routes et faune sauvage", 156p.
- LANDAS M., 2013. "Rapport d'étude – Les outils de nature contractuelle mobilisables pour la TVB". Fédération des Parcs naturels régionaux de France. 36 p.
- LANDRIEU G. ET BESNARD A., 2012, "Quels indicateurs pour mesurer et évaluer les opérations de restauration ?" Actes du colloque Restauration Ecologique : quand conserver ne suffit plus ! 46p.

- LARRIEU L. ET GONIN P., 2009. "L'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP) : une méthode simple et rapide pour évaluer la biodiversité potentielle des peuplements forestiers". *Revue Forestière Française* 6 :727-748.
- LARRIEU L. ET GONIN P., 2010. "L'Indice de biodiversité potentielle ou IBP : un outil pratique au service de la biodiversité ordinaire des forêts". *Forêt-entreprise* 190 :52-57.
- LEBRETON J. D., 2012, "Quels indicateurs pour mesurer et évaluer les opérations de restauration ? " Actes du colloque Restauration Ecologique : quand conserver ne suffit plus ! 46p.
- LEGG C. ET NAGY L., 2006. "Why most conservation monitoring is, but need not be, a waste of time". *Journal of Environmental managing* 78(2):194-199.
- LEPAREUR F., 2011. "Evaluation de l'état de conservation des habitats naturels marins à l'échelle d'un site Natura 2000 - Guide méthodologique - Version 1". Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 55 p.
- LEPAREUR F., BERTRAND S., PAPUGA G. ET RICHEUX M., 2013. "État de conservation de l'habitat 1150 « Lagunes côtières » : Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000 - Guide d'application Version 1". Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 107 p.
- LEPART J., 2004 in "Ecodiag Le diagnostic de biodiversité des exploitations agricoles en Languedoc-Roussillon".
- LE ROUX X., BARBAULT R., BAUDRY J., BUREL F., DOUSSAN I., GARNIER E., HERZOG F., LAVOREL S., LIFRAN R., ROGER-ESTRADE J., SARTHOU J.P. ET TROMMETTER M. (éditeurs), 2008. "Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies". Expertise scientifique collective, rapport, INRA (France).
- LIMPENS H., BACH L., BRINKMANN R. ET TWISK P., 2005. "Bats and road construction, getting bat flight paths across infra structure". Actes du colloque - 4e rencontre "Routes et faune sauvage», 156p.
- LINDENMAYER D.B. ET BURGMAN M.A., 2005, *Practical Conservation Biology*. CSIRO Publishing, Melbourne.
- LINDENMAYER D. B. ET LIKENS G. E., 2010. "The science and application of ecological monitoring". *Biological Conservation* 143:1317-1328.
- LODGE D.M., MOONEY H.A., OESTERHELD M., POFF N.L., SYKES M.T., WALKER B.H., WALKER M. ET WALL D.H., 2000. "Global biodiversity scenarios for the year 2100". *Science* 287:1770-1774.
- LOÏS G., 2012, "Quels indicateurs pour mesurer et évaluer les opérations de restauration ? ", Actes du colloque Restauration Ecologique : quand conserver ne suffit plus ! , 46p.
- MACIEJEWSKI L., 2010. "Méthodologie d'élaboration des listes d' "espèces typiques" pour des habitats forestiers d'intérêt communautaire en vue de l'évaluation de leur état de conservation". Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 48 p.
- MACIEJEWSKI L., SEYTRE L., VAN ES J., DUPONT P. ET BEN-MIMOUN K., 2013. "État de conservation des habitats agropastoraux d'intérêt communautaire, Méthode d'évaluation à l'échelle du site. Guide d'application. Version 2". Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 179 p.
- MAHY G., 2012, "Quels indicateurs pour mesurer et évaluer les opérations de restauration ? ", Actes du colloque Restauration Ecologique : quand conserver ne suffit plus ! 46p.
- MAILLET G., 2004. "Amphibiens des moyens pour leur sauvetage". *Espaces naturels* 5:25-27.
- MALAVOI J.R., 2007 . "Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau". Publications de l'Agence de l'Eau Seine Normandie.

- MALAVOI ET SOUCHON, 2010. "Eléments pour une harmonisation des concepts et des méthodes de suivi scientifique minimal". Volets hydromorphologie – hydroécologie. 95p.
- MARGOLUIS R. ET SALAFSKY N., 1998, "Measures of success: designing, managing and monitoring conservation and development projects". Island Press, Washington D.C.
- MARTIN, J., KITCHENS, W.M. ET HINES, J.E., 2007. "Importance of well-designed monitoring programs for the conservation of endangered species: case study of the Snail Kite". *Conservation Biology* 21:472–481.
- MACARTHUR R. ET WILSON E. O., 1967. "The Theory of Island Biogeography". Princeton University Press, Princeton (New Jersey) 203 p.
- MACKELVEY K. ET SCHWARTZ M., 2004. "Providing reliable and accurate genetic capture–mark–recapture estimates in a cost-effective way". *Journal of wildlife management* 68(3) : 453-456.
- MIAUD C., TABERLET P., DEJEAN T. 2012. "ADN « environnemental » : un saut méthodologique pour les inventaires de la biodiversité". *Revue SET* 06:92-95.
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORET, 2013. "Une certification environnementale pour les exploitations agricoles", 4p.
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE (MAP), 2006. "Plan d'Action Forêt", 20p.
- MINISTERE DE L'ÉCOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE, DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT, 2012. " Doctrine relative à la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur le milieu naturel", 8 p.
- MINISTRY OF ENVIRONMENT, LANDS AND PARKS RESOURCES INVENTORY BRANCH FOR THE TERRESTRIAL ECOSYSTEMS TASK FORCE RESOURCES INVENTORY COMMITTEE, 1998. "Wildlife Radio-telemetry". Standards for Components of British Columbia's Biodiversity No. 5.
- NAVARRO L., PERESS J. ET MALAVOI J. R., 2012. "Aide à la définition d'une étude suivi - Recommandations pour des opérations de restauration de l'hydromorphologie des cours d'eau.", 48p.
- NIEMELÄ, J. 2000. Biodiversity monitoring for decision-making. *Annales Zoologici Fennici* 37: 307-317.
- NIVET C., BONHEME I. ET PEYRON J. L., 2012. "Les indicateurs de biodiversité forestière. Synthèse des réflexions issues du programme de recherche «Biodiversité, gestion forestière et politiques publiques»". Paris, Gip Ecofor-MEDDE, 144 p.
- OBERDORFF T. et al., 2002. "Development and validation of a fish-based index for the assessment of 'river health' in France". *Freshwat. Biol.* 47: 1720-1734.
- O'DONNELL T.K. ET GALAT D.L., 2008. "Evaluating Success Criteria and Project Monitoring in River Enhancement Within an Adaptive Management Framework". *Environmental management* 41: 90-105.
- OFEFP, 2005. "Évaluation standardisée des effets des passages à faune. Instructions pratiques", 4p.
- ONEMA, 2010. "Pourquoi rétablir la continuité écologique des cours d'eau ?" Sensibilisation aux politiques publiques, 28p
- ONEMA, 2011. "La révision des classements de protection des cours d'eau. Un outil en faveur du bon état écologique et de la biodiversité". Sensibilisation aux politiques publiques, 28p.
- PAILLAT G. ET BUTET A., 1994. "Fragmentation et connectivité dans les paysages : importance des connectivités pour les petits mammifères". *Arvicola* 6(2):5-12.

- PAQUETTE M. H., 2010. “La restauration des berges l’utilisation d’indicateurs de performance comme outil d’aide à la décision”. Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement en vue de l’obtention du grade de maître en environnement.
- PARCS NATIONAUX DE FRANCE, (2009). “Application du concept de solidarité écologique dans les Parcs Nationaux Tome 1 : Approfondissement du concept de solidarité écologique”, 195p.
- PARCS NATURELS REGIONAUX DE FRANCE, 1999. “L’évaluation, un enjeu pour les territoires de projet”. Expérimenter pour agir - n°2 20p.
- PARCS NATURELS REGIONAUX DE FRANCE, 2012. “EVA : un logiciel commun pour l’évaluation de la Charte d’un Parc naturel régional”, 12p.
- PARCS NATURELS REGIONAUX DE FRANCE, 2008. “L’évaluation de la Charte. Un nouveau savoir-faire pour les Parcs naturels régionaux”, 8p.
- PELLEGRIN O. ET MOUGEY T., 2010. “Etude sur les outils de nature contractuelle au service de la Trame verte et bleue”, 87p.
- POMPANON F., COISSAC E. ET TABERLET P., 2011. “Metabarcoding : une nouvelle façon d’analyser la biodiversité”. Biofutur 319 :30-32.
- POPY S., 2010. “Étude de préfiguration d’un Observatoire Régional de la Biodiversité pour le Languedoc-Roussillon. Rapport d’étape. Bases de réflexion pour la constitution d’un jeu d’indicateurs”, Document de travail, Cemagref, 319 p.
- PREUD’HOMME R. L., 2009. “Elaboration d’un jeu d’indicateurs permettant de mieux suivre la biodiversité en lien avec l’évolution de l’agriculture”, 83p.
- PRUNIER J., KAUFMANN B., FENET S., PICARD D., POMPANON F., JOLY P. ET LENA J.P, 2013. “Optimizing the trade-off between spatial and genetic sampling efforts in patchy populations: towards a better assessment of functional connectivity using an individual-based sampling scheme”. Molecular Ecology.
- QUETIER F., 2012. “La compensation écologique”. Regards et débats 34. <http://www.sfecologie.org/regards/2012/07/03/r34-f-quetier/>
- QUETIER F., QUENOUILLE B., SCHWOERTZIG E., GAUCHERAND S., LAVOREL S. ET THIEVENT P., 2012. “Les enjeux de l’équivalence écologique pour la conception et le dimensionnement de mesures compensatoires d’impacts sur la biodiversité et les milieux naturels”. Sciences Eaux & Territoires, article hors-série, 6 p.
- QUETIER F. ET SCHWOERTZIG E., 2011. “Les méthodes rapides d’évaluation de pertes et gains : Application aux zones humides”, 5p.
- RESEAU RURAL FRANÇAIS, 2011. “Recueil d’expériences sur la prise en compte de la trame verte et bleue dans les territoires de projet”, 4p.
- REYJOL Y., BASILICO L. ET SPYRATOS V., 2011. “Bioindication : des outils pour évaluer l’état écologique des milieux aquatiques. Perspectives en vue du 2e cycle DCE – Eaux de surface continentales”. Synthèse des journées « DCE et bioindication » du séminaire « Méthodes d’évaluation de l’état des eaux – Situation et perspectives dans le contexte de la Directive Cadre sur l’Eau », Paris 19 et 20 avril 2011, 31p.
- RIGAUD C., DROUINEAU H. ET BARAN P., 2011. “Marquage-recapture et évaluation de l’efficacité d’un dispositif spécifique de franchissement”. Programme R&D Anguilles et ouvrages - Solution technique - Séminaire de restitution 28-29 novembre 2011, Paris, 4p.
- ROBERTS, K.A., 1991. Field monitoring: confessions of an addict. In: Goldsmith, F.B.(Ed.), Monitoring for Conservation and Ecology. Chapman and Hall, London, p179–212.
- ROGEON G. ET GIRARDET X., 2011. Identification des points de conflits entre la faune sauvage et les véhicules : Méthode d’observation des collisions par les agents d’entretien des routes. Service du patrimoine naturel du Muséum national d’Histoire naturelle. Paris, 24p.

- ROPERT-COUDERT Y., KATO A., GREMILLET D. ET CRENNER F., 2012. "Bio-logging: recording the ecophysiology and behavior of animals moving freely in their environment". *Sensors for Ecology*, 344p.
- SALA O.E, AMESTO J.J, BERLOW E., BLOOMFIELD J., CHAPIN F.S.I, DIRZO R., HUBER-SANNWALD E., HUENNEKE L.F., JACKSON R.B., KINZIG A., LEEMANS R.,
- SALAFSKY N. ET BROWN M., 2005, "Monitoring and evaluation in conservation : a review of trends and approaches". *Conservation Biology* 19(2):295-309.
- SAUNDERS D.A., HOBBS R. J. ET MARGULES C. R., 1991. "Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review". *Conservation Biology* 5:18-32.
- SCHWOERTZIG E., 2011. "Sélection d'indicateurs appropriés à la définition d'échelles d'équivalence écologique". Rapport de Stage M2 Plantes et Environnement, Université de Strasbourg, 37 pp + annexes.
- SECRETARIAT DE LA CONVENTION DE RAMSAR, 2010. "Inventaire, évaluation et suivi : Cadre intégré pour l'inventaire, l'évaluation et le suivi des zones humides". *Manuels Ramsar pour l'utilisation rationnelle des zones humides*, 4e édition, vol. 13. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse.
- SECRETARIAT DE LA CONVENTION DE RAMSAR, 2013. "Le Manuel de la Convention de Ramsar : Guide de la Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971)". 6e éd. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse.
- SETRA, 2005. "Aménagements et mesures pour la petite faune." Guide technique, Réf. 0527, 264 p
- SETRA, 2006. "Bilan d'expériences. Routes et passages à faune. 40 ans d'évolution", 57p.
- SIBLET J. P., 2013, "Suivi des populations. Techniques, Méthodes et perspectives". *Espaces Naturels* 41:20-33.
- SHRADER-FRECHETTE, K.S. et McCoy, E.D., 1993. *Method in Ecology: Strategies for Conservation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- SKINNER, J. ET ZALEWSKI, S., 1995. "Function and values of Mediterranean wetlands, Conservation of Mediterranean wetlands". *MedWet*, no.2, Tour du Valat.
- SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL SCIENCE & POLICY WORKING GROUP (SER), 2004. "The SER International Primer on Ecological Restoration". [www.ser.org](http://www.ser.org) & Tucson : Society for Ecological Restoration International.
- SORDELLO R., AMSALLEM J. ET DUBUS V., 2012, "Quelle faisabilité d'utiliser l'outil génétique ?" Rapport SPN 38, 35p.
- SOUHEIL H., GERMAIN L., BOIVIN D., DOUILLET R. et al., 2011. "Guide méthodologique d'élaboration des Documents d'objectifs Natura 2000. Atelier Technique des Espaces Naturels." Montpellier, 120 p.
- SOULARD G., ARNASSANT S., CIVETTE I ET MOUGEY T., 2011, " Au service de la trame : les mesures agro-environnementales territorialisées", *Espaces Naturels* n°34.
- SPEIGHT, M.C.D, 2011. "Species accounts of European Syrphidae (Diptera)". Glasgow 2011. *Syrph the Net*, the database of European Syrphidae, vol. 65, 285 pp., *Syrph the Net* publications, Dublin.
- SPEIGHT M.C.D. et Castella E., 2010a. "Diagnostic de quelques habitats des Hauts de Chartreuse (Isère, France) à l'aide des Syrphidés (Diptères)". *Syrph the Net*, the database of European Syrphidae, *Syrph the Net* publications, Dublin, Vol. 63, 36 p.
- SPELLERBERG I. F., 1991, "Monitoring ecological change". Cambridge University Press, Cambridge.
- STEM C., MARGOLUIS R., SALAFSKY N. ET BROWN M., 2005, "Monitoring and evaluation in conservation : a review of trends and approaches". *Conservation Biology* 19(2): 295-309.

- TEAR T., KAREIVA P., ANGERMEIER P., COMER P., CZECH B., KAUTZ R. ET LANDO L., 2005, “ How Much Is Enough? The Recurrent Problem of Setting Measurable Objectives in Conservation”. *BioScience* 55(10):835-849.
- THENAIL ET BUREL, 2010. “Trame Verte en milieu agricole : définition et spécificités”. Journée d'échange TVB et agriculture, Paris.
- THOMPSON J. ET CAILLOT E., 2013, “Suivi des populations. Techniques, Méthodes et perspectives”. *Espaces Naturels* 41:20-33.
- THOMSEN P., KIELGAST J., IVERSEN L., WIUF C., RASMUSSEN M., THOMAS M., GILBERT P., ORLANDO L. ET WILLERSLEV E., 2011. “Monitoring endangered fresh water biodiversity using environmental DNA”. *Molecular Ecology* 21:2565–2573.
- TILMAN D., LEHMAN C., MARTIN A. N. ET MAY R., 1994. “Habitat destruction and the extinction debt”. *Nature* 371:65-66.
- TOUROULT J., 2012. “Quels indicateurs pour mesurer et évaluer les opérations de restauration ? ”. Actes du colloque Restauration Ecologique : quand conserver ne suffit plus ! 46p
- TROSA S., 2003. “L'évaluation des politiques publiques - les notes de benchmarking international », Institut de l'Entreprise, 75 p.
- TUCKER ET EVANS 1997. “Birds in the european union a status assessment”
- VANAPPELGHEM C., HOUARD X. ET GOURMAND A.L., 2013. “Articuler plan national d'actions et suivis sur le site”. *Espace Naturels* 41:32-33.
- VANPEENE S. ET BERNE B., 2004. “Fréquentation par la petite faune de passages aménagés de l'Axe de Bièvre (Isère) : méthode de suivi et résultats”. 4èmes rencontres "Routes et petite faune sauvage, 13p.
- VANPEENE S., PISSARD P.A. ET KOPF M., 2013. “Prise en compte de la biodiversité dans les projets d'aménagement : comment améliorer la commande des études environnementales ? ” *Développement Durable et territoires* 4(1), 14p.
- VERHEYDEN H., BONNET X. ET LELIEVRE H., 2008. “Reptiles et environnement routiers : risques et bénéfiques ”. Actes du colloque « Routes et petite faune sauvage”, p12-16.
- VIGNON V., 2004. “Suivi de l'utilisation des passages pour la faune à l'aide de pièges photographiques”. 4èmes rencontres "Routes et petite faune sauvage", 6p.
- VIRY D., 2013. “État de conservation des habitats humides et aquatiques d'intérêt communautaire. Méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000. Guide d'application. Version 1”. Service du patrimoine naturel, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 33 p.
- VOS P., MEELIS E. ET TER KEURS, 2000. “A Framework for the Design of Ecological Monitoring Programs as a Tool for Environmental and Nature Management”. *Environmental Monitoring and Assessment* 61(3):317-344.
- WIENS J.A., 2001. THE LANDSCAPE CONTEXT OF DISPERSAL. IN COULON A., ANGIBAUT J.M., CARGNELUTTI B., GOULARD M., HEWISON A.J.M. ET MORELLET N., 2008. “Inferring the effects of landscape structure on roe deer (*Capreolus capreolus*) movements using a step selection function”. *Landscape Ecology* 23:603-614.
- WILCOVE D.S., DOBSON A.P. ET MCLELLAN C.H., 1986. “Habitat fragmentation in the temperate zone”. *Conservation Biology* p 237-256.
- YOCCOZ, N.G., NICHOLS, J.D. ET BOULINIER, T., 2001. “Monitoring of biological diversity in space and time”. *Trends Ecol. Evol.* 16:446–453.

## Glossaire

**ADN environnemental :** l'ADN environnementale est l'ADN qui est laissé dans le milieu par les individus. Les fèces, l'urine et les cellules d'épiderme sont les sources les plus communes d'ADN environnementale (Thomsen *et al.*, 2011).

**Arborescence d'un plan de gestion :** système d'emboîtements cohérents indispensable à la lisibilité du plan de gestion et à la définition de priorités de gestion.

**Bio-indicateur :** Organisme végétal ou animal qui fait l'objet de mesure permettant d'indiquer la présence ou les effets des polluants. Exemple : Lichens, truite, abeille. Les bio-indicateurs sont des outils d'évaluation de la qualité de l'environnement.

**Bio-puces :** A la différence des dispositifs de bio-téléométrie, les bio-puces stockent l'information dans des mémoires mais elle n'est pas retransmise à un récepteur (Ropert-Coudert *et al.*, 2012). L'intérêt des bio-puces est qu'elles s'affranchissent ainsi des problèmes de transmission de données, par exemple du fait d'une forte diminution du signal dans des milieux forestiers denses. Un développement technologique majeur a été celui des Global Localisation Sensors (GLS). Ce sont des systèmes miniaturisés qui collectent des mesures d'intensité lumineuse à des intervalles réguliers et permettent de calculer la position d'un individu (Ropert-Coudert *et al.*, 2012).

**Bio-téléométrie :** La bio-téléométrie peut être définie comme la transmission d'information à partir d'un transmetteur placé sur un individu vers un récepteur. Les transmetteurs sont aussi appelés « tags », ils prennent la forme d'antennes ou encore de colliers. L'une des avancées majeures de ces dernières années est le Global Positioning System (GPS) qui est sans doute la technologie la plus utilisée actuellement en bio-téléométrie (comm.pers Coulon).

**Connectivité écologique :** la connectivité exprime globalement la capacité d'un paysage à assurer la satisfaction des besoins de déplacements des espèces entre les différents éléments qui le composent, par l'existence d'un maillage paysager diversifié.

**Diatomée :** Algue microscopique unicellulaire, identifiable à la forme de leur squelette. Omniprésentes dans nos rivières et nos lacs, elles servent d'indicateurs de la qualité des eaux : acidité, salinité, niveau et nature des pollutions organiques

**Invertébrés benthiques :** ils regroupent les espèces animales (zoobenthos) qui vivent en relation étroite avec le substrat des fonds aquatiques, que ce soit à sa surface (épifaune) ou à l'intérieur (endofaune). Ces organismes sont considérés comme de bons indicateurs de la qualité écologique du milieu dans lequel ils vivent pour plusieurs raisons : ils sont sédentaires, ils vivent relativement longtemps, ils disposent d'une large diversité de réponses face à différentes perturbations et ils ont un rôle fondamental dans le réseau trophique (nourriture pour les poissons, les oiseaux,...).

**Macrophytes :** Ensemble des plantes aquatiques macroscopiques, visibles à l'œil nu. Sensibles à la qualité de l'eau et du sédiment, la présence, la prolifération ou au contraire la disparition d'espèces de macrophytes sont des indicateurs du niveau de pollution. L'inventaire des espèces de macrophytes, leur biomasse en poids sec et leur taux de recouvrement permet de définir l'état d'eutrophisation des eaux.

**Mesure compensatoire :** ces mesures consistent en des actions positives pour la biodiversité devant générer une valeur additionnelle au moins égale à la perte qui n'a pas pu être évitée ou réduite. Une mesure compensatoire se définit à partir de l'évaluation écologique d'un impact résiduel qui s'exprime en référence à une unité écologique (surface d'habitats, nombre d'individus, etc.)

**Sciences participatives :** le principe des sciences participatives est de faire appel aux réseaux existants qui veulent bien s'impliquer, et à toute personne volontaire qui accepte de suivre un protocole prédéterminé (Bœuf *et al.*, 2012).

## **Acronymes**

**APB** : Arrêté Préfectoral de Biotope

**ATEN** : Atelier Technique des Espaces Naturels

**CBN** : Conservatoire Botanique National

**CETE** : Centre d'Etude Technique de l'Equipe

**CRPF** : Centre Régional de la Propriété Forestière

**CREN** : Conservatoire Régional des Espaces Naturels

**DCE** : Directive Cadre sur l'Eau

**DDT** : Direction Départementale des Territoires

**DREAL** : Direction Régional de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement

**IRSTEA** : Institut de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture

**MEDDE** : Ministère de l'Ecologie du Développement Durable et de l'Energie

**MNHN** : Muséum National d'Histoire Naturelle

**ONEMA** : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques

**ONF** : Office National des Forêts

**PLU** : Plan Local d'Urbanisme

**PN** : Parc National

**PNR** : Parc Naturel Régional

**RB** : Réserve Biologique

**RN** : Réserve Naturelle

**SCOT** : Schéma de Cohérence Territoriale

**TETIS** : Territoire Environnement Télédétection et Information Spatiale

**TVB** : Trame Verte et Bleue

# **ANNEXES**

## ANNEXE 1 : liste des personnes et structures contactées dans le cadre de cette étude

Nom Prénom	Organisme	Type de structure	Fonction
RodriguezThibaut	CREN LR	Association	Chargé de mission
Brunissen Eric	LPO Alsace	Association	Chargé de missions réseaux écologiques et zones humides
Billaud Fabien	CREN Rhones Alpes	Association	Chargé d'étude
Tissot Anne-Cerise	UICN	Association	Chargée de projet "Indicateurs biodiversité pour les collectivités territoriales"
Hamon Claire	Fédération des PNR	Association	Chargée d'étude TVB
Houard Xavier	OPIE	Association	Coordinateur
Houssard Claudie	CREN LR	Association	Directrice
Kleszczewski Mario	CREN LR	Association	Responsable de projets Faune Flore et Habitat
Provendier Damien	Plantes et cité	Association	Chargé de mission
Flandin Johntan	Labelecojardin-natureparif	Association	Chargé de mission Ecologie urbaine
Baudot Clément	FREDON LR	Organisme sanitaire (autre)	Chargé d'étude
Pereira Vincent	Eiffage Rennes	Société anonyme (autre)	Responsable environnement ligne TGV Bretagne-Pays de Loire
Lacoste Aurélie	EIFFAGE	Société anonyme (autre)	Stagiaire
Stradella Sandy	Ouest'Am	Bureau d'étude	Apprentie
Beley Yann	Ecovia	Bureau d'étude	Chef de projet environnement
Berthoud Guy	ECONAT	Bureau d'étude	Directeur
Allain Jérémy	Vivarmor	Bureau d'étude	Directeur
Déjean Tony	Spygen	Bureau d'étude	Directeur
Menut Thomas	Biotope	Bureau d'étude	Directeur
Michelot Jean Louis	Ecosphère -CEN	Bureau d'étude	Directeur de l'agence Sud-Est
Quétier Fabien	Biotope, service conservation	Bureau d'étude	Directeur d'étude

Thaler Rolland	Ecovia	Bureau d'étude	Ingénieur d'aménagement du territoire
Sordello Romain	MNHN SPN	Centre de Recherche, université	Chef de projet TVB
Chaurand Julie	IRSTEA	Centre de Recherche, université	Chargée d'étude TVB
Vanpeene Sylvie	IRSTEA	Centre de Recherche, université	Chercheur
Luque Sandra	IRSTEA	Centre de Recherche, université	Chercheur
Archaux Frédéric	IRSTEA	Centre de Recherche, université	Chercheur
Coulon Aurélie	MNHN	Centre de Recherche, université	Chercheur
Blanchet Simon	Université Toulouse	Centre de Recherche, université	Chercheur
Raye Gilles	Laboratoire d'écologie Alpine	Centre de Recherche, université	Chercheur
Jabot Franck	IRSTEA - Laboratoire d'Ingénierie pour les Systèmes Complexes	Centre de Recherche, université	Chercheur
Julliard Romain	MNHN	Centre de Recherche, université	Chercheur
Thompson John	CEFE	Centre de Recherche, université	Directeur de recherche
Dutoit Thierry	UMR IMBE	Centre de Recherche, université	Directeur de Recherche
Cavaillé Paul	IRSTEA Grenoble	Centre de Recherche, université	Doctorant Ecosystèmes montagnard
Amsallem Jennifer	IRSTEA	Centre de Recherche, université	Ingénieur d'étude TVB
Dodane Clément et Mazagol Pierre-Olivier	Laboratoire ISTHEM	Centre de Recherche, université	Post doc
Pissard Pierre André	IRSTEA	Centre de Recherche, université	Chercheur
Perennou Christian	Tour du Valat	Centre de Recherche, université	Responsable de projets
Deshayes Michel	IRSTEA	Centre de Recherche, université	Responsable équipe Biodiversité
Raevel Valérie	DREAL LR	Collectivité, administration, institution	Chargé de mission TVB
Marsteau Christine	DREAL LR	Collectivité, administration, institution	Chargée de mission Réserve Naturelle

Le Fur Evanne	Direction des Paysages Montpellier	Collectivité, institution	administration,	Chargée d'étude
Gravé Eric	Direction Interdépartementale des Routes	Collectivité, institution	administration,	Chargé de mission développement durable
Boudarel Patrick	DREAL LR	Collectivité, institution	administration,	Chargé de mission Plans Nationaux d'Actions
Carsignol Jean	CETE de l'Est	Collectivité, institution	administration,	Ingénieur écologue
Esteben Marc	DREAL LR	Collectivité, institution	administration,	Inspecteur des sites
Mateu Sylvain	DDT Gard	Collectivité, institution	administration,	Référent Biodiversité - chargé de Natura 2000
Muin Emilien	Conservatoire du Littoral LR	Conservatoire littoral, conservatoire botanique		Chargé de la stratégie d'acquisition foncière
Chammard Emilie	CBN Sud Atlantique	Conservatoire littoral, conservatoire botanique		Chargée de mission
Cornier thierry	Conservatoire Botanique National de Bailleul	Conservatoire littoral, conservatoire botanique		Chef du Service scientifique Assistance et Conseil
Bazin Patrick	Conservatoire du littoral (direction)	Conservatoire littoral, conservatoire botanique		Ingénieur
Esslinger Marc	PNR Causses du Quercy	Espace naturel		Biodiversité, TVB, agri-environnement
Derout Dominique	Eden 62	Espace naturel		Chargé de mission
Mézac Annaëlle	PNR Golfe du Morbihan	Espace naturel		Chargé de mission Biodiversité et urbanisme
Jannic Nicolas	PNR des Côtes et Marais d'Opale	Espace naturel		Chargé de mission observation/évaluation
Landrieux Gilles	Parcs Nationaux de France	Espace naturel		Adjoint au directeur
Hercent Jean Luc	PNR Oise-Pays de France	Espace naturel		Chargé de mission Patrimoine naturel
Debaive Nicolas	Réserves Naturelles de France	Espace naturel		Chargé de mission scientifique

Douard Anne	Réserves Naturelles de France	Espace naturel	Chargé de mission scientifique
Barnay Anne Sophie	Agence des Aires Marines Protégées	Espace naturel	Chargé du tableau de bord des AMP
Le Gurunn Laëtitia	PNR Armorique	Espace naturel	Chargée de mission
Favre Olivia	Fédération des PNR	Espace naturel	Chargée de mission Charte
Fabien Brimont	ENRx-Nord Pas de Calais	Espace naturel	Ingénieur écologue
Duhayon Gérald	PNR Scarpes Escault	Espace naturel	Responsable du pôle « Ressources et milieux naturels »
Cécile Birard	PNR Volcans d'auvergne	Espace naturel	Responsable pôle biodiversité
Gautier Grégoires	Parc National des Cévennes	Espace naturel	Chargé de mission forêt-Natura2000
Derrien Grégory	Site Gâvres Quiberon	Espace naturel	Vice-directeur
Peress Josée	ONEMA	ONEMA	Chargée d'étude
Benko Sophie	ONEMA	ONEMA	Chef du Département Action Territoriale
Cardon Jean Michel	ONEMA	ONEMA	Chef du Département Action Territoriale
Bouix Thomas	ONF	ONF, ONCFS, CRPF	Chargé d'étude
Gallais Régis	ONCFS	ONF, ONCFS, CRPF	Chargé d'étude
Morin Sophie	Pole Bocage	ONF, ONCFS, CRPF	Chargée d'étude
Soullard Antoine	Centre National de la Propriété Forestières	ONF, ONCFS, CRPF	Stagiaire
Pierquet Patrick	ONF	ONF, ONCFS, CRPF	Technicien

## ANNEXE 2 : principales méthodes de suivi et d'évaluation identifiées

*NB : certaines méthodes peuvent appartenir à plusieurs grands thèmes*

Thème	Cadre de l'évaluation	Outils et méthodes
<b>Grand type de milieu</b>		
<b>Milieu agricole</b>	Observatoire Biodiversité Agricole	Indicateurs d'Etat de la Biodiversité, protocoles d'auto-diagnostic
	Mesures agro-environnementales	Système d'indicateurs
	Diagnostics agro-environnementaux	Plateforme PLAGE
	Certification haute valeur environnementale	Quatre indicateurs sur quatre thématiques (biodiversité, phytosanitaire, fertilisation, eau)
	Concours prairie fleurie	Présence de 4 fleurs parmi une liste préétablie
<b>Milieu forestier</b>	Réserve forestière	Protocole de Suivi Dendrométrie des Réserves Forestières
	Plan de Gestion forêts privées	Indice de Biodiversité Potentielle
	Réserve forestière	Outil Syrphthenet : bio-indicateur basé sur les Syrphes
	Documents d'aménagement	Indicateurs de réalisation mais pas de résultats
<b>Continuités aquatiques</b>	Evaluation de la restauration hydromorphologique des cours d'eau	Guide du suivi minimal (ONEMA)
	Etat écologique des cours d'eau	Bioindicateurs DCE
	Passes à poissons	Téléométrie
		Radiotracking
		Comptage : par résistivité, par piégeage, à travers des vitres
		Flux génétiques
Restauration des berges	Projets de recherche	

<b>Infrastructure linéaires de Transport</b>	Passages à faune	Guides SETRA, European handbook...
	Collisions	Protocole MNHN
<b>Zones humides</b>	Zones humides d'intérêt écologique particulier	Indicateurs de patrimonialité, de biodiversité, de continuité écologique, de fonctionnalité d'habitat
	Inventaire d'espèces rares ou/et discrètes	ADN environnementale
	Evaluation rapide	Adaptation de méthodes américaines
<b>Littoral</b>	Sites du conservatoire du littoral	Evaluation partagée
		Evaluation simplifiée
	Aires Marines Protégées	Tableaux de bords aux échelles du site, régionales et nationales
<b>Etat de conservation des habitats</b>		
<b>Natura2000</b>	Evaluation de l'état de conservation à l'échelle du site Natura2000	Protocoles pour les milieux : forestiers, agropastoraux, dunes littorales, humides, marins, lagunes
<b>Initiatives locales</b>	Evaluation de l'état de conservation à l'échelle de l'unité de gestion	Protocole du CREN LR pour les MAET en Lozère, pour les ENS de l'Hérault
<b>Suivi des espèces</b>		
<b>Suivis biologiques</b>	Expertises naturalistes	Guides ATEN
		Protocoles RNF
		Protocoles par ADN environnemental
		Base de données EUMON
	Sciences participatives	Programme Vigie Nature, initiatives locales
<b>Suivis spécifiques aux déplacements des</b>	Faune	Flux génétiques
		Protocoles par ADN environnemental

<b>espèces</b>		Télémétrie	
		Biopuces	
		Capture Marquage Recapture	
		Capteurs acoustiques	
		Appareils photos et caméras	
	Flore		Flux génétiques
			Expertises sur la colonisation
		Etudes sur la dispersion par zoochorie	
<b>Outils de protection de la Biodiversité</b>			
<b>Parcs Naturels Régionaux</b>	Evaluation de la Charte	Tableau de pilotage, fiches projets	
		Logiciel de gestion des bases de données : EVA	
<b>Parcs Naturels Nationaux</b>	Evaluation de la Charte	Cadre commun pour le suivi et l'évaluation des Chartes en réflexion	
<b>Natura 2000</b>	Evaluation DOCOB (non obligatoire)	Guide ATEN d'évaluation des DOCOB	
		Base de données SUDOCO	
<b>Réserves Naturelles</b>	Evaluation plan de gestion	Tableau de bord	
		Logiciel de gestion des bases de données : SERENA	
<b>Réserves Biologiques</b>	Evaluation de l'état de conservation	Protocole de Suivi Dendrométrique des Réserves Biologiques	
<b>Sites classés (en particulier grands sites)</b>	Evaluation de la gestion	Observatoire du paysage	
<b>Arrêtés préfectoraux de Biotope</b>	Pas d'évaluation à notre connaissance		
<b>Outils d'aménagement</b>			

<b>SCoT</b>	Evaluation des résultats de l'application du SCoT	Système d'indicateur
<b>PLU (selon critères du code de l'environnement)</b>	Evaluation lors de la révision du PLU	Système d'indicateur
<b>SAGE</b>	Evaluation du programme d'actions	Tableau de bord
<b>Agenda 21 et projets de développement durable</b>	Evaluation volontaire	Référentiel du suivi et de l'évaluation du MEDDE
		Méthode d'évaluation participative de Rhônalpénergie-Environnement
<b>Projets d'aménagement</b>		
<b>Mesures compensatoires</b>	Etude d'impact	Doctrine "éviter, réduire, compenser"
<b>Infrastructures linéaires de Transport</b>	Passages à faune	Pièges à traces
		Appareils photographiques et caméras
		Pièges à micromammifères
		Téléométrie
		Outil moléculaire
		Collisions
	Gestion des bords de route	Expertises flores et entomofaunes
<b>Sites d'enfouissement</b>	Restauration des sites	Indice de Qualité écologique