

Guide méthodologique pour la mise en place de suivis de la végétation dans les sites Natura 2000



Emmanuel Quéré
avril 2005

SOMMAIRE

<i>I – PREAMBULE</i>	4
<i>II – LA NOTION DE SUIVI : DEFINITIONS ET INTERETS</i>	6
II. 1 – Définitions	6
II. 2 – Intérêt des suivis scientifiques.....	8
<i>III – MISE EN ŒUVRE D'UN PROTOCOLE DE SUIVI DE LA VEGETATION : LES GRANDES ETAPES</i>	10
III. 1 – Un suivi est conçu pour répondre à des objectifs	10
III. 2 – Avant tout : dresser un bilan des connaissances existantes	10
III. 3 – Le choix du protocole de suivi dépend de l'objet d'étude et de la stratégie d'échantillonnage.....	11
III. 3.1 – Le choix des paramètres et des objets d'étude.....	11
a) le type de végétation et sa dynamique	11
b) les compétences nécessaires	12
c) autres paramètres.....	13
III. 3.2 – La stratégie d'échantillonnage	15
a) le mode d'échantillonnage	15
b) la localisation des échantillons.....	17
c) le nombre et la taille des échantillons	17
III. 3.3 – Durée, période et périodicité des suivis	17
a) la durée des suivis.....	17
b) la période des suivis	18
c) la périodicité des suivis	18
III. 4 – Un point essentiel : la description de l'état initial.....	19
III. 5 – Dans les zones gérées, tout suivi doit comprendre une zone témoin.....	19
III. 6 – La mise en œuvre du suivi sur le terrain demande une organisation matérielle ..	20
III. 6.1 – La matérialisation du suivi	20
III. 6.2 – La fiche de terrain	21
III. 7 – Le traitement des données permet une interprétation des résultats.....	22
<i>IV – DESCRIPTION DES DIFFERENTES METHODES DE SUIVI DE LA VEGETATION</i>	23
IV. 1 – Fiches descriptives	23
Fiche n° 1 : La cartographie par photo-interprétation de terrain.....	24
Fiche n° 2 : La cartographie par photo-interprétation par télédétection	30
Fiche n° 3 : Les relevés phytosociologiques	36
Fiche n° 4 : La méthode des transects	46
Fiche n° 5 : La méthode de la ligne permanente ou des "points contacts" . Erreur ! Signet non défini.	
Fiche n° 6 : La méthode des poignées ou méthode de "De Vries"..... Erreur ! Signet non défini.	
Fiche n° 7 : La cartographie fine d'espèces au sein de carrés permanents . Erreur ! Signet non défini.	
Fiche n° 8 : La méthode des suivis photographiques	Erreur ! Signet non défini.

IV. 2 – Tableaux comparatifs des différentes méthodes de suivis	Erreur ! Signet non défini.
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES CONSULTEES	Erreur ! Signet non défini.
ANNEXES	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 1 : Fiche standardisée de la description des stations d'espèces ..	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 2 : Les représentations graphiques des séries statistiques multidimensionnelles (ou analyses multivariées ou factorielles)	Erreur ! Signet non défini.
L'Analyse Factorielle des Correspondances, l'A.F.C.....	Erreur ! Signet non défini.
L'Analyse Canonique des Correspondances, l'A.C.C.	Erreur ! Signet non défini.
L'Analyse en Composantes Principales, l'A.C.P.....	Erreur ! Signet non défini.
Annexe 3 : Liste des figures et des tableaux	Erreur ! Signet non défini.

Ce document a été réalisé grâce à la collaboration de *Frédéric Bioret* de l'Université de Bretagne Occidentale (conseil méthodologique) et du personnel du Conservatoire Botanique National de

Brest : *Sylvie Magnanon & Marion Hardegen* (coordination et relecture), *Nicole Annezo, Christophe Bougault, Julien Geslin, Catherine Zambettakis* (relecture).

I – PREAMBULE

Le réseau Natura 2000 est fondé sur les Directives européennes dites d'une part "Directive Oiseaux" (Dir. 79/409/CEE), relative à la conservation des oiseaux vivant à l'état sauvage sur le territoire européen, et d'autre part "Directive Habitats, faune, flore" (Dir. 92/43/CEE), relative à la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages. Il a pour objectif la mise en œuvre d'actions concrètes pour "assurer le maintien ou le rétablissement dans un état de conservation favorable, des habitats naturels et semi-naturels et des espèces de faune et de flore sauvages d'intérêt communautaire" (art. 2 de la Directive Habitats).

Ce réseau est constitué de sites d'intérêt communautaire appelés "Zones Spéciales de Conservation", ZSC, pour ceux abritant des habitats et des espèces de l'annexe I et II de la Directive Habitats, et appelés "Zones de Protection Spéciale", ZPS, pour ceux désignés au titre de la Directive Oiseaux.

En France, la désignation des Zones Spéciales de Conservation est accompagnée d'un "Document d'Objectifs" définissant les objectifs et les orientations de gestion ainsi que les moyens à mettre en œuvre au niveau de chaque site.

Conformément à l'article R214-24 du Code Rural, le "Document d'Objectifs" contient une description et une analyse de l'existant (notamment l'inventaire et la cartographie des habitats naturels et des habitats d'espèces d'intérêt communautaire), et fixe des objectifs et des actions visant à assurer la conservation ou la restauration des habitats ou des espèces d'intérêt communautaire inscrits aux annexes I et II de la Directive.

Il définit également la description des procédures d'accompagnement, de suivi et d'évaluation des mesures de gestion proposées.

En effet, l'article 11 de la Directive Habitats stipule que tous les Etats Membres se doivent d'assurer la surveillance de l'état de conservation des espèces et des habitats d'intérêt communautaire, en tenant particulièrement compte des types d'habitats et des espèces prioritaires.

Afin de répondre aux exigences en terme de surveillance de l'état de conservation des habitats et des espèces d'intérêt communautaire, l'article 17 de la Directive Habitats prévoit que tous les six ans, les Etats Membres établissent un rapport d'évaluation qu'ils se doivent de transmettre à la Commission Européenne. Ce rapport porte sur trois points principaux :

- Inventaire des informations concernant les mesures de conservation prises au sein de l'ensemble des Zones Spéciales de Conservation.
- Evaluation des incidences de ces mesures sur l'état de conservation des types d'habitats de l'annexe I et des espèces de l'annexe II.
- Résultats de la surveillance de l'état de conservation des habitats et des espèces d'intérêt communautaire, visée à l'article 11.

En France, le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (MEDD) a confié au Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) le soin de mener une réflexion sur l'évaluation de l'état de conservation des habitats et des espèces, et de centraliser les données. Ensuite, les données synthétisées seront transmises par le MEDD à la Commission européenne.

Mais pour cela, le recueil des données doit s'effectuer de manière concertée et standardisée à tous les échelons que ce soit au niveau national (MEDD, MNHN), régional (DIREN) et au niveau local pour chaque site Natura 2000.

Ainsi, aujourd'hui, les premiers sites Natura 2000 entrent dans leur phase d'évaluation du Document d'Objectifs. L'Atelier Technique des Espaces Naturels (ATEN) a réalisé un travail fournissant un cadre méthodologique aux "outils de l'évaluation-bilan des sites d'intérêt communautaire dans le réseau Natura 2000" (ATEN, 2003). Ce rapport, qui sera testé en 2005, donnera lieu à la publication d'un guide méthodologique. Cependant, ce guide ATEN-EDATER couplé aux réflexions sur l'évaluation de l'état de conservation menée au MNHN ne constituent pas des outils déjà applicables notamment concernant l'impact des mesures de gestion sur les habitats et les espèces. Les opérateurs Natura 2000 ne disposent donc pas de méthode standardisée et validée pour la surveillance de l'état de conservation des habitats et des espèces d'intérêt communautaire ainsi que le suivi de leur évolution suite à des actions de gestion et de restauration (Bischoff, 2000).

En 2000, le Conservatoire Botanique National de Brest (CBNB) s'est vu confier par la DIREN Bretagne, une mission de conseil, d'accompagnement et de validation du travail réalisé par les chargés d'inventaire et de cartographie des habitats terrestres et des habitats d'espèces végétales d'intérêt communautaire dans les sites Natura 2000 de Bretagne. Le CBNB a ainsi été amené à constituer un "pôle de compétences et d'expertises sur les milieux naturels de Bretagne". Il est à ce titre souvent sollicité par l'ensemble des partenaires du réseau Natura 2000 de Bretagne en tant qu'expert "habitats et flore".

Depuis un certain temps, les opérateurs locaux expriment leur besoin d'appui technique et scientifique pour la mise en place de suivis leur permettant d'évaluer l'état des habitats et des espèces végétales ainsi que la pertinence des mesures de gestion mises en œuvre.

En raison de ces sollicitations et interrogations de plus en plus fréquentes et importantes, le CBNB a amorcé en 2004 une mission pour l'évaluation des suivis des habitats et des espèces d'intérêt communautaire.

Par conséquent, comme pour l'inventaire et la cartographie des habitats où le CBNB avait fixé un cadre méthodologique commun afin d'harmoniser régionalement les différentes cartographies de végétation réalisées au sein des sites Natura 2000 bretons, il a semblé nécessaire d'établir un guide méthodologique concernant la démarche à mettre en œuvre pour la mise en place de suivis de la végétation.

Le présent travail s'inscrit dans ce contexte et ce guide constitue un premier document de travail. Il vise à présenter les bases pour la réalisation des suivis de la végétation permettant ainsi d'harmoniser les méthodes utilisées dans les différents sites Natura 2000 bretons et donc de contribuer à répondre aux exigences de l'Europe en terme d'évaluation et de surveillance des habitats et des espèces d'intérêt communautaire.

Après avoir rapidement évoqué la notion de suivi de la végétation dans le contexte Natura 2000, nous détaillerons les étapes successives qu'il est nécessaire de suivre lors de l'élaboration d'un protocole de suivi en tenant compte des objectifs attendus. Enfin, nous présenterons, sous la forme de fiches, les principales méthodes de suivi de la végétation applicables dans le cadre de l'évaluation de l'évolution naturelle des habitats et de l'impact des mesures de gestion sur la végétation.

II – LA NOTION DE SUIVI : DEFINITIONS ET INTERETS

II. 1 – Définitions

L'article 11 de la Directive Habitats précise que "les Etats Membres se doivent d'assurer la surveillance de l'état de conservation des habitats et des espèces d'intérêt communautaire" inscrits à l'annexe I et II en tenant particulièrement compte des habitats et des espèces prioritaires.

L'article 17 de la Directive européenne stipule, quant à lui, l'obligation, pour les Etats Membres, d'établir un rapport d'évaluation comprenant un inventaire des informations concernant les mesures de conservation prises au sein du site, les résultats de la surveillance de l'état de conservation des habitats et des espèces d'intérêt communautaire, et l'évaluation des mesures de conservation prises au sein des Zones Spéciales de Conservation. Cet article oblige donc à la mise en œuvre de suivis scientifiques.

Précisés dans la Directive Habitats, les termes d'inventaire ("survey" en anglais), de surveillance ("surveillance") et de suivi ("monitoring") ne sont pas toujours utilisés à bon escient par les gestionnaires ni même par les scientifiques (Spellerberg, 1991). Nous n'allons pas ici entreprendre une discussion approfondie sur ces définitions mais essayer de formuler des définitions claires permettant de les distinguer facilement.

- **"inventaire"**

Selon "le petit Robert", "un inventaire est une opération qui consiste à énumérer et à décrire les éléments composants l'actif ou le passif d'une communauté, d'une succession, etc".

Hellawell (1991) donne une autre définition du terme "inventaire". Selon lui, un inventaire consiste "en la réalisation d'un ensemble d'observations qualitatives et quantitatives utilisant un protocole normalisé dans une période de temps limitée ; tout ceci étant effectué sans idées préconçues sur les résultats que l'on devrait obtenir".

Il s'agit donc d'une collecte de données à une date et un endroit précis. L'information recueillie peut correspondre tout simplement à la présence-absence des espèces, tout comme à la réalisation d'une cartographie des groupements végétaux au 1/5 000^{ème}.

- **"surveillance"**

Selon "le petit Robert", "la surveillance est le fait de surveiller et représente l'ensemble des actes par lesquels on exerce un contrôle suivi".

Une surveillance représente "un programme étendu d'inventaires fournissant systématiquement des séries temporelles d'observations et de mesures" (Hellawell, 1991).

Il s'agit donc de séries d'inventaires répétés dans le temps mais étant toujours effectués sans idées préconçues sur les résultats que l'on devrait obtenir.

- "suivi"

"le petit Robert", nous précise que "le suivi représente l'action de suivre, de surveiller, pendant une période prolongée, en vue de contrôler".

Selon Hellowell (1991), "le suivi, réalisé de manière régulière ou irrégulière, vise à vérifier le niveau de conformité avec une norme ou une position prédéterminée, en référence à un standard prédéterminé".

Un protocole de suivi est mis en place à la suite d'observations qualitatives, de programmes de collectes de données ou de surveillance, ayant généralement mis en évidence un changement, mais dont les données recueillies ne suffisent pas pour en comprendre tous les aspects (Mass, 2000).

A la différence de la surveillance et surtout de l'inventaire, le suivi est donc beaucoup plus précis dans l'élaboration de son protocole, et a pour objectif de répondre à une question précise, une hypothèse de départ.

Inventaire	Surveillance	Suivi
- ensemble d'observations qualitatives et quantitatives dans une période de temps limitée	- séries d'inventaires répétés dans le temps	- séries de collectes de données répétés dans le temps
- sans idées préconçues du résultat à obtenir	- sans idées préconçues du résultat à obtenir	- a pour objectif de répondre à une question précise, une hypothèse de départ
- défini dans l'espace et dans le temps mais souvent réalisé qu'une seule fois	- défini dans l'espace et dans le temps et généralement réalisé de manière répétitive	- défini dans l'espace et dans le temps réalisé de façon répétitive avec une interprétation finale des résultats
<p><i>Exemples</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>inventaire des espèces végétales présentes dans le marais du Curnic en Guissény</i> - <i>cartographie au 1/5000^{ème} des groupements végétaux du site Natura 2000 de Guissény (Bougault & al., 2000)</i> 	<p><i>Exemples</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>comptage annuel des pieds de Limonium humile (Quéré & Magnanon, 2003)</i> - <i>cartographies répétées des grands types de milieux</i> 	<p><i>Exemples</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>comptage et localisation annuel des pieds de Liparis loeselii en Crozon (Magnanon & Annezo, 2002)</i> - <i>cartographie fine des individus afin d'apprécier la dynamique de recolonisation des végétaux dans une zone étrepée</i> - <i>suivi de l'impact du pâturage sur la végétation de prairies permanentes (Fortune, 2004)</i> - <i>comparaison de cartographies de végétation (Quéré & Magnanon, 2003)</i>

Tableau 1 : Notions d'inventaire, de surveillance et de suivi

II. 2 – Intérêt des suivis scientifiques

- **Intérêt des "inventaires"**

Les inventaires biologiques fournissent une bonne perception de la présence et de la répartition des habitats et des espèces au sein d'un site, d'une parcelle. La réalisation de ces inventaires permet d'identifier et de localiser les espèces et les habitats rares ou protégés contribuant ainsi à donner au site un fort intérêt patrimonial.

Ils jouent notamment un rôle essentiel dans la première étape du suivi qui consiste en la réalisation d'un bilan initial du site grâce aux connaissances écologiques acquises par le biais de ces inventaires.

- **Intérêt de la "surveillance"**

L'intérêt de la surveillance réside dans la répétition régulière des collectes de données. Elle permet d'estimer, à la différence de l'inventaire qui n'est souvent réalisé qu'une seule fois, les évolutions de présence et de répartition des habitats et des espèces sur une période pouvant être considérée comme du moyen à long terme.

- **Intérêt d'un "suivi" de la végétation et des espèces végétales**

En matière de suivi, le gestionnaire peut mettre en place un grand nombre de dispositifs, plus ou moins coûteux et précis, mesurant divers facteurs biotiques et abiotiques. Cependant, le suivi de la végétation constituera généralement l'investigation prioritaire du gestionnaire.

En effet, la végétation, ou plus précisément sa structure et sa composition floristique, reflète les conditions écologiques particulières du milieu (édaphiques, géologiques, climatiques, etc.). La végétation constituera donc souvent le premier indicateur de l'état d'un écosystème et de son évolution.

La mise en œuvre de suivis de la végétation et des espèces représente donc un outil indispensable pour de nombreux acteurs de l'environnement :

- recueil de précieuses informations sur le fonctionnement des écosystèmes
- connaissance de la dynamique des groupements végétaux et de l'évolution des populations végétales
- outil d'aide à la gestion
- outil pédagogique

- **Intérêt d'un "suivi" scientifique dans le contexte Natura 2000**

En application des articles 11 et 17 de la Directive Habitats, la mise en place des suivis scientifiques dans les sites Natura 2000 permettra d'assurer la surveillance de l'état de conservation des habitats et espèces d'intérêt communautaire et d'évaluer les mesures de conservation prises au sein des Zones Spéciales de Conservation.

Les suivis mis en œuvre répondent à des problématiques et objectifs différents :

- Les suivis écologiques serviront, dans un premier temps, à **évaluer l'évolution des tailles des habitats et des populations d'espèces d'intérêt communautaire et de leur état de conservation.**
- Ils permettront également **d'apprécier le degré d'efficacité des mesures de gestion mises en œuvre**, leurs conséquences sur le milieu, leur adéquation avec les objectifs initiaux du "Document d'objectifs".
S'il est important de gérer et de suivre les habitats en mauvais état de conservation, il est également impératif de suivre l'évolution spontanée des habitats jugés en bon état de conservation afin de mieux connaître leur évolution naturelle et de s'assurer que le choix de la non-intervention va bien dans le sens des résultats attendus.
De plus, des suivis pourront permettre d'évaluer la pertinence de mesures de gestion mis en œuvre de façon expérimentale sur des parcelles "test" occupant des surfaces restreintes et constituant des échantillons représentatifs du milieu. En cas de résultats concluants, ces méthodes de gestion pourront être étendues à une plus grande échelle.
- En fonction des résultats du suivi, un éventuel dysfonctionnement du milieu peut apparaître, tout comme de nouvelles problématiques. Dans ce cas, les conclusions du suivi permettront de réajuster la gestion du milieu au plus près des objectifs fixés par le Document d'objectifs.
- La mise en place de protocoles de suivi harmonisés est indispensable pour rendre possible la comparaison des sites, des habitats et des espèces, des mesures de gestion, entre eux.

En complément des suivis de la végétation, des suivis spécifiques peuvent être réalisés et notamment des suivis faunistiques. C'est notamment le cas pour évaluer l'état de conservation de certains habitats comme par exemple l'habitat EUR 15 : 3260-3 "rivières à renoncules oligo-mésotrophes à méso-eutrophes, acides à neutres" où il pourrait être préférable de suivre l'abondance et la répartition d'espèces animales aquatiques, comme le saumon ou la truite, caractérisant une eau de bonne qualité, en lieu et place d'un suivi de la végétation apportant moins d'informations quant à l'état de conservation de l'habitat.

Les besoins d'inventaire, de surveillance et de suivi sont donc primordiaux. Sans eux, de bonnes décisions de gestion ne peuvent être prises et les impacts de la gestion ne peuvent être évalués.

Les méthodes de suivi se doivent donc d'être objectives, capables de fournir les informations attendues, et surtout reproductibles dans le temps afin de permettre des comparaisons directes.

III – MISE EN ŒUVRE D'UN PROTOCOLE DE SUIVI DE LA VEGETATION : LES GRANDES ETAPES

Un même protocole de suivi de la végétation n'est, en aucun cas, ni applicable à l'ensemble des sites Natura 2000, ni à tous les habitats et espèces végétales. Chaque site est unique de par ses caractéristiques écologiques, ses pratiques de gestion, son historique.

La méthode de suivi à retenir doit donc être adaptée à ces particularités.

Elle doit également être définie en fonction d'un certain nombre de critères dont la prise en compte doit s'organiser en étapes bien particulières que nous allons détailler ci-dessous.

Le but recherché n'est pas d'élaborer une formule conduisant à la réalisation d'un suivi idéal, mais de préciser les étapes successives essentielles dans le choix d'un protocole de suivi (Vives, 1996).

III. 1 – Un suivi est conçu pour répondre à des objectifs

La définition des objectifs correspond à l'étape primordiale dans l'élaboration du protocole de suivi. Il faut rappeler qu'un suivi consiste en la mise en œuvre d'observations qualitatives, de programmes de collecte de données, afin de répondre à une question précise, une hypothèse de départ. Ce sont donc les objectifs qui vont guider la définition du type de suivi à mettre en œuvre afin de répondre à la problématique posée.

Les objectifs du suivi vont conditionner le niveau de précision de l'étude, le type d'objet à analyser, la méthode de suivi et la stratégie d'échantillonnage à utiliser.

Ainsi, dans le cadre de Natura 2000, on peut définir (de manière non exhaustive) cinq grands "objectifs de suivi" en fonction des exigences de la Directive Habitats et plus particulièrement des articles 11 et 17 :

- **Suivi de la répartition des habitats au sein du site**
- **Suivi de l'évolution de l'état de conservation des habitats**
- **Suivi des impacts des mesures de gestion sur les habitats**
- **Suivi de l'évolution de l'état de conservation des populations d'espèces**
- **Suivi des impacts des mesures de gestion sur les populations d'espèces**

III. 2 – Avant tout : dresser un bilan des connaissances existantes

Une fois les objectifs fixés, le gestionnaire doit identifier le contexte dans lequel se trouve l'objet d'étude.

Une étape de diagnostic écologique, dressant le bilan des connaissances existantes, est donc nécessaire. Cela consistera, dans un premier temps, à recueillir l'ensemble des inventaires et des résultats de la surveillance (cartographie de la végétation du site, inventaire et cartographie des espèces végétales, comptages, etc.). Ainsi, le gestionnaire disposera d'une base de travail lui permettant de décrire les éléments structurants de la végétation et d'identifier et de localiser les enjeux patrimoniaux en terme d'habitats et d'espèces.

Parallèlement, une recherche bibliographique doit être menée afin de recenser tous les documents et informations nécessaires à une meilleure compréhension du site, des habitats et des espèces. Ce sont notamment les informations sur les pratiques agricoles anciennes et actuelles qui vont fournir de précieux renseignements quant à la structuration et au fonctionnement des différents habitats et quant à la présence d'espèces à forte valeur patrimoniale.

Ce bilan permettra d'évaluer l'état des connaissances du site (connaissances floristiques, faunistiques, hydrologiques, etc) et de mettre ainsi en évidence des manques d'information pouvant nécessiter des études complémentaires.

Cet état des connaissances ne permettra pas de répondre à la problématique émise lors de la définition des objectifs du suivi, mais les informations recueillies seront d'une grande utilité lors du choix de la méthode de suivi et de la stratégie d'échantillonnage.

III. 3 – Le choix du protocole de suivi dépend de l'objet d'étude et de la stratégie d'échantillonnage

III. 3.1 – Le choix des paramètres et des objets d'étude

Avant de choisir une méthode de suivi de la végétation, le gestionnaire doit définir les indicateurs les plus pertinents par rapport à ce qu'il veut suivre (surface d'habitats, état de conservation, nombre d'individus d'espèces, etc.). Cela passe donc par l'identification des objets d'étude, qui lui apporte le maximum d'informations afin de répondre à l'objectif fixé.

Dans le cadre de Natura 2000, on peut considérer que les objets d'étude peuvent correspondre à quatre échelles de précision différente :

- **l'ensemble du site Natura 2000**
- **une portion de site ; un ensemble d'habitats**
- **un habitat particulier**
- **une population d'espèces**

De plus, le gestionnaire doit s'interroger sur les paramètres qu'il souhaite étudier et ainsi identifier le type de résultats qu'il désire recueillir toujours en lien direct avec l'objectif de l'étude. **Les paramètres biologiques étudiés peuvent ainsi correspondre à la dynamique spatiale, la structure de la végétation, la composition floristique, l'abondance des différentes espèces, etc.**

Une fois que l'objet d'étude et les paramètres biologiques ont été identifiés, le choix d'une méthode de suivi peut être envisagé. Deux facteurs influencent principalement la prise de décision de la méthode à employer ; le type de végétation et sa dynamique, et les compétences disponibles.

a) le type de végétation et sa dynamique

Toutes les méthodes de suivi ne sont pas applicables dans tous les types de milieu. Le gestionnaire devra obligatoirement tenir compte de ce facteur dans la détermination de son choix de méthode. Une végétation dense ne sera pas suivie de la même manière qu'une végétation ouverte, de même que les méthodes de suivis seront probablement différentes entre une végétation rase annuelle et une végétation haute et vivace.

La dynamique de la végétation joue également un rôle important dans le choix de la méthode de suivi.

Lorsque l'évolution du milieu est lente, comme dans les tourbières ou les prés salés, des suivis relativement précis, comme les relevés phytosociologiques, peuvent être envisagés sans difficulté. Ils peuvent être facilement couplés à une cartographie fine d'espèces dans le cas d'une zone gérée par étrépage par exemple ou en cas de présence d'espèces végétales à forte valeur patrimoniale.

Lorsque le suivi s'effectue dans un milieu à forte dynamique, la même méthode peut toujours être employée mais la vitesse de colonisation ou le nombre trop important d'espèces dans le carré permanent empêcheront la réalisation d'une cartographie fine même sur du court terme. Cette méthode pourra facilement être remplacée par celle des transects permettant de suivre plus aisément l'évolution de la végétation dans l'espace.

Indépendamment des méthodes de suivis choisies, il est intéressant de les compléter par un suivi photographique.

b) les compétences nécessaires

La majorité des méthodes de suivi nécessite que l'observateur dispose de compétences élevées en écologie végétale et plus particulièrement en botanique. Il en va de la pertinence des suivis notamment lors de l'interprétation des résultats.

L'influence de l'observateur de terrain peut agir principalement sur deux facteurs :

➤ **La précision du recueil des données de terrain**

Ainsi, plus une méthode de suivi est précise, plus les observations doivent être d'une extrême rigueur même au détriment du temps de collecte des données de terrain.

➤ **La reproductibilité de la méthode**

Ce facteur est essentiel dans le cas des suivis cartographiques notamment pour la "photo-interprétation" de terrain où les différences peuvent être importantes dans le choix de la typologie, de l'échelle de cartographie, de l'identification des unités de végétation sur le terrain.

La définition d'un cadre méthodologique strict pour la cartographie permet de réduire les risques de différences d'interprétation. Ainsi, en Bretagne, au sein des sites Natura 2000, l'obligation de respecter un cahier des charges pour l'inventaire et la cartographie des habitats terrestres, permettra la reproductibilité des cartographies de végétation et leur comparaison ultérieure (Bougault & *al.*, 2003).

Par ailleurs, une attention particulière doit être portée aux méthodes de suivi recueillant leurs données de façon subjective. Par exemple, dans le cas de relevés phytosociologiques, le suivi doit être effectué par un botaniste ayant de bonnes bases en phytosociologie et à chaque fois par le même observateur. Cela aura pour conséquence de minimiser les erreurs d'estimation lors de l'attribution des coefficients de recouvrement de la végétation.

Ainsi, en cas d'un manque de savoir-faire du gestionnaire, il devra nécessairement faire appel à une structure compétente en matière d'étude et de suivi des milieux naturels. Cela pourrait être, d'une part le Conservatoire Botanique National de Brest et des laboratoires universitaires pour la définition du protocole de suivi, et d'autre part des bureaux d'études, des associations de protection de la nature ou des personnels des sites Natura 2000 pour la réalisation des suivis.

c) autres paramètres

Parallèlement à la recherche des compétences disponibles, le gestionnaire devra également se munir des supports matériels (orthophotographie, etc.) disponibles pour assurer correctement le suivi. Cette étape qui consiste à réunir les supports généralement cartographiques est impérative mais pas toujours facile.

C'est donc à ce stade de la mise en œuvre d'un protocole de suivi qu'une ou plusieurs méthodes de suivi seront retenues en fonction :

- **des objectifs**
- **de l'objet d'étude**
- **des paramètres biologiques étudiés**
- **du type de végétation**
- **des compétences et des supports matériels disponibles**

Le **tableau 2** synthétise les différentes méthodes de suivi utilisables dans le cadre d'un suivi de la végétation dans les sites Natura 2000.

Il est évident que selon les financements et les compétences disponibles, les opérateurs ne pourront pas tous mettre en place des suivis extrêmement précis. C'est pourquoi, afin d'assurer un standard minimum en terme de suivi de la végétation, un recueil de données minimales sur l'ensemble des sites est indispensable.

Peu coûteux en temps de collecte et de traitement des données, les informations minimales à recueillir sont basées (dans tous les cas) sur le principe des relevés phytosociologiques.

Ainsi, pour chaque suivi, les informations suivantes devront être collectées *a minima* :

- **caractéristiques générales de la station ou du secteur suivi (localisation géographique, caractéristiques écologiques, croquis de localisation du carré permanent, etc.)**
- **pourcentage de recouvrement de la végétation par rapport au sol nu**
- **hauteur moyenne de la végétation**
- **liste des espèces présentes dans la zone de suivie affectées de leur coefficient d'abondance-dominance**
- **photographie de la station suivie**

Objectifs du suivi	Objets d'étude			
	Totalité du site (ex. site Natura 2000)	Portion de site = Ensemble d'habitats	Un habitat particulier	Une population d'espèce
Suivi de la répartition des habitats au sein du site (suivi des contours)	- Cartographie de la végétation par photo-interprétation (de terrain ou utilisant la télédétection)	- Cartographie de la végétation par photo-interprétation (de terrain ou utilisant la télédétection) - Transects	- Suivi de l'évolution spatiale de l'habitat par cartographie fine de ses contours	
Suivi de l'évolution de l'état de conservation des habitats	- A l'échelle du site, le suivi de l'état de conservation sur les habitats doit se faire en analysant le cumul des informations obtenues lors des suivis relatifs à chacun des habitats	Méthode d'analyse de la structure et de la composition floristique c'est-à-dire : - Transects - Relevé phytosociologique au niveau de carrés permanents	Méthode d'analyse de la structure et de la composition floristique c'est-à-dire : - Relevé phytosociologique - Points contacts - Méthode de De Vries	
Suivi des impacts des mesures de gestion sur les habitats	- A l'échelle du site, le suivi des impacts des mesures de gestion sur les habitats doit se faire en analysant le cumul des informations obtenues lors des suivis relatifs à chacun des habitats	Méthode d'analyse de la structure et de la composition floristique c'est-à-dire : - Transects - Relevé phytosociologique au niveau de carrés permanents	Méthode d'analyse de la structure et de la composition floristique c'est-à-dire : - Relevé phytosociologique - Points contacts - Méthode de De Vries	
Suivi de l'évolution de l'état de conservation des espèces				- Comptages - Cartographie fine au sein de carrés permanents - Relevé phytosociologique au sein de la population
Suivi des impacts des mesures de gestion sur les espèces	- Cartographie périodique de la localisation des espèces remarquables au sein du site (pointage des stations sur support cartographique)			- Comptages - Cartographie fine au sein de carrés permanents - Relevé phytosociologique au sein de la population

Tableau 2 : Méthodes utilisables dans le cadre d'un suivi de la végétation dans les sites Natura 2000

III. 3.2 – La stratégie d'échantillonnage

L'échantillonnage est un élément essentiel dans un protocole de suivi puisqu'il est généralement impossible de suivre l'objet d'étude dans son ensemble, qu'il s'agisse d'une population d'espèce végétale ou d'un habitat.

La stratégie d'échantillonnage consiste à définir le mode d'échantillonnage, la localisation des échantillons, le type d'échantillon à prélever (forme, surface, etc.) et un nombre d'échantillons devant être recueillis sur le terrain. Il conditionne également le mode de traitement des données et donc la nature des résultats (Fiers, 2003).

a) le mode d'échantillonnage

L'analyse d'une parcelle entière ou de l'ensemble d'un secteur géré, si elle ne se révèle pas impossible à réaliser, serait dans tous les cas extrêmement longue et contraignante, surtout si l'étude est de nature quantitative. C'est pourquoi un échantillonnage représentatif de la zone à étudier est nécessaire.

La décision d'utiliser telle ou telle méthode d'échantillonnage dépend de l'objectif de l'étude, du degré de précision recherché, du temps et des moyens humains disponibles. Cependant, c'est principalement la méthode de suivi choisie qui orientera l'observateur dans son choix du mode d'échantillonnage (Goldsmith, 1991).

Le mode d'échantillonnage consiste en la manière de répartir les échantillons au sein d'une zone étudiée. Quatre modes d'échantillonnage, plus ou moins fréquemment utilisés, peuvent être distingués : l'échantillonnage au hasard, systématique, stratifié et subjectif.

➤ **L'échantillonnage au hasard**

L'échantillonnage aléatoire simple est une méthode consistant à prélever plusieurs échantillons au hasard au sein d'une parcelle ou d'un habitat. Plusieurs techniques sont utilisées mais deux méthodes de répartition des échantillons reviennent régulièrement :

- la première correspond à la technique des lancers où un objet, souvent un cercle d'un diamètre défini, est lancé au hasard dans la végétation.
- La seconde consiste en un quadrillage de la zone à étudier. Chaque maille se voit attribuer un numéro et c'est ensuite un tirage au sort qui désignera l'emplacement des échantillons à analyser (méthode de De Vries) (*Figure 1*).

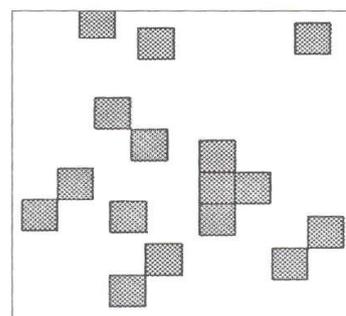


Figure 1 : Echantillonnage au hasard (Fiers, 2003)

Cette méthode d'échantillonnage est très intéressante car les échantillons sont choisis au hasard, donc indépendants entre eux, ce qui permet une analyse statistique rigoureuse des observations.

➤ L'échantillonnage systématique

Pour ce type d'échantillonnage, les échantillons sont prélevés de manière régulière au sein d'une parcelle ou d'un habitat ; la distance entre chaque échantillon étant déterminée au préalable (*Figure 2*). Un quadrillage est couramment utilisé pour la délimitation des échantillons, maillage pouvant correspondre à des lignes permanentes disposées parallèlement les unes par rapport aux autres comme pour la méthode de De Vries.

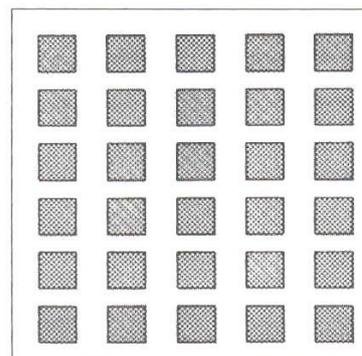


Figure 2 : Echantillonnage systématique (Fiers, 2003)

➤ L'échantillonnage stratifié

Cette méthode est principalement utilisée quand la zone étudiée n'est pas homogène. L'échantillonnage distingue alors, au sein de cette aire hétérogène, des sous-parties homogènes ; on parle alors d'échantillonnage par strate.

Ces strates peuvent correspondre à des positions topographiques, des compositions pédologiques ou floristiques, des gestions agronomiques différentes. Une fois les strates déterminées, le gestionnaire répartit ses échantillons souvent au hasard au sein des différentes strates selon un nombre d'échantillons proportionnels à la surface de chacune.

Bien qu'intéressant, ce mode d'échantillonnage reste peu utilisé, si ce n'est pour la méthode des transects.

➤ L'échantillonnage subjectif

Ce mode d'échantillonnage correspond au fait que c'est l'observateur qui désigne l'emplacement des échantillons quand il juge que la position choisie est caractéristique d'un groupement végétal particulier, d'une pratique de gestion, etc.

Si cette technique, couramment utilisée pour les relevés phytosociologiques et les carrés permanents est très pratique quant aux résultats obtenus, le traitement rigoureux des données de façon statistique n'est pas possible ; le fait de choisir l'emplacement des prélèvements biaisant les résultats.

Le choix du mode d'échantillonnage dépend de la méthode de suivi choisie par le gestionnaire mais également des possibilités de traitement et d'interprétation des données.

Que ce soit dans le cas d'un suivi mettant en œuvre des relevés phytosociologiques, la méthode des points contacts ou une cartographie fine des espèces ou des habitats, l'échantillonnage est réalisé de manière subjective dans des zones homogènes représentatives du milieu ou de l'espèce faisant l'objet du suivi.

Lorsque l'on fait appel aux transects, l'observateur cherchera à placer le long de son transect (là aussi de façon subjective) le plus grand nombre d'unités de végétation en fonction des caractéristiques écologiques, géologiques, topographiques et pédologiques. Puis l'échantillonnage s'effectuera de manière stratifiée au sein des sous-parties homogènes du transect.

b) la localisation des échantillons

➤ Dans le cadre d'un **suivi de la répartition des habitats au sein du site**, à l'aide de l'inventaire et de la cartographie des habitats intégrés dans un Système d'Information Géographique (S.I.G.), il est possible de sélectionner les zones à échantillonner en fonction des types d'habitats, et plus particulièrement en fonction de leur état de conservation et de leur distribution dans le site.

➤ Dans le cas d'un **suivi ayant pour but d'étudier l'impact des mesures de gestion sur la végétation**, ces échantillons seront localisés dans les secteurs gérés mais également dans des zones de mêmes conditions écologiques mais non soumises à la gestion afin de constituer une zone témoin (voir III- 5).

➤ Si l'on prend l'exemple d'un **suivi de l'évolution des populations d'espèces végétales remarquables**, la première étape consiste en une localisation, sous la forme d'une cartographie précise, de l'ensemble des stations d'espèces présentes au sein du site. Les orthophotographies pourront servir de support cartographique et les contours obtenus pourront facilement être digitalisés et intégrés au sein du S.I.G. du site concerné. La description des différentes stations, dont notamment l'évaluation des effectifs et les menaces pesant sur les espèces, représente la seconde étape à réaliser dans la mise en œuvre de l'état initial concernant un suivi d'espèces végétales. Les données à recueillir sont présentées dans l'**annexe I**.

Ainsi, à partir de ces informations recueillies, il sera possible d'élaborer le mode d'échantillonnage à mettre en œuvre au sein du site et notamment la localisation des différents échantillons.

c) le nombre et la taille des échantillons

Si la taille des échantillons est généralement définie (méthode de De Vries : 25 cm², relevé phytosociologique : calcul de l'aire minimale), le nombre d'échantillons à prélever est très variable.

Logiquement pour que les résultats obtenus soient fiables et fidèles aux réalités de terrain, le nombre d'échantillons doit être relativement important. L'utilisation de certains calculs statistiques nécessite un nombre minimal d'observation. Cependant, dans la pratique, il en est tout autrement, notamment pour l'échantillonnage des populations d'espèces.

Dans le cas de l'échantillonnage des habitats, il est presque toujours possible de trouver suffisamment de milieux homogènes représentant l'habitat. Par contre, pour un suivi d'espèces végétales à forte valeur patrimoniale, les faibles surfaces d'étude font que souvent la localisation, le nombre et la taille des échantillons restent limités dans l'espace.

III. 3.3 – Durée, période et périodicité des suivis

a) la durée des suivis

Quand on met en place un suivi, on espère toujours disposer de moyens suffisants pour obtenir des résultats sur le long terme. Malheureusement, en France, c'est encore rarement possible et il est alors préférable de privilégier un protocole de suivi simple mais durable plutôt qu'un suivi lourd en terme de mise en œuvre et d'interprétation des données, et qui ne pourrait se maintenir dans le temps.

Un suivi se doit d'être suffisamment précis pour suivre la dynamique d'un habitat après gestion tout en permettant d'évaluer l'évolution naturelle de la végétation sur le long terme.

Un suivi ne s'arrête donc pas au bout de quelques années, et dans le cadre de Natura 2000 ne doit pas s'interrompre au bout des six ans au moment de la réactualisation du Document d'Objectifs.

On a tout intérêt à prolonger la durée du suivi afin de recueillir de nouvelles informations, quitte à augmenter la périodicité des suivis de 1 an à 2-3 ans.

On peut considérer que la durée minimale d'un suivi est d'environ cinq ans, période au bout de laquelle on peut commencer à interpréter les résultats (à l'exception des habitats à faible dynamique comme les habitats forestiers). Cependant, une durée de dix ans voire plus serait idéale afin d'éliminer les possibilités de variations dues aux aléas climatiques.

b) la période des suivis

La période du suivi dépend nécessairement du type de milieu concerné. Ainsi, en milieu dunaire, afin de prendre en compte le plus grand nombre d'espèces annuelles vernalles et les espèces estivales, c'est le mois de juin qui offre le meilleur compromis pour l'identification d'un maximum d'espèces végétales au cours d'un seul relevé annuel. De même, en milieu humide, la période d'observation sera plutôt estivale. Dans l'absolu, le relevé doit toujours être effectué à la même date. Cependant, la période d'observation peut fluctuer de quelques jours voire de quelques semaines en fonction des conditions météorologiques (été sec ou pluvieux, etc.), du stade phénologique des plantes, etc.

Le **tableau 3** précise les périodes optimales d'observation par grands types de milieu. Il ne s'agit que de périodes indicatives devant être adaptées dans certain contexte particulier (ex. : pelouse littorale à ophioglosse se développant durant l'hiver).

<i>Type de milieu</i>	<i>Période optimale d'observation</i>
Prés salés	Juillet-août voire fin septembre (salicornes)
Végétation de laisses de mer	Juillet-août
Dunes	Mai-Juin
Dépressions humides intradunales	Juillet-août
Falaises	Fin avril (pelouse littorale thérophytique) sinon Mai-Juin (pelouse vivace)
Landes	Juin-Juillet
Zones humides	Juillet-août voire septembre (ceintures d'étang)
Ourlets et Fourrés	Juin-Juillet
Forêts et boisements	Mai-Juin
Milieus anthropisés	Juillet-août

Tableau 3 : Période optimale d'observation de la végétation

c) la périodicité des suivis

Le pas de temps le plus adapté correspond à une fréquence de suivi annuelle pour un suivi d'espèces végétales et d'habitats à forte dynamique. Dans le cas d'un suivi de milieux à faible dynamique, une périodicité minimale de deux ans est suffisante.

Un suivi effectué annuellement présente l'avantage de pouvoir réaliser des comparaisons diachroniques et ainsi d'éviter de confondre les modifications de la végétation dues à une gestion à long terme et les variations annuelles existant chez certaines espèces.

Lors d'un suivi dans un milieu à forte dynamique, comme la recolonisation d'une parcelle de prairie humide ou de tourbière étrepée, un suivi bisannuel peut apporter de précieux renseignements quant au pouvoir colonisateur et à l'écologie de certaines espèces. Les relevés de terrain peuvent être réalisés à la fin du printemps et en fin d'été par exemple.

La périodicité du suivi se doit de rester constante jusqu'à l'obtention de résultats répondant à l'objectif initial du suivi. Mais même si la phase d'expérimentation est terminée, les suivis ne doivent pas s'arrêter ; un contrôle de l'évolution du milieu peut perdurer avec une périodicité de suivi plus longue et un pas de temps pouvant être de deux ans voire cinq ans.

III. 4 – Un point essentiel : la description de l'état initial

Pour que le suivi ait tout son intérêt et fournisse les résultats les plus pertinents, il est absolument nécessaire de réaliser un **état zéro du secteur suivi, un état initial. Pour cela le premier suivi de la végétation doit être réalisé avant le début de toutes opérations de gestion.**

Ainsi, à partir de cet état de référence, il sera possible de le comparer aux résultats des suivis ultérieurs pour évaluer la dynamique naturelle des habitats et les effets de la gestion pratiquée sur le milieu.

III. 5 – Dans les zones gérées, tout suivi doit comprendre une zone témoin

Si avant toute opération de gestion, il est impératif de réaliser un état initial du site afin de comparer le milieu avant et après la gestion, il est également nécessaire de constituer des zones témoins dans les zones gérées.

Ces suivis témoins, pouvant être matérialisés par des exclos au sein du secteur géré, seront soumis aux mêmes méthodes de suivi que ceux réalisés dans les carrés permanents en secteurs gérés. Un carré témoin peut, par exemple, être défini dans chaque habitat pour une mesure de gestion particulière.

Dans la zone témoin, il faudra cependant prendre garde à éviter lors du suivi "l'effet bordure". Pour remédier à ce phénomène de bordure biaisant les résultats, il suffit de sélectionner, au sein de la zone témoin, une zone de relevé plus petite (**Figure 3**). La largeur de la zone tampon est variable mais elle doit être au minimum d'un à deux mètres. Cette distance minimale permettra notamment d'éviter une influence du pâturage (effectué dans la zone gérée) sur le carré témoin.

Il sera ainsi possible d'évaluer les effets de la gestion pratiquée sur le milieu en comparant l'évolution de la végétation des suivis témoins par rapport à ceux effectués en secteur géré.

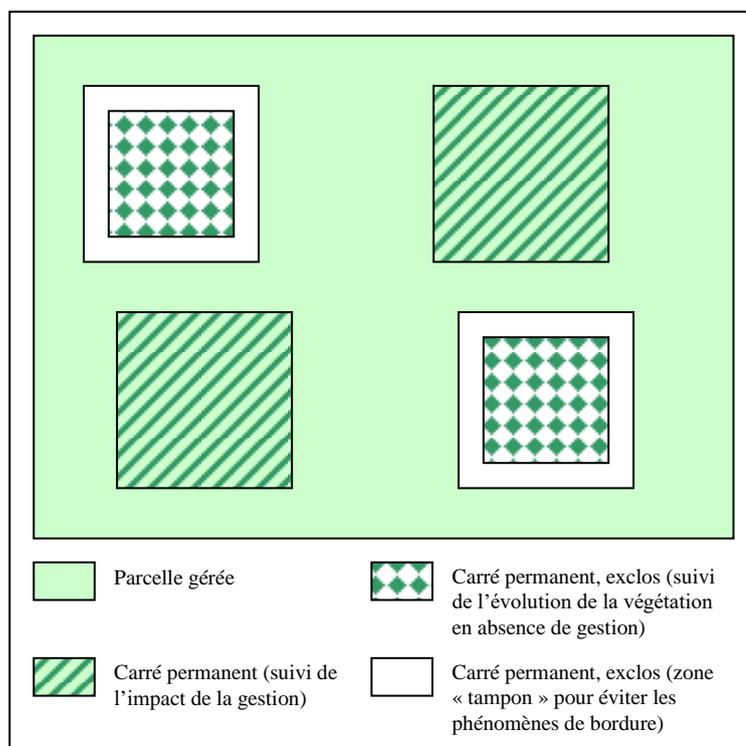


Figure 3 : Zones témoin en secteurs gérés

III. 6 – La mise en œuvre du suivi sur le terrain demande une organisation matérielle

III. 6.1 – La matérialisation du suivi

La matérialisation de l'emplacement du suivi représente la première étape de la mise en œuvre du suivi sur le terrain. Certaines méthodes de suivi nécessitent une localisation matérielle de la zone suivie afin de pouvoir réaliser durablement un suivi.

La délimitation précise des placettes permanentes demande une grande rigueur. Des repères permanents en bois, matérialisant le quadrat, sont généralement enfoncés dans le sol jusqu'à ce qu'il ne reste plus que quelques centimètres à dépasser.

Il existe deux raisons majeures conduisant à la disparition de ces repères permanents :

- un arrachage des piquets par les animaux qui pâturent ou par les engins agricoles qui entretiennent le milieu
- un arrachage par malveillance de l'homme

C'est pourquoi, aujourd'hui, ce sont parfois des piquets métalliques qui sont enfoncés au ras du sol (pour éviter que les animaux ou les piétons ne se blessent) et ensuite retrouvés à l'aide d'un détecteur de métaux.

De plus, à l'heure actuelle, le repérage des suivis permanents s'effectue souvent à l'aide d'un GPS (Global Positioning System) qui permet de se situer en longitude et latitude sur la terre grâce aux satellites (Breton, 2000). Ainsi, l'observateur qui ne connaît pas du tout le site peut localiser rapidement l'emplacement du suivi à quelques mètres près. Pour un coût d'une centaine d'euros, ces GPS sont de plus en plus utilisés (*Figure 4*). Il existe également des GPS extrêmement précis dits "différentiels" qui eux peuvent avoir une précision centimétrique. Cependant au vu de leur coût (environ 15 000 euros), ils ne sont pas utilisés pour des suivis de la végétation (repérage des piquets permanents) mais principalement pour des suivis très fins comme les levées topographiques morpho-sédimentaires.



Figure 4 : Exemple de GPS

Généralement, le repérage de la station suivie ne pose pas trop de problème en milieu naturel. Il existe toujours un grand nombre de repères géographiques fixes comme un bosquet d'arbres, une haie, un rocher, etc., pour localiser le secteur où le suivi est réalisé.

Afin d'assurer la pérennité du suivi à long terme, il est fortement conseillé de réaliser un plan général du secteur localisant l'emplacement des placettes permanentes en fonction des repères fixes du milieu, de l'orientation géographique, de la distance entre les différents repères permanents, etc. (*Figure 5*).

De plus, la localisation précise des suivis permanents pourra être obtenue en relevant les coordonnées G.P.S.

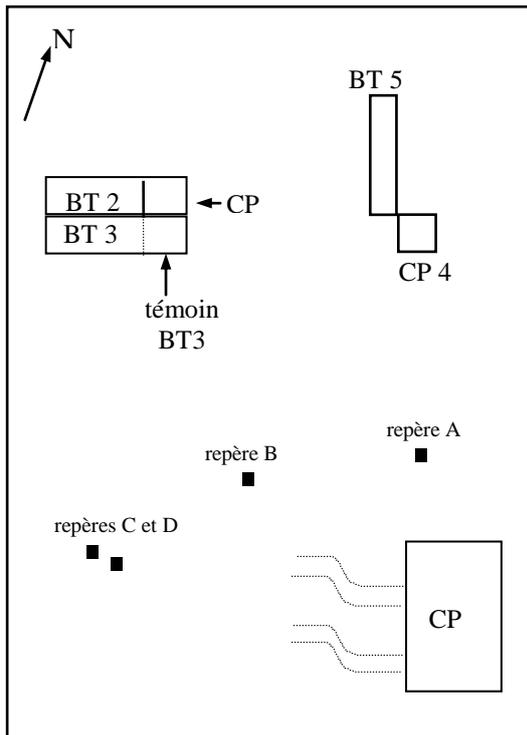


Figure 5 : Plan schématique de la dépression de Kerziguéno et des points de suivi de *Liparis loeselii* (Magnanon & Annezo, 2002), (avec CP : carré permanent, BT : bande transect)

III. 6.2 – La fiche de terrain

Il est généralement conseillé à l'observateur, chargé de collecter les données du terrain, de se préparer une fiche standardisée adaptée à la méthode de suivi choisie. Cette fiche pré imprimée sera d'une grande utilité lors du recueil des observations et permettra un gain de temps considérable.

On peut considérer que cette fiche de terrain pour un suivi de la végétation se compose de deux parties :

- **Les caractéristiques générales de la station et du suivi**

- nom de l'observateur, organisme d'affiliation, date de l'observation
- localisation du suivi (commune, lieu-dit, numéro de relevé ou de la placette permanente. Si un GPS est utilisé afin de localiser l'emplacement exact du suivi, on précisera les coordonnées géographiques X et Y.)
- caractéristiques écologiques (pente, exposition, altitude, type de sol, etc.)
- type de milieu suivi
- méthode de suivi employée

- **Recueil des données du suivi sous la forme de tableau à double entrée**

Les intitulés des lignes et des colonnes du tableau dépendent de la méthode de suivi utilisée. Les lignes correspondent fréquemment aux espèces (comme pour la méthode des relevés phytosociologiques, des points contacts, de De Vries), tandis que les colonnes peuvent être associées au numéro de relevé d'un carré permanent, à la distance du relevé sur la ligne permanente.

Ces fiches de terrain permettront ainsi de ne rien oublier, d'optimiser sur le terrain le temps de collecte des observations mais également de classer, de hiérarchiser les données et de faciliter le traitement des données.

Un exemple de fiches standardisées pour le suivi d'espèces végétales est donné en *Annexe 1*.

III. 7 – Le traitement des données permet une interprétation des résultats

Le traitement des données peut s'effectuer de plusieurs manières et les résultats peuvent être représentés sous de nombreuses formes cartographiques et graphiques (histogrammes, "camemberts", courbe de fréquence, etc.).

Le traitement des données permet d'interpréter les résultats afin d'apporter au gestionnaire les informations relatives aux mesures de gestion mises en œuvre ou tout simplement, à la dynamique naturelle des milieux. Les compétences en terme d'interprétation des résultats étant parfois réduites, une interaction forte entre les scientifiques et les personnes en charge de la gestion du site est nécessaire.

En cas de résultats concluants d'une opération de gestion expérimentée sur de faibles surfaces, il sera ainsi possible d'étendre la pratique de gestion à une plus grande échelle.

Il est également important, après l'interprétation des données, de procéder à la valorisation des résultats auprès des élus, des usagers du site, ou encore des partenaires scientifiques.

Les grandes étapes pour la mise en œuvre d'un protocole de suivi

1- Un suivi est conçu pour répondre à des objectifs

2- Dresser un bilan des connaissances existantes

3- Définition du protocole de suivi

3-1. le choix des paramètres et des objets d'étude

➤ **définition des méthodes de suivi applicables**

3-2. la stratégie d'échantillonnage

3-3. la durée, la période et la périodicité

4- la description de l'état initial

5- la définition de zones témoins

6- la mise en œuvre du suivi et le recueil des données de terrain

6-1. la matérialisation du suivi

6-2. la fiche de terrain

7- l'interprétation des résultats

Ainsi, pour la mise en place d'un suivi, on peut différencier trois phases bien distinctes :

- la phase de travail préparatoire avant de se rendre sur le terrain (étapes 1 à 5)
- le recueil des données de terrain (étape 6)
- le traitement des données et l'interprétation des résultats (étape 7)

IV – DESCRIPTION DES DIFFERENTES METHODES DE SUIVI DE LA VEGETATION

Un grand nombre de méthodes de suivi, plus ou moins précises, plus ou moins complexes, sont utilisables pour suivre l'évolution de la végétation, que ce soit pour décrire la réaction du milieu après des mesures de gestion ou pour suivre la dynamique naturelle des formations végétales et des populations d'espèces.

Chaque site dispose de caractéristiques physiques et écologiques qui lui sont propres. Les objectifs d'un suivi de la végétation peuvent être tout à fait différents d'un site à l'autre. Ainsi, la mise en place d'une méthode de suivi lourde, coûteuse en temps de collecte et de traitement des données, peut s'avérer nécessaire sur un site alors que le protocole de suivi mis en œuvre sur un site voisin restera simple et rapide.

La liste des méthodes de suivi détaillée dans les fiches suivantes n'a rien d'exhaustif. Elle reprend les diverses méthodes les plus usitées décrites dans la bibliographie et qui présentent le maximum de fiabilité concernant leur utilisation et le traitement des données.

On peut classer ces différentes méthodes de suivi en fonction de l'échelle d'observation des échantillons. Ainsi, trois classes se distinguent :

- les méthodes de suivis à l'échelle de sites ou de parcelles
- les méthodes de suivis à l'échelle d'un habitat donné ou d'un ensemble d'habitats
- les méthodes de suivis à l'échelle d'individus ou de populations d'espèces

IV. 1 – Fiches descriptives

Fiche n°1 : La cartographie par "photo-interprétation" de terrain	p. 24
Fiche n°2 : La cartographie par "photo-interprétation" utilisant la télédétection	p. 30
Fiche n°3 : Les relevés phytosociologiques	p. 36
Fiche n°4 : La méthode des transects	p. 46
Fiche n°5 : La méthode de la ligne permanente ou des "points contacts"	p. 54
Fiche n°6 : La méthode de De Vries ou méthode des poignées	p. 60
Fiche n°7 : La cartographie fine d'espèces au sein de carrés permanents	p. 64
Fiche n°8 : La méthode des suivis photographiques	p. 72

Fiche n° 1 : La cartographie par photo-interprétation de terrain

Suivis à l'échelle de sites ou de parcelles

Champs d'application :

- **Objet d'étude** : sites, parcelles, ou ensembles d'habitats
- **Objectif recherché** :
 - suivi de la répartition des habitats
 - suivi de l'évolution de l'état de conservation des habitats
 - suivi des impacts des mesures de gestion sur les habitats
- **Type de végétation** : méthode adaptée pour l'ensemble des habitats
- **Paramètres étudiés** :
 - occupation de l'espace et dynamique spatiale des habitats par comparaison diachronique des cartographies de végétation

Principe général :

Présentation de la méthode

- **La typologie des habitats**

Toute représentation cartographique de la végétation suppose, qu'au préalable, les unités de végétation identifiées sur le terrain aient été classées selon une typologie répondant à une codification validée au niveau national et/ou international (Corine Biotopes, Eur 15).

La typologie de végétation se doit d'être adaptée aux réalités de terrain, à l'échelle de cartographie choisie et à une transposition cartographique synthétique et pédagogique.

En outre, la typologie retenue doit être suffisamment claire et partagée par le plus grand nombre pour pouvoir, *in fine*, comparer les différentes cartographies entre elles (dans l'espace et dans le temps).

Afin de travailler précisément à des échelles fines comme le 1/5 000^{ème}, la typologie préconisée pour l'identification des habitats sur le terrain est la typologie phytosociologique suivant la nomenclature adoptée dans le "prodrome des végétations de France" (Bardat & al., 2004). Cette classification phytosociologique (dont le principe et la méthode sont décrits dans la fiche n°3 : les relevés phytosociologiques) permet d'établir des liens avec la typologie CORINE Biotopes (Bissardon & Guidal, 1997), EUNIS (Moss & Davies, 2002), et la typologie EUR 15/2 des habitats d'intérêt communautaire (Commission Européenne DG XI, 1999). Cette correspondance est établie au Conservatoire Botanique National de Brest dans le référentiel typologique des habitats naturels et semi-naturels du Massif Armoricaïn (Bougault & al., 2003).

- **L'inventaire et la cartographie des habitats**

Après avoir établi une typologie des habitats, le cartographe, en se servant des photographies aériennes comme support cartographique, individualise par "photo-interprétation" de terrain les différents groupements végétaux rencontrés. Pour cela, il trace sur la photographie les contours des habitats qu'il voit sur le terrain. Il obtient ainsi sur la photographie, une série de polygones renseignés par un groupement végétal codé dans la typologie des habitats. D'autres critères sont également relevés comme par exemple l'état de conservation de chaque unité de végétation.

Le suivi de l'évolution des habitats dans un site donné, à partir des photographies aériennes, se basera essentiellement sur la comparaison de cartographies à des moments différents. Le traitement des données sera obligatoirement géré au sein d'un Système d'Information Géographique (S.I.G.).

- **L'échelle de cartographie**

En Bretagne, l'échelle choisie pour l'inventaire et la cartographie des habitats terrestres dans le cadre de Natura 2000 est le 1/5 000^{ème}. Cette échelle représente un bon compromis entre la précision requise par la typologie phytosociologique et le temps disponible pour la phase de terrain. A cette échelle, il est ainsi possible de réaliser des cartographies à la fois précises et lisibles dont l'essentiel des habitats de l'annexe I de la Directive Habitats a été identifié et individualisé sur le terrain.

Toutefois, si cette échelle semble adaptée pour l'évaluation des surfaces occupées par les différents habitats élémentaires de la Directive européenne, elle manque encore de précision quant à l'individualisation de certains habitats déclinés dans les cahiers d'habitats. Il s'agit notamment des groupements végétaux de falaises, de prés salés et surtout de tourbières.

Il peut donc être recommandé dans le cadre d'un suivi de la végétation sur un secteur donné contenant des habitats imbriqués de réaliser une cartographie plus fine telle que le 1/2 000^{ème} voire le 1/1 000^{ème}.

Outils nécessaires :

- **Le support cartographique de terrain : les orthophotographies**

Si les photographies aériennes représentent le support cartographique indispensable pour l'inventaire et la cartographie des habitats, elles constituent également un excellent outil de suivi de la dynamique d'un site. L'étude diachronique (observations périodiques sur de longues durées) des photographies anciennes permet d'obtenir de précieux renseignements quant à l'historique du site, son exploitation ancienne et actuelle et les tendances évolutives des différentes formations végétales.

Des clichés anciens sont disponibles auprès de l'Institut Géographique National, l'I.G.N. Ainsi, depuis l'après-guerre, généralement tous les cinq ans, chaque département fait l'objet d'un survol aboutissant à la production de photographies aériennes, soit en noir et blanc (pour les survols les plus anciens), soit en couleur ou en infrarouge.

Actuellement, les possibilités d'utilisation des photographies aériennes, dans le cadre d'un suivi, sont nettement plus intéressantes que par le passé. En effet, **l'I.G.N. propose, aujourd'hui, des clichés sous forme d'orthophotographies numériques couleurs. Il s'agit en fait de photographies aériennes en vraies couleurs numérisées et géoréférencées.**

Si les anciens clichés étaient réalisés à une échelle allant, selon les missions, du 1/15 000^{ème} au 1/30 000^{ème} (des agrandissements sont possibles mais la qualité devient rapidement moyenne), les orthophotographies actuelles permettent la mise en forme de cartes pouvant aller distinctement jusqu'au 1/2 000^{ème} voire le 1/1 000^{ème}.

Actuellement, il existe une autre solution, gratuite et libre de droit (contrairement aux autres supports aériens), pour l'acquisition d'orthophotographies couleurs relativement récentes : c'est l'orthophotographie littorale (<http://siglittoral.3ct.com>). Cette mission, réalisée en 2000 par l'I.G.N. et le C.E.T.E. de Rouen suite à l'échouage de l'ERIKA, a consisté en un survol de la frange littorale des côtes de la Mer du Nord, de la Manche et de l'Atlantique, sur commande d'un comité interministériel (Ministères de l'Équipement, de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire notamment).

Il existe un autre type de supports cartographiques, ce sont les images issues des données satellitaires. Cependant, ces images satellitaires telles que les données SPOT sont actuellement difficiles à utiliser pour une cartographie fine de la végétation ; la résolution physique des images obtenues n'étant pas assez précise. Les données satellitaires SPOT et notamment "SPOT 5" ne permettent pas encore la réalisation d'une cartographie de végétation plus précise que le 1/10 000^{ème} (SPOT 5 : pixel de 2,5 m x 2,5 m).

Cependant, il est fort probable que d'ici peu la résolution physique des images s'améliore nettement. Dès lors, l'utilisation des données satellitaires remplacera progressivement les orthophotographies et permettront ainsi de s'affranchir de l'hétérogénéité des clichés et surtout de la disponibilité des survols de l'I.G.N. uniquement tous les 4-5 ans.

Lors de la réalisation de toute nouvelle cartographie, il est important d'utiliser les clichés les plus récents possibles.

- **Le support d'intégration et de traitement des données : le S.I.G.**

Le Système d'Information Géographique (S.I.G.) est un outil moderne de gestion de l'espace où les données numérisées et géoréférencées sont gérées sous la forme de couches thématiques dans une Base d'Information Géographique (B.I.G.). Ainsi les diverses couches cartographiques peuvent correspondre à des thèmes variés comme la végétation, le parcellaire, le réseau hydrographique et routier, la topographie, etc. Les logiciels de Système d'Information Géographique les plus utilisés sont "MapInfo" et "ArcView".

Echantillonnage / périodicité du suivi :

La stratégie d'échantillonnage

Type d'échantillonnage

- Pas d'échantillonnage particulier. La méthode de suivi sera appliquée à l'ensemble du secteur d'étude. Tous les types de végétation seront cartographiés et intégrés dans le S.I.G.

Localisation des suivis

- Ensemble du secteur d'étude.

Nombre et taille des échantillons

- Dépend du secteur d'étude

La durée, la période et la périodicité du suivi

Durée du suivi

- Etant donné les paramètres suivis (occupation de l'espace et de la dynamique spatiale des habitats), la durée du suivi n'est pas limitée dans le temps. Plus la durée du suivi sera longue, plus la comparaison des différentes cartographies apportera de précieuses informations quant à l'évolution de la dynamique des habitats, l'impact des pratiques agro-pastorales et la pertinence des mesures de gestion.

Période du suivi

- Directement liée au type de milieu concerné (cf III-3.3.b).
- Dans le cadre d'une cartographie impliquant des milieux variés, les périodes d'inventaire peuvent être différentes (ex: milieux forestiers et dunaires au printemps, les milieux prairiaux humides en été et les végétations de ceintures d'étang à la fin de l'été).

Périodicité du suivi

- Selon la vitesse des processus dynamiques et l'échelle de travail (des modifications inférieures à 10 m. peuvent difficilement être détectées), l'évolution du milieu n'est généralement visible qu'au bout de plusieurs années. Le pas de temps doit donc être suffisamment important pour percevoir d'éventuels changements.
- En raison du problème de disponibilité des orthophotographies, cette méthode de suivi ne pourra être mise en œuvre que tous les cinq ans minimum. Il pourrait s'avérer intéressant de faire coïncider la périodicité du suivi avec la date de réactualisation des orthophotographies par l'I.G.N.

Mode de traitement des données :

Traitement cartographique des données (Figure 6)

La mise en œuvre d'un Système d'Information Géographique (S.I.G.) et le traitement des données de terrain peuvent être décomposés en trois phases bien distinctes dont la première débute par une phase d'inventaire où la Base d'Information Géographique (B.I.G.) recueille les connaissances diverses propres à la zone étudiée. Il s'agit là en premier lieu d'établir un état de référence ("état zéro") indispensable pour le suivi à moyen et long terme en récupérant les données déjà disponibles et de procéder à de nouveaux inventaires dans le cas d'un manque de connaissances.

La seconde phase d'analyse des données correspond à l'exploitation du S.I.G. Ce dernier offre de multiples possibilités d'analyse de l'information géographique par croisement des diverses couches thématiques contenues dans la B.I.G. Par de simples requêtes, il est rapidement possible de recueillir des données telles que la surface d'un habitat, etc.

Une fois toutes les données saisies au sein du S.I.G., les différentes requêtes élaborées permettent au gestionnaire d'utiliser le S.I.G. comme une aide précieuse à la décision et ainsi d'orienter les objectifs et actions de conservation en réalisant un zonage du site selon différents scénarios (Gourmelon & Le Berre, 1999).

Compétences nécessaires :

Compétences botaniques et phytosociologiques requises : * * * *

(si la typologie est déjà définie, les compétences nécessaires peuvent être moins pointues)

Obligation de disposer de bonnes connaissances en botanique mais également en identification et classification des habitats naturels (compétences en phytosociologie) qu'ils soient d'intérêt communautaire ou non.

Compétences en géomatique requises : * * * *

Obligation de savoir gérer, manipuler et interpréter les données cartographiques au sein d'un S.I.G.

Commentaires :

Si les photographies aériennes représentent un outil indispensable pour l'inventaire et la cartographie des habitats, dans le cadre du suivi de la végétation, elles présentent l'inconvénient de n'être actuellement réalisées qu'au moment de la réactualisation de la couverture du département ; la date de la mission ne correspond donc pas toujours avec celle désirée par le gestionnaire. De plus, pour des sites interdépartementaux (comme les sites Natura 2000 : "FR5300006 rivière Ellé", "FR5300026 rivière Scorff, forêt de Pont Calleck, rivière Sarre"), voir interrégionaux (sites Natura 2000 : "FR5300002 Marais de Vilaine", "FR2500077 Baie du Mont Saint-Michel"), ce décalage dans les missions entraînera l'acquisition de clichés sur plusieurs années, chose gênante notamment quant à la pertinence de l'interprétation de l'évolution du site.

Pour remédier à l'absence de missions I.G.N. à la date et à l'endroit désiré, il existe la solution d'un survol en U.L.M. à basse altitude. Ainsi, pour environ 1 300 € / survol, il est possible de disposer de photographies aériennes mais pour lesquelles le géoréférencement (positionnement, verticalité, échelle) reste à faire. Cette procédure de calage et de rectification s'effectue difficilement notamment en raison des distorsions géométriques des clichés issues de l'altitude de l'ULM lors de la prise de vue, et du relief (Bioret & Gourmelon, 2003).

Documents de références :

BIORET F., GOURMELON F., 2003 – Cartographie de la végétation terrestre des îlots marins de la Réserve Naturelle des Sept-Îles, mises à jour 2002. Rapport d'étude UMR 6554 CNRS pour la Réserve Naturelle des Sept-Îles. 8 p.

BISSARDON M., GUIDAL L., 1997 – CORINE Biotopes, version originale, types d'habitats français. Ecole Nationale de Génie rurale des Eaux et Forêts, Nancy. 217 p.

BOUGAULT C., HARDEGEN M., QUERE E., 2003 – Natura 2000 en Bretagne : Inventaire et cartographie des habitats terrestres et des habitats d'espèces végétales dans les sites Natura 2000 de Bretagne – Eléments pour la rédaction d'un cahier des charges. Conservatoire Botanique National de Brest, DIREN Bretagne. 14 p. + annexes.

BOUGAULT C., HARDEGEN M., QUERE E., 2003 – Référentiel typologique des habitats naturels et semi-naturels bretons, bas-normands et des Pays de la Loire. Conservatoire Botanique National de Brest, DIREN Bretagne. 282 p.

CATTEAU E., DE FOUCAULT B., MOUGEY T., 2003 - Inventaire et cartographie au 1/25 000^{ème} des végétations : expérimentation dans le Boulonnais (63 000 hectares). Les suivis scientifiques pour la gestion des espaces naturels, IXème forum des gestionnaires. 83-88.

COMMISSION EUROPEENNE DG XI, 1999 – Manuel d’interprétation des habitats de l’Union Européenne. Eur 15/2. Commission Européenne, GR Environnement – Protection de la nature, zones côtières et tourisme. 132 p.

GOURMELON FR., LE BERRE I., 1999 – Parc National Marin d'Iroise : Etude de faisabilité d'un Système d'Information Géographique. UMR 6554 CNRS Géosystèmes Brest. 93 p.

HARDEGEN M., QUERE E., MAGNANON S., 2000 - Inventaire et cartographie des habitats dans les sites Natura 2000 de Bretagne - Etude méthodologique - Rapport de synthèse. Conservatoire Botanique National de Brest, DIREN Bretagne, Géosystèmes UMR 6554 CNRS. 103 p.

MOSS D., DAVIES C.E., 2002 – EUNIS habitat classification. Europ. Env. Agency – European Topic Centre on Nature Conservation and biodiversity – Centre for Ecology and Hydrology. Huntingdon, Cambs. UK.

Exemple de suivi réalisé par comparaison de cartographies de végétation

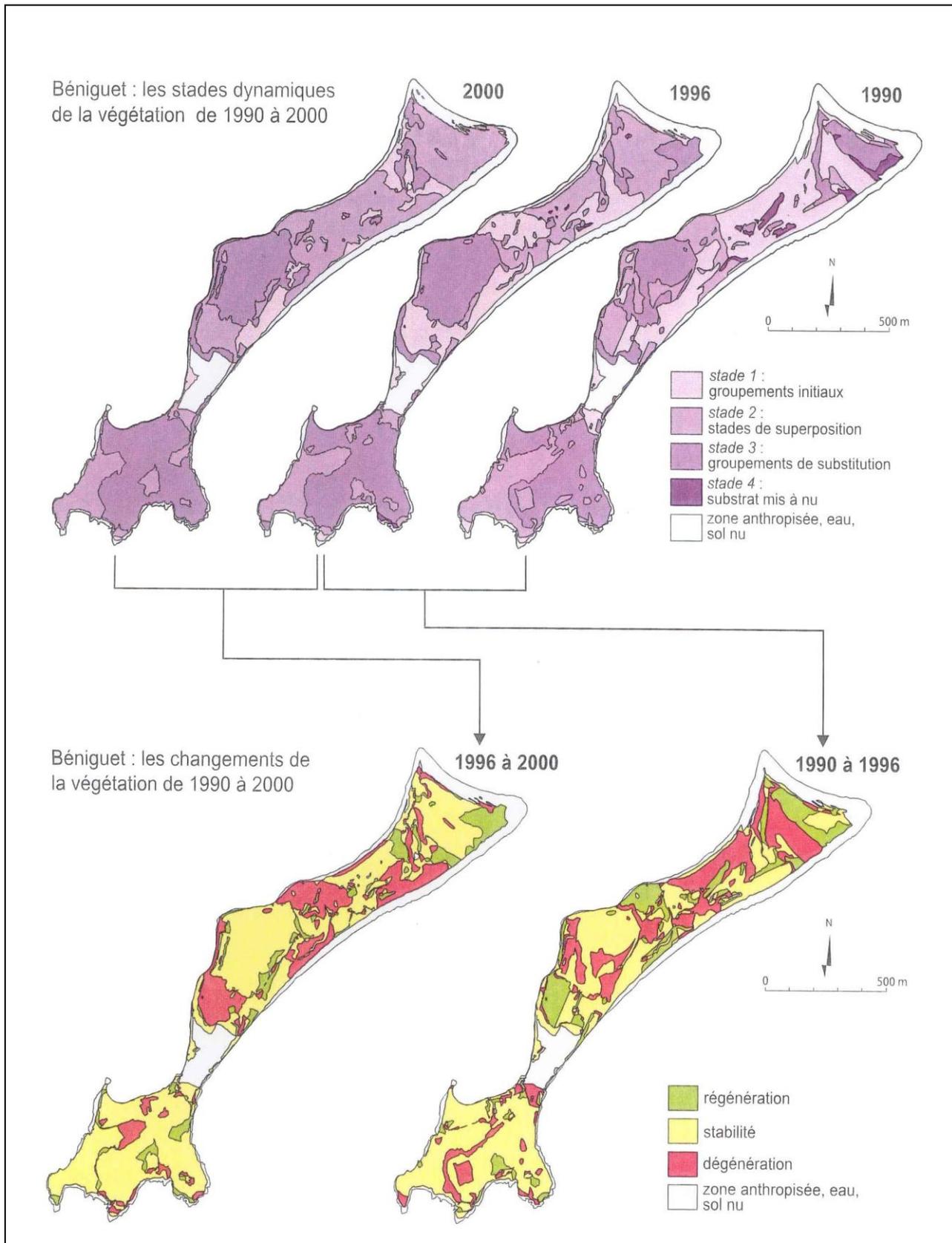


Figure 6 : Des stades dynamiques de la végétation à la synthèse des changements sur l'îlot de Béniguet (Gourmelon & al., 2003)

Fiche n° 2 : La cartographie par photo-interprétation par télédétection

Suivis à l'échelle de sites ou de parcelles

Champs d'application :

- **Objet d'étude** : *Ensembles d'habitats à l'échelle de sites ou de parcelles*
- **Objectif recherché** :
 - *suivi de la répartition des habitats*
 - *suivi de l'évolution de l'état de conservation des habitats*
 - *suivi des impacts des mesures de gestion sur les habitats*
- **Type de végétation** : *méthode adaptée pour l'ensemble des habitats et notamment pour la distinction des habitats fortement imbriqués comme les prés salés ou les tourbières, à condition d'une résolution spectrale suffisante*
- **Paramètres étudiés** :
 - *occupation de l'espace et dynamique spatiale des habitats par comparaison diachronique des cartographies de végétation*

Principe général :

La télédétection est une méthode d'analyse d'images prises par satellites (SPOT par exemple) ou par avions (orthophotographies), fournissant des données numérisées et géoréférencées. Après traitement des clichés par ordinateur, les données obtenues permettent aussi bien l'obtention de variables spatialisées qualitatives (par exemple le type de végétation ou l'occupation agricole des sols), que des variables biophysiques (par exemple l'hygrométrie des sols, le recouvrement foliaire d'un boisement).

Présentation de la méthode

- **Le traitement des données**

Le principe de la télédétection est que les images numérisées sont décomposées, à l'aide d'un logiciel de télédétection, en trois canaux de longueurs d'onde correspondant au rouge, vert, bleu (Budd, 1991). Chaque point de l'image (pixel) se voit attribuer "un niveau de luminance" pour chacun des trois canaux de couleur.

Pour les cartographies de végétation par télédétection, on part du principe que chaque objet à cartographier dispose d'une signature spectrale (couleur) qui lui est propre puisque les espèces végétales ont une composition pigmentaire spécifique (Chauvaud & al., 2004).

- **La résolution spatiale**

Le choix de la taille du pixel pour le traitement des images doit être adapté aux objectifs du suivi et à la connaissance du milieu étudié. C'est, en effet, la taille des objets à cartographier et l'échelle des variations attendues qui imposent la résolution.

Les orthophotographies permettent d'identifier les objets à une résolution pouvant aller jusqu'à un pixel de 50 cm sur 50 cm au sol.

Ainsi, dans le cadre de l'inventaire et de la cartographie des habitats d'intérêt communautaire, les unités écologiques ont été identifiées à un pixel de 2 m sur 2 m (Chauvaud et al., 2004), l'équivalent d'une cartographie au 1 / 5 000^{ème}. Cette échelle permet ainsi de répondre aux exigences du cahier des charges Natura 2000 et à un des objectifs de la Directive que représente le suivi de la répartition des habitats.

Si l'on prend l'exemple de suivis encore plus fins, correspondant à des suivis de l'évolution de l'état de conservation des habitats ou des suivis des impacts des mesures de gestion sur les habitats, c'est un pixel de 50 cm sur 50 cm qui est préconisé (environ équivalent au 1 / 1500^{ème}).

Actuellement, les données satellitaires SPOT ne sont pas adaptées à l'étude fine des végétations imbriquées, la taille du pixel étant toujours trop importante.

- **La nécessité d'une vérification de terrain**

L'étape de traitement des données et d'optimisation des différents clichés est nécessairement couplée à une bonne prospection de terrain, la complémentarité des procédés garantissant une identification correcte des diverses formations végétales.

La vérification de terrain permet ainsi d'attribuer un même code de végétation à des pixels de signatures spectrales proches. Evidemment, le nombre de codes retenus dépendra de la précision de la typologie adoptée et de l'intrication des habitats.

Par conséquent, après une importante campagne de terrain permettant d'établir la correspondance entre les groupements végétaux et leurs intervalles de couleurs selon les trois canaux de couleur, il est donc possible d'identifier les différents groupements végétaux.

Outils nécessaires :

- **Le support cartographique de terrain**

- **les orthophotographies**

Si les photographies aériennes représentent le support cartographique indispensable pour l'inventaire et la cartographie fine des habitats, elles constituent également un excellent outil de suivi de la dynamique d'un site. L'étude diachronique (observations périodiques sur de longues durées) des photographies anciennes permet d'obtenir de précieux renseignements quant à l'histoire du site, son exploitation ancienne et actuelle et les tendances évolutives des différentes formations végétales.

Des clichés anciens sont disponibles auprès de l'Institut Géographique National, l'I.G.N. Ainsi, depuis l'après-guerre, généralement tous les cinq ans, chaque département fait l'objet d'un survol aboutissant à la production de photographies aériennes, soit en noir et blanc (pour les survols les plus anciens), soit en couleur ou en infrarouge.

Actuellement, les possibilités d'utilisation des photographies aériennes, dans le cadre d'un suivi, sont nettement plus intéressantes que par le passé. **En effet, l'I.G.N. propose aujourd'hui, des clichés sous forme d'orthophotographies numériques couleurs. Il s'agit en fait de photographies aériennes en vraies couleurs numérisées et géoréférencées.**

Si les anciens clichés étaient réalisés à une échelle allant, selon les missions, du 1/15 000^{ème} au 1/30 000^{ème} (des agrandissements sont possibles mais la qualité devient rapidement moyenne), les orthophotographies actuelles permettent une utilisation pouvant aller distinctement jusqu'au 1/2 000^{ème} voire le 1/1 000^{ème}.

Cependant, en raison de l'hétérogénéité de qualité entre les différents clichés (voire d'un même cliché) réalisés par l'I.G.N. au sein d'un seul site, le traitement des orthophotographies ne peut se faire de façon automatique. Ainsi, il est nécessaire de retravailler l'ensemble des orthophotographies du site en manipulant les contrastes.

Actuellement, il existe pour le littoral une autre solution, gratuite et libre de droit (contrairement aux autres supports aériens), pour l'acquisition d'orthophotographies couleurs relativement récentes : c'est l'orthophotographie littorale (<http://siglittoral.3ct.com>). Cette mission, réalisée en 2000 par l'I.G.N. et le C.E.T.E. de Rouen suite à l'échouage de l'ERIKA, a consisté en un survol de la frange littorale des côtes de la Mer du Nord, de la Manche et de l'Atlantique, sur commande d'un comité interministériel (Ministères de l'Équipement, de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire notamment).

Lors de la réalisation de toute nouvelle cartographie, il est important d'utiliser les clichés les plus récents possibles.

➤ **l'imagerie satellitaire**

Il existe un autre type de supports cartographiques, ce sont les images issues des données satellitaires. Cependant, ces images satellitaires telles que les données SPOT sont actuellement difficiles à utiliser pour une cartographie fine de la végétation ; la résolution physique des images obtenues n'étant pas assez précise. Les données satellitaires SPOT et notamment "SPOT 5" ne permettent pas encore la réalisation d'une cartographie de végétation plus précise que le 1/10 000^{ème} (SPOT 5 : pixel de 2,5 m x 2,5 m).

Cependant, il est fort probable que d'ici peu la résolution physique des images s'améliore nettement. Dès lors, l'utilisation des données satellitaires remplacera progressivement les orthophotographies et permettront ainsi de s'affranchir de l'hétérogénéité des clichés et surtout de la disponibilité des survols de l'I.G.N. uniquement tous les 4-5 ans.

• **Le traitement des images**

Les images sont traitées par un logiciel de télédétection tel que GEOIMAGE™.

Il est ainsi possible de rattacher à chaque zone homogène du point de vue chromatique, un code de classification. C'est après l'étape de vérification de terrain que ce code se verra attribuer une correspondance à un groupement végétal.

Echantillonnage / périodicité du suivi :

La stratégie d'échantillonnage

Type d'échantillonnage

- Pas d'échantillonnage particulier. La méthode de suivi sera appliquée à l'ensemble du secteur d'étude. Tous les types de végétation seront cartographiés et pourront être intégrés dans un S.I.G.

Localisation des suivis

- Ensemble du secteur d'étude.

Nombre et taille des échantillons

- Dépend du secteur d'étude

La durée, la période et la périodicité du suivi

Durée du suivi

- Etant donné les paramètres suivis (occupation de l'espace et de la dynamique spatiale des habitats), la durée du suivi n'est pas limitée dans le temps. Plus la durée du suivi sera longue, plus la comparaison des différentes cartographies apportera de précieuses informations quant à l'évolution de la dynamique des habitats et la pertinence des pratiques agro-pastorales et des mesures de gestion.

Période du suivi

- Directement liée au type de milieu concerné (cf III-3.3.b).
- Dans le cadre d'une cartographie impliquant des milieux variés, les périodes d'inventaire peuvent être différentes (ex: milieux forestiers et dunaires au printemps, les milieux prairiaux humides en été et les végétations de ceintures d'étang à la fin de l'été).

Périodicité du suivi

- Selon la vitesse des processus dynamiques et l'échelle de travail (des modifications inférieures à 10 m. peuvent difficilement être détectées), l'évolution du milieu n'est généralement visible qu'au bout de plusieurs années. Le pas de temps doit donc être suffisamment important pour percevoir d'éventuels changements.
- En raison du problème de disponibilité des orthophotographies, cette méthode de suivi ne pourra être mise en œuvre que tous les cinq ans minimum. Il pourrait s'avérer intéressant de faire coïncider la périodicité du suivi avec la date de réactualisation des orthophotographies par l'I.G.N.

Mode de traitement des données :

Traitement cartographique des données (Figure 7)

Les données obtenues par photo-interprétation assistées par ordinateur (logiciel de télédétection) correspondent à des images (raster). Ces dernières peuvent ensuite être intégrées au sein d'un Système d'Information Géographique (S.I.G.) où elles seront géoréférencées et vectorisées.

Le traitement et l'exploitation des données au sein d'un S.I.G. peut être décomposé en trois phases bien distinctes dont la première débute par l'intégration des données recueillies dans une Base d'Information Géographique (B.I.G.). Il s'agit là en premier lieu d'établir un état de référence ("état zéro") indispensable pour le suivi à moyen et long terme en récupérant les données déjà disponibles et de procéder à de nouveaux inventaires dans le cas d'un manque de connaissances.

La seconde phase d'analyse des données correspond à l'exploitation du S.I.G. Ce dernier offre de multiples possibilités d'analyse de l'information géographique par croisement des diverses couches thématiques contenues dans la B.I.G. Par de simples requêtes, il est rapidement possible de recueillir des données telles que la surface d'un habitat, etc.

Une fois toutes les données saisies au sein du S.I.G., les différentes requêtes élaborées permettent au gestionnaire d'utiliser le S.I.G. comme une aide précieuse à la décision et ainsi d'orienter les objectifs et actions de conservation en réalisant un zonage du site selon différents scénarios (Gourmelon & Le Berre, 1999).

Compétences nécessaires :

Compétences spécifiques en logiciels de télédétection : *** * * ***

Compétences botaniques requises : *** * * ***

(si la typologie n'est pas déjà définie, les compétences nécessaires doivent être plus poussées)

Compétences en géomatique requises : *** * * ***

(intégration et exploitation des données au sein d'un S.I.G.)

Commentaires :

L'utilisation de cette méthode et notamment le rendu cartographique se révèle d'une extrême précision dans la discrimination des diverses formations végétales. En effet, il est souvent difficile pour l'observateur de terrain de discriminer parfaitement à l'œil nu les limites entre deux formations végétales montrant sur la photo des couleurs très proches. "La télédétection permet de s'affranchir de ces contraintes. En effet, à partir d'un calibrage de terrain adapté, il est possible de réaliser une classification fiable et exhaustive des images télédéteectées" (Bernard & Chauvaud, 2002).

La précision des traitements d'images par des logiciels de télédétection est telle qu'il est même possible d'individualiser des faciès au sein d'un même habitat si ce dernier présente des différences spectrales.

En outre, le temps de recueil et de traitement des données s'avère très intéressant notamment dans le cas de sites de grande taille.

Aujourd'hui l'intérêt et la rapidité de la méthode de télédétection, à l'aide de l'orthophotographie, ont été largement démontrés dans le cadre de l'élaboration d'un état de référence de la flore et de la végétation littorales terrestres de Bretagne et des Pays de la Loire (Lacroix & Magnanon, 2003). Ainsi, selon cette technique de la télédétection couplée au travail des botanistes de terrain, le bureau d'étude T.B.M. et le Conservatoire Botanique National de Brest ont cartographié en trois ans au 1/5 000^{ème} les grands types de milieux présents le long des côtes de Bretagne et des Pays de la Loire. Cet outil de référence sur le littoral atlantique est accessible via le site Internet <http://www.cbnbrest.fr/botalittoral/>.

Documents de références :

- BERNARD N., CHAUVAUD S., 2002 - Cartographie des habitats d'intérêt européen du Golfe du Morbihan et de la rivière de Pénerf. Bureau d'étude Télédétection et Biologie Marine. 8-15.
- BUDD J.T.C., 1991 – Remote sensing techniques for monitoring land-cover. In : Goldsmith B., (eds) (1991) : Monitoring for Conservation and Ecology. Chapman & Hall. London. 33-60.
- BURROUGH P.A., 1994 – Principles of Geographical Information Systems for land resources assessment. Clarendon Press. Oxford. 194 p.
- CHAUVAUD S., LE HIR M., ROBERT G., 2004 – Cartographie des habitats marins et terrestres d'intérêt européen de la partie estuarienne de la vallée du Léguer, Télédétection et Biologie Marine. 25 p.
- GOURMELON F., LE BERRE I., 1999 – Parc National Marin d'Iroise : Etude de faisabilité d'un Système d'Information Géographique. UMR 6554 CNRS Géosystèmes Brest. 93 p.
- KERR J.T., OSTROVSKY M., 2003 – From space to species : ecological applications for remote sensing. *Ecology and Evolution*, Vol. **18**, n°6. 299-305.
- LACROIX P., MAGNANON S., 2003 – Elaboration d'un état de référence de la flore et de la végétation littorales terrestres de Bretagne et des Pays de la Loire – Un outil opérationnel pour connaître et conserver le patrimoine végétal du littoral. Conservatoire Botanique National de Brest, DIREN Bretagne. 45 p.

Exemple de carte réalisé par télédétection

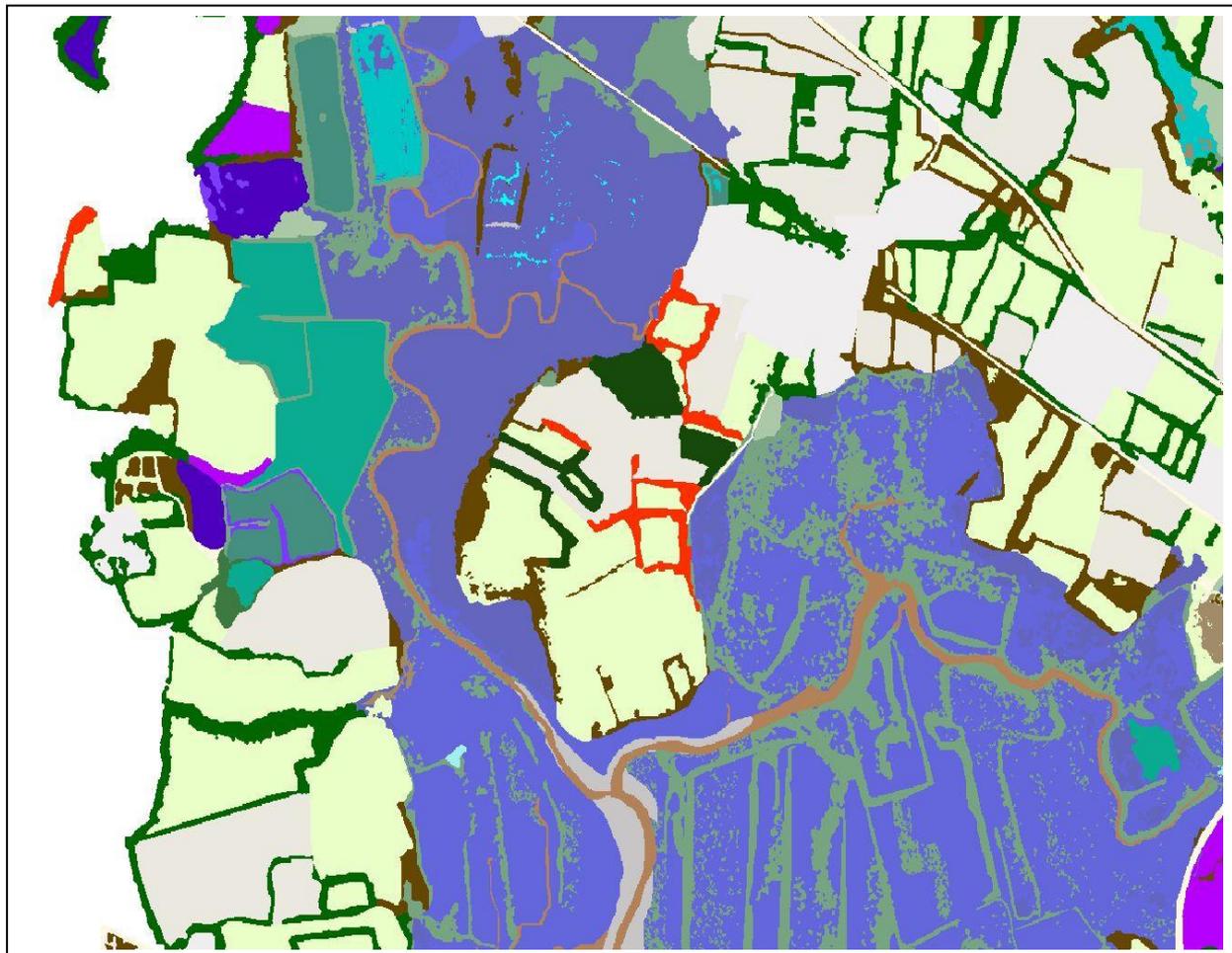


Figure 7 : Extrait de la cartographie du Golfe du Morbihan réalisée à l'aide de traitement d'images grâce aux outils de la télédétection (Bernard & Chauvaud, 2002)

Fiche n° 3 : Les relevés phytosociologiques

Suivis à l'échelle
d'un habitat

Champs d'application :

- **Objet d'étude** : *habitat homogène*
- **Objectif recherché** :
 - *suivi de l'évolution de l'état de conservation des habitats*
 - *suivi des impacts des mesures de gestion sur les habitats*
 - *suivi de l'évolution de l'état de conservation des populations d'espèces*
 - *suivi des impacts des mesures de gestion sur les populations d'espèces*
- **Type de végétation** : *méthode bien adaptée pour tous les habitats terrestres*
- **Paramètres étudiés** :
 - *composition floristique et structure de la végétation*

Principe général :

Le principe des relevés phytosociologiques repose sur le fait que les espèces végétales se regroupent selon les conditions écologiques. Ils forment ainsi des "groupements végétaux" caractéristiques d'un milieu particulier. La réalisation de relevés phytosociologiques au sein de ces zones homogènes constituera une valeur indicatrice des changements de la composition floristique.

Présentation de la méthode

- **La méthode phytosociologique**

Comme pour les espèces, il existe un système de classification des groupements végétaux qui peuvent être ordonnés, hiérarchisés pour former un système organisé : le synsystème. Si pour les espèces, la systématique est l'art d'ordonner, de classer les taxons (au sein de familles, genres, espèces, etc.), la synsystématique vise à ordonner et à classer les syntaxons (groupements végétaux) au sein d'alliances, d'associations, de sous-associations, etc.

La principale méthode d'étude de ces syntaxons en Europe est celle développée par la méthode du relevé phytosociologique de Braun-Blanquet. Cette méthode, dite sigmatiste (de S.I.G.M.A. : Station Internationale de Géobotanique Méditerranéenne et Alpine), comporte deux étapes essentielles : l'une analytique, visant à décrire les différents groupements végétaux, et l'autre synthétique, visant à classer ces différents groupements au sein du synsystème (Lahondère, 1997).

"En taxonomie, la plante correspond à la réalité concrète de l'espèce. De même, l'individu d'association représente le seul élément concret de la phytosociologie. L'association végétale, unité élémentaire de la phytosociologie, est donc, comme l'espèce, un concept abstrait qui se dégage d'un ensemble d'individus d'associations possédant à peu près les mêmes caractéristiques floristiques, statistiques, écologiques, dynamiques, chorologiques et historiques" (Géhu & Rivas-Martinez, 1981).

Dans le tableau suivant (**Tableau 4**), un parallèle est établi entre la classification taxonomique et la classification phytosociologique. Dans les deux cas, pour bien décrire et bien nommer les objets à identifier (plante ou groupement végétal), il sera nécessaire de descendre au niveau le plus fin possible de la classification.

Classification taxonomique	Exemple	Classification phytosociologique	Exemple
Classe (parfois sous-classe)	Phanéro <u>g</u> ames	Classe (parfois sous-classe)	<i>Calluno vulgaris - Ulicetea minoris</i> (ensemble des landes des plaines d'Europe)
Ordre (parfois sous-ordre)	Spermaphy <u>t</u> es	Ordre (parfois sous-ordre)	<i>Ulicetalia minoris</i> (landes cantabro et méditerranéo-atlantiques)
Famille	Ericac <u>e</u> es	Alliance (parfois sous-alliance)	<i>Ulicion minoris</i> (communautés des landes atlantiques)
Espèce	<i>Erica ciliaris</i>	Association végétale	<i>Ulici galli - Ericetum ciliaris</i> (lande mésophile à <i>Ulex galli</i> et <i>Erica ciliaris</i>)
Sous-espèce		Sous-association végétale	... <u>et</u> osum
Variété		Variété	
Forme		Facès	facès à <i>Molinia caerulea</i>

Tableau 4 : Classification taxonomique et classification phytosociologique

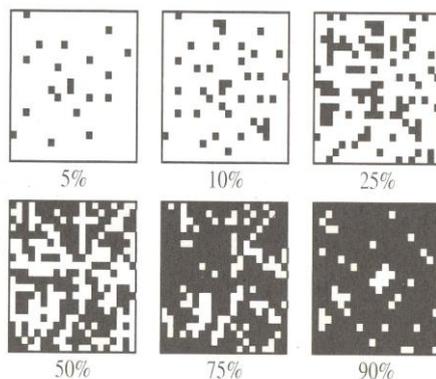
Les suffixes soulignés correspondent à un code nomenclatural utilisé pour identifier les différents niveaux de la classification (classe phytosociologique : etea , association végétale : etum, etc.).

• Le relevé phytosociologique

Pour inventorier les individus d'association (unités élémentaires décrites en phytosociologie), on réalise un relevé phytosociologique. Une parfaite connaissance de la flore du milieu, de son écologie, de la biologie des espèces est nécessaire afin d'établir un relevé de végétation exploitable. De la qualité du relevé dépendront les futures interprétations.

Les principales étapes dans la réalisation du relevé phytosociologique sont les suivantes :

- Définition de l'aire minimale de relevé au sein d'une **surface de végétation considérée comme floristiquement, physionomiquement et écologiquement homogène**.
- Etablissement de la liste exhaustive des espèces végétales présentes à l'intérieur de l'individu d'association.
- Attribution d'un coefficient d'Abondance-Dominance (A-D) correspondant au pourcentage de recouvrement spatial de chaque espèce selon l'échelle suivante (**Figure 8**) :



Coefficient d'A-D	Recouvrement de l'espèce par rapport à la surface totale
5	> 75 %
4	de 50 à 75 %
3	de 25 à 50 %
2	de 5 à 25 %
1	< 5%
+	espèce peu abondante
r	espèce très rare
i	espèce représentée par un individu isolé

Figure 8 : Signification du coefficient d'abondance-dominance par rapport au pourcentage de recouvrement (Dupieux, 1998)

Un relevé phytosociologique comprend obligatoirement certaines informations complémentaires :

- Caractères généraux (nom de l'auteur, numéro et date du relevé).
- Caractères géographiques et topographiques (lieu-dit, commune, département, altitude, exposition, pente, etc).
- Caractère édaphiques (nature de la roche mère, type de sol, etc).
- Caractères biologiques (aspect physiologique de l'association, influence des activités humaines, impact des populations animales, etc).

C'est ainsi, par le biais du relevé phytosociologique établi, que l'on caractérise la végétation.

Outils nécessaires :

Deux cas se présentent :

- si les relevés phytosociologiques se font au sein de groupements homogènes sans matérialisation de la zone suivie, aucun outil particulier ne devra être utilisé.
- afin d'effectuer des relevés phytosociologiques tous les ans au même endroit, il est possible de matérialiser l'emplacement du carré permanent de suivi à l'aide de quatre piquets enfoncés dans le sol. Une certaine rigueur doit être apportée lors de leur installation, il en va de la pérennité du suivi. Trop de suivis n'ont pu aboutir à des résultats exploitables en raison de la perte ou de l'arrachage de ces repères permanents.

Echantillonnage / périodicité du suivi :

La stratégie d'échantillonnage

Type d'échantillonnage

- Echantillonnage principalement subjectif et placé dans des zones homogènes représentatives du milieu ou de l'espèce suivie.

Localisation des suivis

- Relevés phytosociologiques localisés au sein de secteurs gérés en milieu homogène.
- Relevés phytosociologiques disposés en dehors des zones gérées afin de disposer de "zones témoins" de l'évolution de la végétation en l'absence de gestion ou tout simplement afin de pouvoir apprécier la dynamique du groupement végétal.

Nombre et taille des échantillons

- Afin d'obtenir des résultats fiables et fidèles aux réalités de terrain, le nombre d'échantillons doit être au minimum de deux ou trois relevés en secteur géré. De même, un à deux répliqués doivent être installés au sein de la zone témoin.
- La superficie des placettes permanentes : La **notion d'aire minimale**.

La superficie d'un relevé phytosociologique est très variable et dépend essentiellement du type de groupement végétal. Elle est généralement définie en recherchant l'aire minimale la mieux adaptée à l'échantillonnage.

La technique consiste à recenser le nombre d'espèces présentes dans un quadrat d'un mètre carré. Une fois la liste des espèces dressée, on double la surface étudiée (2m², 4m², 8m², 16m², etc.) et ceci jusqu'à ce que l'on ne rencontre plus d'espèces nouvelles tout en restant au sein d'une surface homogène. On considère alors que la totalité des espèces présentes dans le groupement étudié a été recensée et que l'aire minimale du relevé a été atteinte.

Cette aire minimale correspond au point d'inflexion d'une courbe reliant la surface étudiée au nombre d'espèces relevées (*Figure 9*).

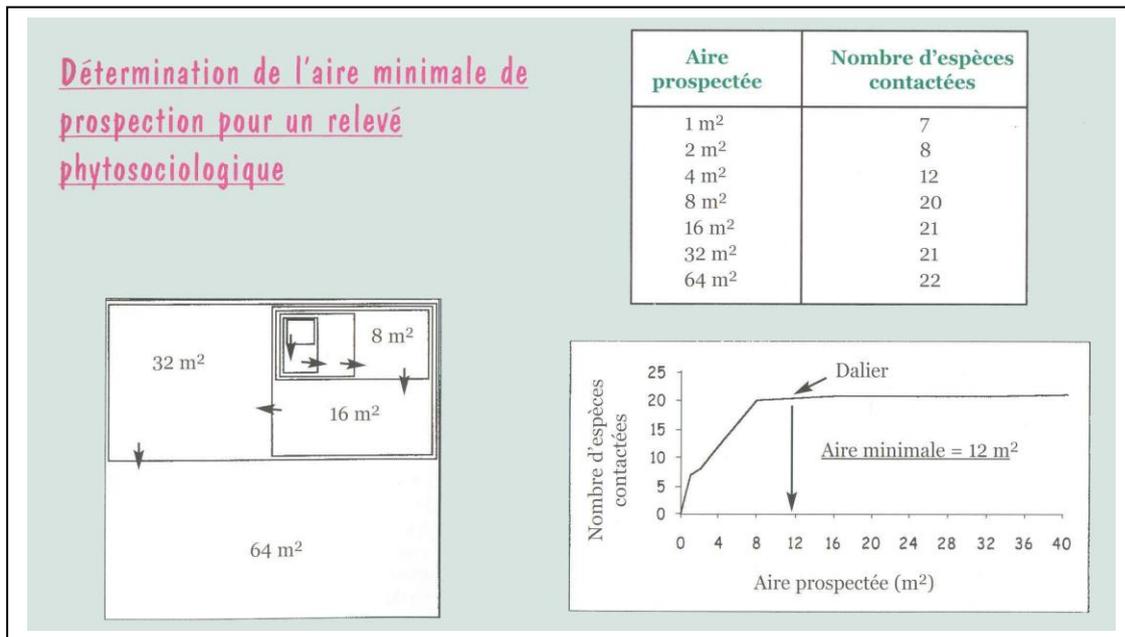


Figure 9 : Détermination de l'aire minimale de prospection pour un relevé phytosociologique (Müller & al., 2002)

Avec l'expérience, il est possible de s'affranchir du calcul de l'aire minimale et d'estimer la taille minimale du relevé à effectuer, en fonction du type de végétation. En général, plus la hauteur de la végétation sera importante, plus la surface du relevé sera grande.

Type de végétation	Aire minimale : taille du relevé
Pelouse rase	0,25 m ² à 1 m ²
Prairie et lande rase	1 m ² à 9 m ²
Lande haute	4 m ² à 25 m ²
Fourré	9 m ² à 100 m ²
Couvert boisé	100 m ² à 900 m ²

La durée, la période et la périodicité du suivi

Durée du suivi

- Dépend fortement de la dynamique du groupement végétal concerné. Cependant, un minimum de 4-5 ans de suivi est absolument nécessaire afin d'interpréter correctement les résultats. Plus la durée de suivi est longue, plus les variations inter-annuelles des résultats dues aux aléas climatiques sont faibles (cf III-3.3 a).

Période du suivi

- Est directement liée au type de milieu concerné (cf III-3.3.b).

Périodicité du suivi

- Le pas de temps le plus adapté correspond à une fréquence de suivi annuelle.
- Cependant, dans des milieux à forte dynamique, un suivi bisannuel peut être recommandé. C'est notamment le cas pour les milieux où se succède une végétation vernale puis estivale.

Mode de traitement des données :

Les données recueillies à des périodes différentes pourront être traitées de différentes façons :

Traitement mathématique des données: indices phyto-écologiques

Les relevés phytosociologiques fournissent des chiffres relevés sur le terrain qui peuvent servir d'indicateur pour un suivi dans le temps. Une exploitation plus poussée des données, issues des relevés phytosociologiques réalisés au sein des quadrats permanents, peut être entreprise par l'utilisation d'un certain nombre de formules mathématiques.

Lors des relevés phytosociologiques, le recouvrement des espèces végétales est estimé selon le coefficient d'abondance-dominance de Braun-Blanquet. Cependant, ce dernier correspond à un intervalle de recouvrement exprimé en pourcentage. C'est pourquoi, lors des traitements mathématiques et statistiques, seul le pourcentage moyen de recouvrement sera utilisé (*Figure 10*).

Coefficient d'abondance-dominance	Intervalle de recouvrement selon Braun-Blanquet	Pourcentage moyen de recouvrement
5	75 – 100 %	87,5 %
4	50 – 75 %	67,2 %
3	25 – 50 %	37,5 %
2	5 – 25 %	15 %
1	1 – 5 %	3 %
+	< 1 %	0,5 %

Figure 10 : Correspondance entre les coefficients d'abondance-dominance et le pourcentage moyen de recouvrement

Selon cette correspondance, il est possible de calculer la contribution spécifique (Cs) de chaque espèce et ainsi d'évaluer de façon quantitative, l'importance relative de chaque espèce dans les communautés végétales (Cherrière, 1997).

La contribution spécifique Csi d'une espèce (i) dans un relevé est le rapport entre le pourcentage moyen de recouvrement de l'espèce dans le relevé et la somme des pourcentages moyens de recouvrement de toutes les espèces recensées dans le relevé.

$$C_{si} = \frac{\% \text{ moy. de recouvrement de l'espèce } i}{\Sigma \text{ des } \% \text{ moy. de recouvrement des espèces recensées dans le relevé}}$$

A cette formule phyto-écologique, il existe un certain nombre d'indices utilisables au sein du carré permanent.

- Richesse totale : nombre total d'espèces inventoriées dans un relevé
- Espèces apparues : nombre d'espèces nouvelles inventoriées sur un relevé par rapport aux mêmes relevés réalisés à une date antérieure
- Espèces non revues : nombre d'espèces inventoriées antérieurement mais non revues
- Taux de renouvellement : donne une évaluation du taux de changement des espèces entre deux relevés au même endroit à deux dates différentes (Zambettakis, 2000)

$$\text{Taux de renouvellement} = \frac{(\text{Espèces apparues} + \text{espèces non revues})}{\text{Richesse spécifique totale}} \times 100$$

Tous ces chiffres doivent pouvoir constituer des indicateurs précieux pour le gestionnaire d'un site, qui disposera ainsi d'éléments objectifs de comparaison au fil du temps.

Traitement des données sous la forme de tableau matriciel

Une fois réalisés, les divers relevés sont comparés entre eux sous forme de tableaux phytosociologiques. Dans le cadre d'un suivi de la végétation, l'analyse de ces tableaux permet d'identifier les relevés et ainsi de le comparer d'une année sur l'autre.

- Comparaison des données brutes de terrain (*Figure 11*)
- Comparaison des données obtenues à partir des indices phyto-écologiques

Traitement graphique des données

- Diagramme en bâton ou "histogramme"
- Diagramme en secteurs ou "camemberts"
- Courbes de fréquence (*Figure 12*)

Traitement graphique des séries statistiques : l'analyse multivariée (Annexe 2)

- L'Analyse Factorielle des Correspondances, l'A.F.C.
- L'Analyse Canonique des Correspondances, l'A.C.C.

L'Analyse Factorielle des Correspondances (A.F.C.) est une technique d'ordination fréquemment employée dans l'analyse des données floristiques croisant les espèces et les relevés.

L'Analyse Canonique des Correspondances (A.C.C.) peut être considérée comme complémentaire de la précédente. Si l'A.F.C. ordonne les relevés et les espèces entre elles, l'Analyse Canonique des Correspondances combine les relevés en les contraignant à se corrélérer avec les variables environnementales (Ter Braak, 1987).

Compétences nécessaires :

Compétences botaniques requises : * * * *

Obligation de disposer de bonnes connaissances en botanique afin de déterminer toutes les espèces même à l'état de plantule

Commentaires :

Les relevés phytosociologiques représentent la technique de suivi la plus utilisée actuellement. Elle présente l'avantage d'être très simple et rapide à mettre en œuvre. Aucun outil encombrant ou onéreux n'est nécessaire puisque pour réaliser un suivi de la végétation quatre piquets, délimitant le quadrat, sont suffisants.

La seule réelle limite à cette méthode de suivi réside dans la nécessité de disposer de solides connaissances en botanique pour le relevé de terrain. Quelques bases en phytosociologie sont également nécessaires afin de pouvoir attribuer correctement les coefficients d'Abondance-Dominance.

Documents de références :

BARDAT ET AL., 2004 - Prodrôme des végétations de France. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris. 171 p.

BIORET F., 1989 - Contribution à l'étude de la flore et de la végétation de quelques îles et archipels ouest et sud armoricains. Thèse de doctorat, Université de Nantes-Faculté des sciences et des techniques, 480 p.

BOTTLIKOVA A., DAGET PH., DRDOS J., GUILLERM J.L., ROMANE F., RUZICKOVA H., 1976 – Quelques résultats obtenus par l'analyse factorielle et les profils écologiques sur des observations phyto-écologiques recueillies dans la vallée de Liptov (Tchécoslovaquie). *Vegetatio*, **31**, 2. 79-91.

CHERRIERE K., 1997 - Méthodes de suivi de la végétation - Proposition d'un protocole d'étude de l'impact du pâturage sur la végétation dans les sites protégés. Fédération des Parcs Naturels de France, Institut National Agronomique Paris-Grignon. 62 p.

- CLEMENT B., 1987 - Structure et dynamique des communautés et des populations végétales des landes bretonnes. Thèse de doctorat, Université de Rennes I, 320 p.
- DUPIEUX N., 1998 - La gestion conservatoire des tourbières de France - Premiers éléments scientifiques et techniques. Programme Life-Nature "tourbière de France, Espaces Naturels de France. 244 p.
- GEHU J.M., RIVAS-MARTINEZ S., 1981 – Notions fondamentales de phytosociologie. In : Syntaxonomie – Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für vegetationskunde. Rinteln 31.3.-3.4.1980, Cramer, Vaduz, 5-33.
- GESLIN J., ZAMBETTAKIS C., 2003 - Suivi botanique et phyto-écologique du marais du Grand-Hazé : troisième année. Conservatoire Botanique National de Brest, Antenne de Basse Normandie, 38 p.
- LAHONDERE CH., 1997 – Initiation à la phytosociologie sigmatiste. *Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest*, NS, **16**. 47 p.
- MULLER F. ET AL., 2002 - Recueil d'expériences de gestion et de suivi scientifique sur pelouses sèches. Espaces Naturels de France, fédération des Conservatoires d'Espaces Naturels, programme Life-Nature "Protection des pelouses sèches relictuelles de France", 132 p.
- TER BRAAK C.J.F., 1987 – The analysis of vegetation – environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio*, **69**. 69-77.
- ZAMBETTAKIS C., 2000 - Suivi botanique de la Réserve Naturelle de Beauguillot. Etude réalisée pour le compte de la fondation Beauguillot par le CPIE du Cotentin. 23 p.

Exemple de relevé et de comparaison de relevés effectués selon la méthode phytosociologique sigmatiste

Les tableaux de données

Exemple d'un relevé phytosociologique effectué le 14/07/2000 à l'Ile d'Ouessant (Finistère) par M. MARTIN :

Lande littorale à *Ulex europaeus* var. *maritimus* et *Erica cinerea*, exposition Sud :

Numéro du relevé	1	
Surface (en m ²)	50	
Recouvrement total (en %)	100	
Hauteur de végétation (en cm)	40	
Exposition	Sud	
Substrat	Ranker	
<i>Ulex europaeus</i> var. <i>maritimus</i>	4	Coefficient d'A-D
<i>Erica cinerea</i>	4	
<i>Festuca rubra</i> ssp. <i>pruinosa</i>	2	
<i>Cuscuta epithymum</i>	2	
<i>Dactylis glomerata</i>	1	
<i>Pedicularis sylvatica</i>	+	
Relevé floristique		

Le groupement végétal ainsi identifié (syntaxon) sera ensuite replacé dans la classification phytosociologique (synsystème).

Carrés permanents		CP1		CP2		CP3	
		2002	2003	2002	2003	2002	2003
Date		2002	2003	2002	2003	2002	2003
Hauteur en cm		20	35	30	20	60	70
Groupes socio-écologiques	Recouvrement en %	75	80	65	60	85	98
Bois	<i>Betula pubescens</i>	1	1	2	2	1	2
Bois	<i>Dryopteris carthusiana</i>					+	1
Bois	<i>Frangula alnus</i>	+	1			+	I
Bois	<i>Quercus robur</i>			i			
Bois	<i>Rubus grpe fruticosus</i>	2	1	1	i	2	3
Bois	<i>Salix atrocinerea</i>					1	
Hygrophiles	<i>Juncus effusus</i>					2	+
Hygrophiles acidiphiles	<i>Juncus bulbosus</i>					+	
Hygrophiles acidiphiles	<i>Potentilla erecta</i>	i	i				
Landicoles	<i>Calluna vulgaris</i>	+	1	i			
Landicoles	<i>Erica tetralix</i>	2	2	i	+		
Roselières	<i>Carex rostrata</i>					5	4
Turficoles acidiphiles	<i>Agrostis canina</i>						i
Turficoles acidiphiles	<i>Carex curta</i>					1	2
Turficoles acidiphiles	<i>Luzula multiflora</i>	+	i		i		
Turficoles acidiphiles	<i>Molinia coerulea</i>	4	4	4	4	1	1
	<i>Sphagnum</i> sp					+	2
Somme des espèces		8	8	6	5	11	10

Figure 11 : Relevés phytosociologiques effectués dans des carrés permanents en 2002 et 2003 (Geslin & Zambettakis, 2003)

Ce tableau organisé permet de comparer l'évolution de la structure et de la composition floristique des relevés phytosociologiques.

Le traitement graphique des données

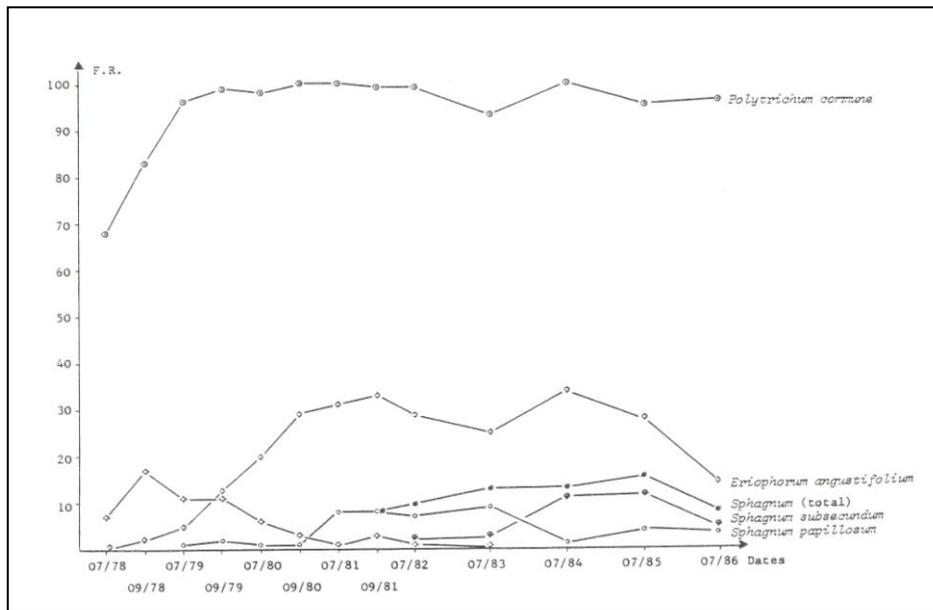


Figure 12 : Courbes des Fréquences relatives des principales espèces présentes dans la placette permanente (Clément, 1987)

Fiche n° 4 : La méthode des transects

Suivis à l'échelle d'un ensemble d'habitats

Champs d'application :

- **Objet d'étude** : *ensembles d'habitats*
- **Objectif recherché** :
 - *suivi de la répartition des habitats*
 - *suivi de l'évolution de l'état de conservation des habitats*
 - *suivi des impacts des mesures de gestion sur les habitats*
- **Type de végétation** : *méthode très pertinente dans deux conditions* :
 - *suivi à petite échelle quand les habitats s'organisent en ceintures de végétation telles que les végétations de falaises, de dunes, de landes-fourrés et de groupements aquatiques à amphibies*
 - *suivi à grande échelle afin de différencier et d'étudier des habitats fortement imbriqués tels que les groupements des prés salés, des pelouses littorales et des tourbières*
- **Paramètres étudiés** :
 - *occupation de l'espace et dynamique spatiale des habitats par comparaison diachronique des transects*
 - *composition floristique et structure de la végétation*

Principe général :

Cette méthode initiée par K.W. Parker (1951-1954) et reprise par G. Long (1957-1958) et J.J. Corre (1970) permet de mieux comprendre l'amplitude écologique de chaque espèce vis-à-vis des facteurs du milieu (topographie, géologie, pédologie, etc.).

A la différence de la plupart des autres méthodes de suivi, la méthode des transects rend compte de l'hétérogénéité du milieu. C'est pourquoi le transect est souvent installé dans le sens de la plus grande différenciation du milieu. Il est ainsi fréquemment utilisé pour caractériser les écosystèmes où les ceintures de végétation sont particulièrement bien marquées (par exemple dans les milieux dunaires, les falaises, les ceintures de bords d'étang). Il permet d'appréhender le milieu tant du point de vue de la composition floristique que de la structure de la végétation, et permet ainsi de suivre régulièrement leur évolution.

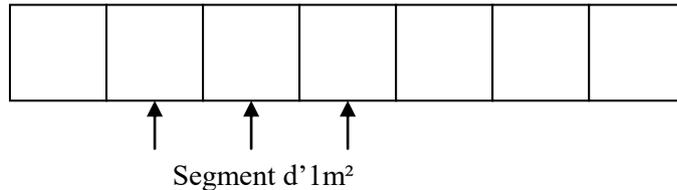
Comme toutes les méthodes utilisant des repères permanents, le transect est délimité par un minimum de deux piquets fixes. Lors du suivi, un décamètre est déroulé entre les repères permanents. Les espèces situées de part et d'autre de cette ligne, sur une largeur de un mètre à un mètre cinquante, sont recensées.

Le principe d'un transect consiste en une succession de relevés phytosociologiques le long d'une ligne permanente.

Cependant, ces transects peuvent être réalisés de deux manières :

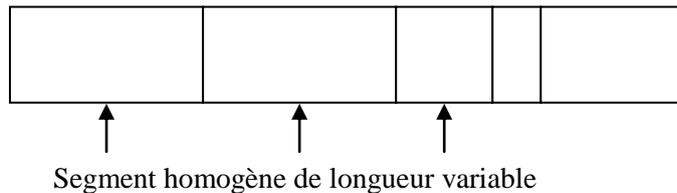
- soit par une approche systématique de la végétation par segments de taille déterminés et contigus.

Ainsi le transect se présente souvent sous la forme d'une bande de segments successifs de 1 m². Dans chaque carré, les espèces sont recensées et se voient attribuer leur coefficient phytosociologique d'abondance-dominance (même si le milieu n'est pas parfaitement homogène).



- soit en réalisant des segments de longueur variable en tenant compte de l'homogénéité floristique et structurale de la végétation.

Ainsi, à chaque nouveau faciès d'un groupement végétal ou lors de la rencontre d'un nouveau groupement végétal, le positionnement sur le transect de début et de fin de segment est noté. Comme pour la manière précédente, dans chaque segment, un relevé selon la méthode phytosociologique de Braun-Blanquet est réalisé.



C'est ce second procédé, plus en adéquation avec le principe de la phytosociologie (relevé devant être effectué dans un milieu floristiquement, phytosociologiquement et écologiquement homogène), plus rapide, et surtout représentant plus précisément les limites des différents faciès écologiques, qui est le plus fréquemment utilisé et que nous recommandons.

Outils nécessaires :

- Matériel nécessaire : deux voire trois piquets afin de matérialiser le transect. L'installation de ces repères permanents permettra de positionner le suivi au même endroit d'une année sur l'autre.
: un décimètre afin de localiser précisément les différents groupements végétaux ou faciès le long du transect.

Echantillonnage / périodicité du suivi :

La stratégie d'échantillonnage

Type d'échantillonnage

- Echantillonnage principalement subjectif et placé dans des zones représentatives du milieu suivi.

Localisation des suivis

- Le transect est souvent installé en situation particulière ou caractéristique d'un milieu. De plus, il est généralement orienté dans le sens de la plus grande différenciation du milieu afin de prendre en compte le maximum de groupements végétaux ou de faciès.
- Plusieurs transects peuvent être installés au sein de secteurs gérés ou non ("transect témoin").

Nombre et taille des échantillons

- Afin d'obtenir des résultats fiables et fidèles aux réalités de terrain, le nombre d'échantillons doit être au minimum d'un ou de deux relevés en secteur géré. De même, un à deux répliqués doivent être installés au sein de la zone témoin.
- La taille du transect va fortement varier en fonction de l'échelle du suivi. Le transect peut mesurer plusieurs dizaines de mètres dans le cas d'un suivi de l'évolution des ceintures de végétations tandis qu'un transect de 10-20 mètres peut suffire pour différencier des habitats imbriqués.

La durée, la période et la périodicité du suivi

Durée du suivi

- Dépend fortement de la dynamique du milieu et des groupements végétaux concernés. Cependant, un minimum de 4-5 ans de suivi est absolument nécessaire afin d'interpréter correctement les résultats. Plus la durée de suivi est longue, plus les variations inter-annuelles des résultats dues aux aléas climatiques sont faibles (cf III-3.3 a).

Période du suivi

- Est directement liée au type de milieu concerné (cf III-3.3.b).

Périodicité du suivi

- Le pas de temps le plus adapté correspond à une fréquence de suivi annuelle.

Mode de traitement des données :

Les données recueillies à des périodes différentes pourront être traitées de différentes façons :

Traitement mathématique des données : indices phyto-écologiques

- **Contribution spécifique, Csi T, au niveau du transect**

L'analyse de terrain d'un transect, en réalisant des relevés phytosociologiques au sein de segments homogènes de longueur variable, donne la possibilité de calculer la contribution spécifique d'une espèce (Csi). Il s'agit cette fois-ci de la Csi le long du transect et non plus uniquement au niveau d'un seul relevé phytosociologique.

La formule est donc directement issue de la formule de calcul des relevés phytosociologiques par intégration de l'ensemble des contributions spécifiques au niveau des différents faciès du transect.

$$\text{Csi T} = \sum_{F=N}^{F=1} \text{Csi F} \times dF$$

avec N = Nombre de faciès (de segments le long du transect)

Csi F = Contribution spécifique de l'espèce i sur le faciès F

dF = Distance en pourcentage occupée par le faciès F dans le transect T

• **Indice de diversité, D**

Cet indice de diversité, D, dérive de l'indice de Shannon-Weaver. Par rapport à la richesse spécifique, cet indice intègre la fréquence relative de chaque espèce présente.

$$D = - \sum_{i=1}^r C_{si} \times \log_2 C_{si}$$

Avec r = Ensemble des espèces du transect

• **Indice d'hétérogénéité, H**

L'indice d'hétérogénéité, H, donne une évaluation chiffrée de l'hétérogénéité de la végétation le long du transect à partir de la reconnaissance des divers faciès.

$$H = \frac{\text{Nombre de faciès}}{\log_{10} \text{longueur du faciès}}$$

A ces formules phyto-écologiques, il existe un certain nombre d'indices utilisables le long de transects.

- Richesse totale : nombre total d'espèces inventoriées dans un transect ou un faciès du transect
- Richesse spécifique moyenne : moyenne du nombre total d'espèces de chaque transect ou de chaque faciès du transect
- Espèces apparues : nombre d'espèces nouvelles inventoriées dans un transect ou un faciès du transect par rapport aux mêmes relevés réalisés à une date antérieure
- Espèces non revues : nombre d'espèces inventoriées antérieurement mais non revues
- Taux de renouvellement : donne une évaluation (en %) du taux de changement des espèces entre deux relevés au même endroit à deux dates différentes (Zambettakis, 2000)

$$\text{Taux de renouvellement} = \frac{(\text{Espèces apparues} + \text{espèces non revues})}{\text{Richesse spécifique totale}} \times 100$$

Les valeurs absolues de ces indices ont peu de signification en soi mais leur analyse comparative et relative apporte des éléments intéressants de discussion afin d'apprécier l'efficacité des mesures de gestion et l'évolution du milieu.

Tous ces chiffres pourront constituer des indicateurs précieux pour le gestionnaire d'un site, qui disposera ainsi d'éléments objectifs de comparaison au fil du temps.

Traitement des données sous la forme de tableau matriciel

- Comparaison des données brutes de terrain (*Figure 14*)
- Comparaison des données obtenues à partir des indices phyto-écologiques (*Figure 13*)

Traitement graphique des données

- Représentation du transect sous la forme de schéma

Les données de terrain peuvent être représentées sous la forme de schémas ou de croquis caractérisant le milieu échantillonné en faisant apparaître les différents facteurs écologiques déterminants (Gloaguen & Touffet, 1974).

L'analyse des données est basée sur le fait que pour chaque segment homogène, un relevé phytosociologique est réalisé ; chaque espèce identifiée se voyant affecter un coefficient d'abondance-dominance.

Ainsi, sur le schéma, chaque distribution spécifique pourra être figurée dans chaque tronçon par un trait noir d'épaisseur proportionnelle au coefficient d'abondance-dominance de Braun-Blanquet. De plus, pour chaque segment, les conditions écologiques peuvent être détaillées (**Figure 16**).

- Diagramme en bâton ou "histogramme" (**Figure 15**)
- Diagramme en secteurs ou "camemberts"
- Courbes de fréquence

Compétences nécessaires :

Compétences botaniques requises : * * * *

Obligation de disposer de bonnes connaissances en botanique afin de déterminer toutes les espèces même à l'état de plantule

Commentaires :

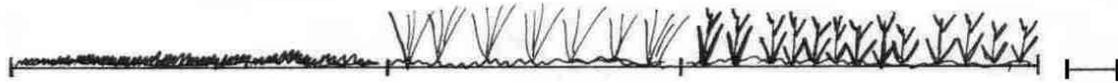
Cette méthode des transects se révèle particulièrement bien adaptée à la lecture spatiale du paysage et permet également un suivi des modifications de l'hétérogénéité structurale des groupements végétaux, élément essentiel pour apprécier l'évolution du milieu à l'échelle d'un site et la pertinence des mesures de gestion mises en oeuvre.

Documents de références :

- CORRE J.J., 1970 - La méthode des "transects" dans l'étude de la végétation littorale. *Bulletin Académie et Société Lorraines des Sciences*, Tome **IX**-1. 59-79.
- FAVENNEC J. 2002 - Suivi des dunes littorales par transects mis en place par l'Office National des Forêts en Aquitaine. Connaissance et gestion durable des dunes de la côte atlantique – Les dossiers forestiers, Office National des forêts, 269-274.
- GESLIN J., ZAMBETTAKIS C., 2003 - Suivi botanique et phyto-écologique du marais du Grand-Hazé : troisième année. Conservatoire Botanique National de Brest, Antenne de Basse Normandie, 38 p.
- GLOAGUEN J.C., TOUFFET J., 1974 - La végétation des landes du Cap Fréhel : Etude orientée le long de quelques transects (1). *Botanica Rhedonica*, série A, **13**, 57-75.
- LONG G., 1957 - La "3-Step Method" - Description sommaire et possibilités d'utilisation pour l'observation permanente de la végétation. *Bull. Serv. Carte Phytogéographique*, série B, **II**, 1. 35-43.
- LONG G., 1958 - Description d'une méthode linéaire pour l'étude de l'évolution de la végétation. *Bull. Serv. Carte Phytogéographique*, série B, **3**. 107-126.
- PARKER K.W., 1951-1954 – A method for measuring trend in range condition on National Forest Ranges. Adm. Studies, Forest Service, U.S.D.A., 26 p.
- ZAMBETTAKIS C., 2000 - Suivi botanique de la Réserve Naturelle de Beauguillot. Etude réalisée pour le compte de la fondation Beauguillot par le CPIE du Cotentin. 23 p.

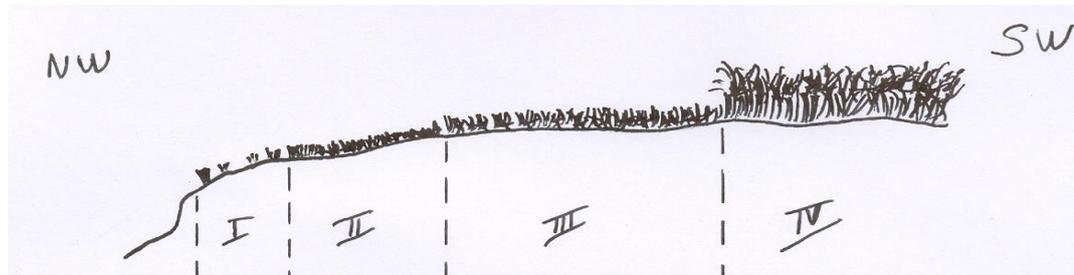
Exemple

Les tableaux de données



Années	2001	2003
Nombre de faciès	3	3
Hétérogénéité de faciès	0,843	0,843
Richesse spécifique totale	16	27
Richesse spécifique moyenne	8,66	13,66
Diversité	2,622	2,645

Figure 13 : Indices phyto-écologiques calculés sur un transect (Geslin & Zambettakis, 2003)



	I	II	III	IV
date	12/05/2004	12/05/2004	12/05/2004	12/05/2004
localisation	Cap de la chèvre, Crozon	Cap de la chèvre, Crozon	Cap de la chèvre, Crozon	Cap de la chèvre, Crozon
recouvrement phanérog. (%)	50	100	95	100
hauteur (cm)	10-30	30	30-50	100-150
substrat	Squelettique au niveau des fissures	Organique peu profond	Rankers humifères	Brun peu profond
nombre d'espèces	3	5	6	5
<i>Crithmum maritimum</i>	4			
<i>Spergularia rupicola</i>	1			
<i>Armeria maritima</i>	1	2		
<i>Festuca rubra ssp. pruinosa</i>		3		
<i>Daucus carota ssp. gummifer</i>		2		
<i>Lotus corniculatus</i>		1	+	
<i>Erica cinerea</i>		+	2	+
<i>Ulex europaeus var. maritimus</i>			3	
<i>Calluna vulgaris</i>			2	
<i>Polygala serpyllifolia</i>			+	
<i>Prunus spinosa</i>			+	3
<i>Ulex europaeus var. europaeus</i>				2
<i>Rubus grp. fruticosus</i>				1
<i>Hedera helix</i>				1

Figure 14 : Relevés phytosociologiques réalisés le long du transect
(la zone grisée correspond aux espèces caractéristiques du groupement)

Le traitement graphique des données

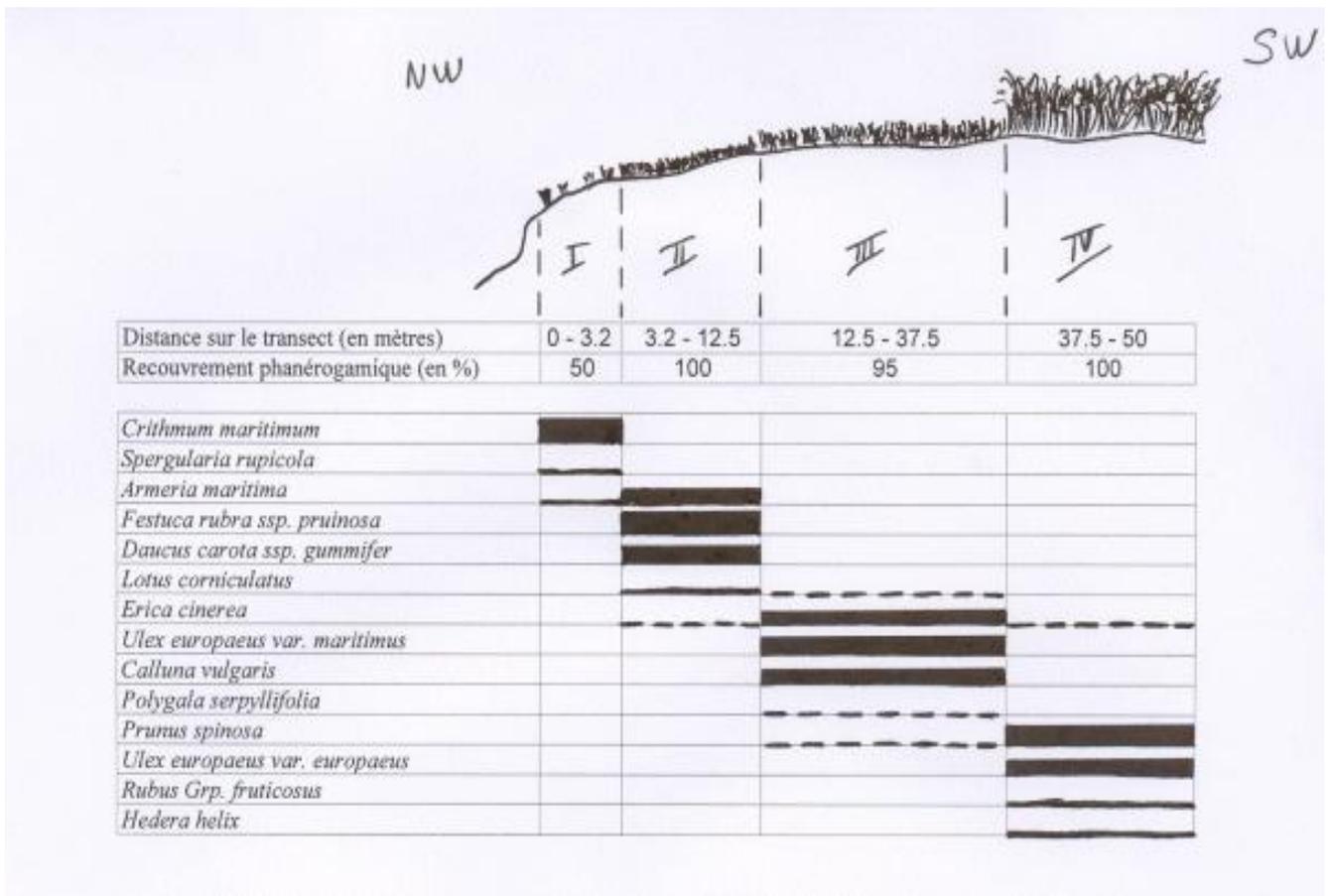


Figure 15 : Transect en falaise littorale

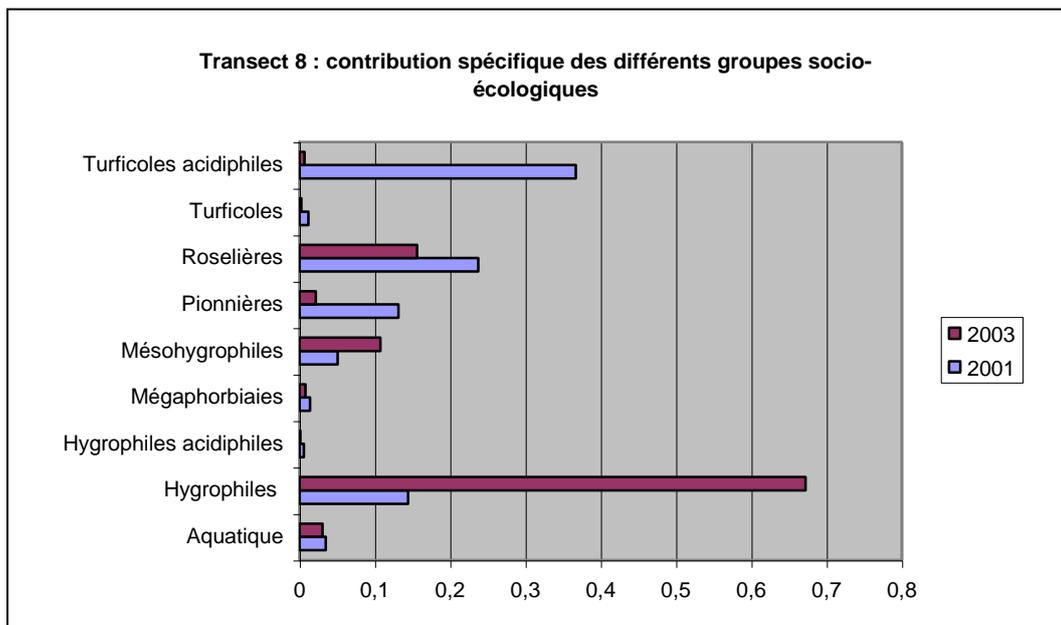


Figure 16 : Contributions spécifiques des différents groupes écologiques en zone humide dans un transect (Geslin & Zambettakis, 2003)

