

RESTAURATION DES VÉGÉTATIONS DES FALAISES LITTORALES DES CÔTES MANCHE-ATLANTIQUE

GUIDE MÉTHODOLOGIQUE À
L'USAGE DES GESTIONNAIRES
D'ESPACES NATURELS

UBO
université de bretagne
occidentale

ueb

EA 2219
**géo
archi
tecture**

Conception, aménagement et gestion
du cadre bâti et de l'environnement :
doctrine et pratiques


Liberté • Égalité • Fraternité
REPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère
de l'Écologie,
du Développement
durable
et de l'Énergie


l'iteau
II

AVANT-PROPOS

Sauvegarder les falaises en les « soignant »

Ces remparts contre les assauts de l'océan semblent immuables, mais l'actualité nous rappelle que les falaises sont vulnérables et peuvent s'effriter, puis s'effondrer sous nos pieds. Ces écosystèmes jouent de nombreux rôles, notamment celui de zone tampon contre les intempéries, de fourniture de lieux d'activités touristiques, de production primaire, rendant ainsi des services aux sociétés.

Prendre soin de la végétation qui s'y accroche est une manière d'anticiper les effets de l'érosion et de préserver la biodiversité. Composée d'espèces de plantes adaptées aux conditions climatiques difficiles et à la pauvreté des sols, cette couverture végétale est sensible aux pressions anthropiques que représente le piétinement des promeneurs attirés par les paysages impressionnants qu'offrent ces aplombs.

Des réseaux de sentiers sillonnent les sites de grande réputation, mais les touristes ne s'y cantonnent guère. Le phénomène d'érosion est au départ subtil, quelques plantes déracinées. Puis, il prend de l'ampleur, découvrant des pans entiers de falaise, le vent et le ruissellement venant accélérer les processus.

C'est alors qu'interviennent les spécialistes écologues qui établissent les diagnostics d'état de santé des communautés végétales et préconisent des traitements curatifs. L'objectif est de permettre le rétablissement d'espèces fixatrices de sols en mettant en place des zones d'exclusion vis-à-vis des facteurs de perturbation et/ou en apportant des substrats et des graines pour accélérer le processus de restauration. Une fois le milieu cicatrisé, quelques bonnes pratiques sont recommandées.

Des actions de réhabilitation ont été développées sur les façades Atlantique et Manche et le moment était venu de valider, de valoriser ces expériences et d'en tirer des leçons. Pour ce faire, le réseau des gestionnaires de sommets de falaises a été mobilisé par une équipe scientifique pluridisciplinaire, des comparaisons de méthodes menées, des analyses des succès et des échecs réalisées, dont les résultats se trouvent présentés dans ce guide. Ce projet soutenu par le programme Liteau du ministère en charge de l'écologie, illustre ce que peuvent apporter de fructueuses interactions entre scientifiques et gestionnaires.

Les aspects théoriques et pratiques des actions de restauration de milieux sensibles sont ainsi restitués sous la forme d'un guide méthodologique précis et détaillé qui donne des réponses aux nombreuses questions que se posent les responsables du devenir des falaises.

Par ailleurs, les services rendus par les écosystèmes sont de plus en plus reconnus au plan socio-économique. Dans le cas des falaises ce sont les bénéfices liés aux aménités et activités de loisirs qui intéressent le plus les responsables de la gestion de ces milieux prestigieux, que ce soit des associations de conservation de la nature ou des collectivités.

Geneviève Barnaud

Professeur Muséum National d'Histoire Naturelle
Membre du Conseil Scientifique de LITEAU

PRÉAMBULE

Ce guide méthodologique a été élaboré à la suite du programme de recherche LITEAU II : «Restauration et réhabilitation des végétations des falaises littorales des côtes Manche-Atlantiques».

Ce programme de recherche a été mené de 2006 à 2012 par l'EA 2219 - Géoarchitecture, dirigée par Frédéric Bioret. L'équipe de recherche est une équipe pluridisciplinaire dont l'un des axes principaux porte sur la dynamique et la gestion des milieux naturels, notamment ceux soumis à de fortes contraintes naturelles ou anthropiques. Les recherches visent à la fois à améliorer la connaissance fondamentale du fonctionnement des écosystèmes et à développer des outils de porter à connaissance et d'aide à la gestion. Les travaux réalisés concernent l'ensemble des aspects liés à la restauration et réhabilitation des espaces dégradés ainsi qu'à la gestion, l'évaluation ou la valorisation de la biodiversité. Ils sont mis en place en collaboration avec les gestionnaires d'espaces naturels. Une importance toute particulière est portée à la réalisation de diagnostics environnementaux.

Les recherches dont est issu ce document ont été financées par le programme LITEAU II «Quel appui scientifique apporter aux acteurs locaux pour une gestion intégrée des écosystèmes côtiers ?», mis en place par le Ministère de l'Écologie. Elles ont également été réalisées dans le cadre d'une thèse de doctorat financée par le programme ARED de la Région Bretagne, soutenue en décembre 2010 par Jérôme Sawtschuk : «*Restauration écologique des pelouses et des landes des falaises atlantiques : analyse des trajectoires successionales en environnement contraint*».

Ce travail n'aurait pu être réalisé sans le soutien des gestionnaires d'espaces naturels, ayant permis la réalisation de suivis et d'expérimentations sur les sites dont ils ont en charge la gestion ou ayant répondu à nos demandes d'informations.

Réalisation des travaux scientifiques :

- Frédéric Bioret, Professeur des Universités
- Sébastien Gallet, Maître de conférences
- Jérôme Sawtschuk, Maître de conférences
- Guénaëlle Lebras, chargée d'étude
- Nicolas Loncle, chargé d'étude

Rédaction du guide méthodologique : Frédéric Bioret, Sébastien Gallet, Baptiste Marcère, Catherine Mas.

Crédits photographiques : auteurs, sauf indication contraire.

Citation :

Bioret, F., Gallet, S. (coord.), 2015. Restauration des végétations des hauts de falaises du littoral Manche-Atlantique. Guide méthodologique à l'usage des gestionnaires d'espaces naturels. Université de Bretagne Occidentale. 74 p.



La Pointe du Raz en 1997 (source : Syndicat mixte de la pointe du Raz)

INTRODUCTION

Les espaces littoraux sont connus pour l'originalité et la richesse de leurs paysages et de leurs écosystèmes. Autrefois espaces agricoles ou repoussants, ils sont devenus, au cours des dernières décennies, des lieux de destinations touristiques privilégiées. Depuis la seconde guerre mondiale, les sites littoraux ont attiré de plus en plus de visiteurs, et, nombre d'entre eux accueillent chaque saison plusieurs centaines de milliers de personnes.

Cette attractivité touristique n'a pas été sans conséquences sur les milieux naturels. La fréquentation non contrôlée de ces sites a eu un impact majeur sur les écosystèmes littoraux. Le piétinement, la circulation des véhicules, les campements diffus et le développement de l'urbanisation ont entraîné la destruction et la dégradation des végétations des espaces littoraux, allant parfois jusqu'à la mise à nu de la roche mère, comme le montre les photos de la pointe du Raz à la fin des années 90.

La dégradation des écosystèmes, liée à l'absence de maîtrise de la fréquentation, participe à la raréfaction d'habitats et d'espèces menacés ou protégés au niveau régional, national ou européen. Outre son impact écologique, ce phénomène a également un impact paysager, social et économique. Le tourisme est un vecteur de développement important pour de nombreux territoires littoraux dont la qualité des paysages et des milieux naturels sont les meilleurs garants.

Pour juguler ces dégradations, des opérations d'aménagement et de restauration de la végétation ont été mises en œuvre depuis les années 80. Cependant, les sites littoraux sont encore soumis à une très forte pression anthropique et certains d'entre eux sont encore aujourd'hui dégradés, malgré les aménagements mis en place et les investissements réalisés.

Il paraît aujourd'hui nécessaire de fournir aux gestionnaires des espaces naturels un retour d'expérience sur ces opérations, de manière à faciliter la mise en place de nouveaux projets et à optimiser les opérations d'aménagement et de restauration.

C'est dans ce cadre que le programme de recherche LITEAU II « Restauration et réhabilitation de la végétation des falaises littorales des côtes Manche-Atlantique » a été mis en œuvre de 2006 à 2010.

Les objectifs de ce programme étaient les suivants :

- mettre au point une méthodologie de diagnostic des végétations des falaises littorales dégradées, fondée sur une approche pluridisciplinaire, aboutissant à l'identification de propositions de principes et de modes opératoires adaptés aux caractéristiques écologiques et au contexte socio-économique de chaque site ;
- expérimenter et évaluer les méthodes de restauration du tapis végétal et des milieux ;
- identifier les méthodologies de suivis à moyen et long terme de la dynamique des milieux ;
- mettre au point, tester et valider une méthodologie d'évaluation globale des suivis et des opérations de restauration.

Les résultats de ces recherches ont fait l'objet d'un rapport de synthèse (Gallet et Bioret, 2010).

Objectifs

Ce guide vise à offrir aux gestionnaires, praticiens et décideurs, un cadre de réflexion ainsi que des informations méthodologiques et techniques pour la conception, la réalisation, le suivi et l'évaluation d'opérations de restauration écologique.

Il concerne spécifiquement les végétations des hauts de falaises, mais les concepts et principes méthodologiques développés sont *a priori* transférables à d'autres types de végétations.

Il ne s'agit pas de fournir des recettes universelles pour la restauration de végétation de hauts de falaises, mais d'accompagner une démarche de restauration écologique.

Ce guide comprend dans une première partie des informations générales sur les milieux concernés, les dégradations des végétations des falaises littorales, et sur les opérations de restauration menées sur le littoral Manche-Atlantique. Il propose dans une deuxième partie une trame méthodologique reprenant chaque étape de la mise en œuvre d'un projet de restauration, afin de guider les gestionnaires dans leurs démarches. Pour chaque étape, des indications techniques et des sources d'informations complémentaires sont proposées. Les coordonnées des structures ressources, pouvant fournir des informations spécifiques complémentaires, sont fournies à la fin de ce document.

SOMMAIRE

DES MILIEUX RARES ET FRAGILES DÉGRADÉS PAR LA FRÉQUENTATION TOURISTIQUE

Des végétations originales, diversifiées, et adaptées à des conditions écologiques extrêmes.....	5
LA VÉGÉTATION DES FISSURES DE ROCHERS.....	6
LES PELOUSES AÉROHALINES.....	8
LES PELOUSES ÉCORCHÉES.....	9
LES PELOUSES RASES.....	9
LES LANDES SOMMITALES.....	10
LES FOURRÉS LITTORAUX.....	11
Des milieux dégradés par la fréquentation.....	13
DYNAMIQUES VÉGÉTALES.....	14
DÉGRADATIONS DES PELOUSES ET LANDES LITTORALES.....	15
Des opérations de restauration multiples sur le littoral atlantique.....	20
TYPE DE VÉGÉTATION ET STATUT DES SITES.....	20
OBJECTIFS DE RESTAURATION.....	20
PROPRIÉTAIRES ET GESTIONNAIRES.....	21
USAGES ET PERTURBATIONS.....	21
MÉTHODES DE RESTAURATION.....	22
PARTENAIRES INSTITUTIONNELS ET FINANCIERS.....	23

MISE EN PLACE D'UN PROJET DE RESTAURATION

État des lieux et diagnostic.....	27
ÉTAT DES LIEUX.....	28
DIAGNOSTIC.....	30
Méthodes de restauration.....	33
RESTAURATION PASSIVE.....	35
RESTAURATION ACTIVE.....	37
GESTION DE L'EAU ET DE L'ÉROSION.....	45
BILAN.....	47
Suivis et évaluation.....	49
SUIVIS BOTANIQUES.....	51
SUIVIS PAYSAGERS.....	55
SUIVIS CARTOGRAPHIQUES.....	59
BILAN.....	65
ÉVALUATION D'UN PROGRAMME DE RESTAURATION.....	67
Rôle des différents acteurs dans les programmes de restauration.....	69
Structures ressources.....	71
BIBLIOGRAPHIE.....	73





**DES MILIEUX RARES ET FRAGILES
DÉGRADÉS PAR LA FRÉQUENTATION
TOURISTIQUE**



Végétations de pelouses et de landes littorales des falaises de flysch de la corniche basque, entre Saint-Jean-de-Luz et Hendaye (64)

DES VÉGÉTATIONS ORIGINALES ADAPTÉES À DES CONDITIONS ÉCOLOGIQUES EXTRÊMES

Les milieux naturels terrestres littoraux doivent leur originalité et leur fragilité aux diverses contraintes écologiques auxquelles ils sont soumis, dont la plus importante est l'influence marine, et qui s'exercent le long d'un gradient décroissant de la mer vers l'intérieur des terres. En réponse à cette influence marine décroissante, combinée à une évolution de la nature du substrat, on observe une zonation de la végétation qui s'organise en ceintures parallèles à la mer (fig. 1). Depuis la limite supérieure atteinte par les grandes marées de vives eaux jusqu'aux fourrés littoraux, six compartiments écologiques peuvent être distingués. Ainsi, les végétations de hauts de falaises présentent une composition floristique et une organisation spatiale très spécifiques, liées à l'influence directe des stress littoraux : le sel et le vent. Ces conditions, souvent rudes, conduisent à la sélection d'espèces particulièrement adaptées et permettent l'expression d'une diversité remarquable. Cette diversité s'observe tant à l'échelle des groupements végétaux, par la présence de différents habitats dont la valeur écologique est reconnue, que par la présence de taxons, espèces ou sous-espèces rares, pouvant être strictement inféodés à ces milieux.

Les enjeux de conservation sont majeurs, d'autant que les espaces concernés sont réduits et limités à une étroite frange littorale qui dans certains cas ne dépasse pas quelques dizaines de mètres, sur lesquels se concentrent de fortes pressions d'aménagement ou de fréquentation.

Les principaux types de végétation de falaises sont présentées dans cette partie sous forme de fiches synthétiques :

1. La végétation des fissures de rochers
2. Les pelouses aérohalines
3. Les pelouses écorchées
4. Les pelouses rases
5. Les landes sommitales
6. Les fourrés littoraux

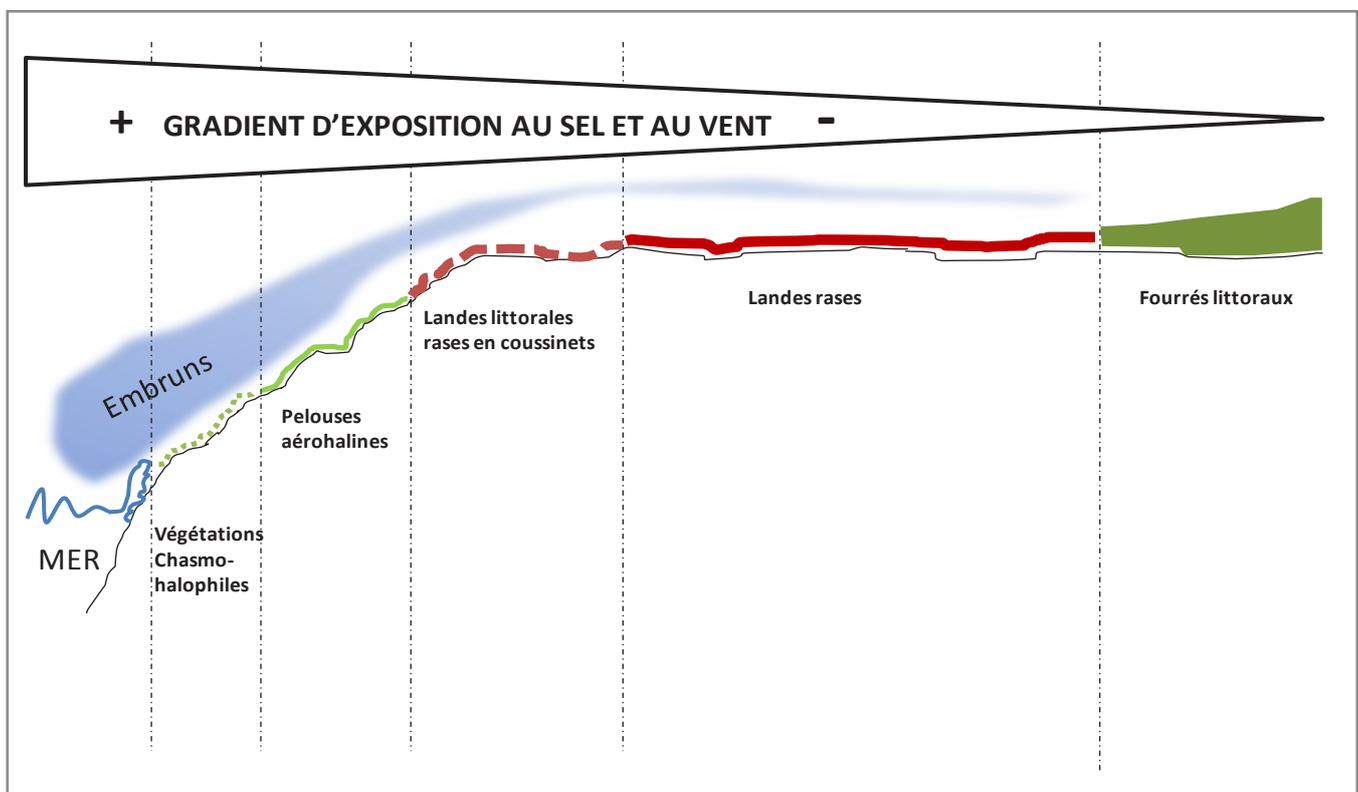


Figure 1: Organisation générale des végétations des hauts de falaises littorales, (SAWTSCHUK, 2010).

LA VÉGÉTATION DES FISSURES DE ROCHERS

La végétation terrestre des falaises maritimes est adaptée à des conditions écologiques particulières sur les côtes au vent. Soumises à une hyperventilation et une aspersion plus ou moins directe par les embruns salés, les communautés végétales doivent faire face à une sécheresse estivale parfois importante, renforcée par les effets desséchants du vent et du sel et par l'absence de sol véritable. L'exposition à ces contraintes écologiques a généré le développement de toute une série d'adaptations morphologiques et physiologiques, se traduisant par la présence de nombreux microtaxons* (Bioret & Géhu, 1999). Localement, des remontées de salinité liées à des phénomènes de geyser, rendues possibles par des configurations morphologiques particulières des falaises (fissures profondes, plans inclinés...), sont favorables à certaines espèces hyperhalophiles, comme l'Obione *Halimione portulacoides* ou la Frankénie lisse *Frankenia laevis*.



Falaise littorale

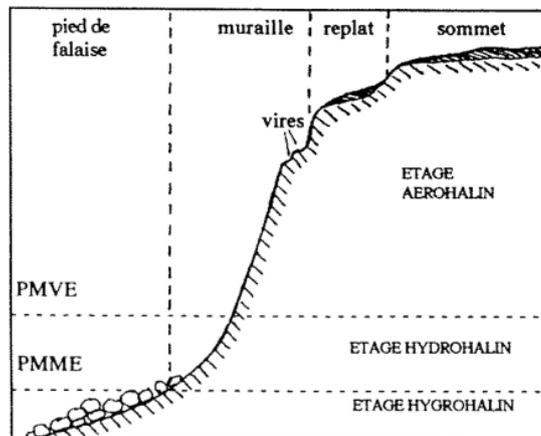
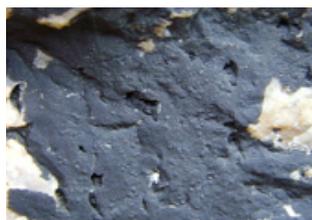


Figure 2 : Zonation schématique d'une falaise, (in Garde n°9, Conservatoire du littoral, 1989).

Les ceintures de lichens aérohalins : L'étage hydrohalin* supérieur est caractérisé en mode battu par *Lichina pygmaea*, et par *Lichina confinis* en mode abrité. L'étage hygrohalin* est colonisé par *Verrucaria maura*, *Caloplaca marina*, et dans sa partie supérieure par *Xanthoria parietina*. Au niveau de l'étage aérohalin* inférieur, apparaissent *Lecanora atra* et *Ramalina siliquosa* (Monnat, 1984).



Verrucaria maura



Ramalina siliquosa



Ceinture de lichens aérohalins
(Lichen orange : *Xanthoria parietina*)

*Définitions :

Aérohalin (adj.) : caractérise un type de milieu se trouvant au voisinage immédiat de la mer, soumis à l'influence du vent et des embruns salés.

Chasmo-halophile (adj.) : se dit des espèces qui colonisent les fentes des rochers et tolèrent des teneurs élevées en sel.

Chomo-halophile (adj.) : se dit des espèces qui colonisent les dépôts et plaquages sédiementaires et tolèrent des teneurs élevées en sel.

Hygrohalin / Hydrohalin (adj.) : se dit d'un milieu ou d'une espèce adaptée aux milieux humides et salés.

Mégaphorbiaie (n.f.) : désigne une formation végétale dominée par des hautes herbes (dicotylédones de 1,5 à 2m de hauteur) qui se développent sur un sol frais et humide (alluvions).

Taxon (n.m.) : regroupement conceptuel de tous les organismes vivants possédant en commun certains caractères bien définis. Un taxon peut renseigner n'importe quel niveau systématique. Les **micro-taxons** correspondent aux rangs infra-spécifiques

Saumâtre (adj.) : se dit d'un milieu dont la teneur en sel se situe entre celle de l'eau douce et celle de l'eau salée.

Subhalophile (adj.) : se dit d'une plante ou d'une végétation se rencontrant dans des milieux légèrement salés.

Pédologie

Les sols sur lesquels les végétations des fissures de rocher sont présentes sont généralement des lithosols d'érosion. Fissure des rochers plus ou moins colmatées en éléments minéraux issus de l'altération superficielle de la roche mère et d'éléments organiques.

Lithosol (référentiel pédologique, AFES, 2008) :

« Solums très minces, limités en profondeur par un matériau cohérent, dur et continu (roche non altérée ou horizons pédologiques très durcis) situé à 10 cm de la surface ou moins (éventuel horizon OL non compté).

La plupart des lithosols résultent de l'érosion totale ou presque de couvertures pédologiques formées antérieurement ou de phénomènes d'érosion suffisants pour empêcher les produits d'altération actuels de s'accumuler. »

Les fissures de rochers et les placages limono-sableux correspondent à des végétations linéaires, discontinues, dominées par des plantes chasmo-halophiles* et chomo-halophiles*, appartenant aux sous-alliances phytosociologiques de l'*Armerio maritimae-Asplenienion marini* et du *Crithmo maritimi-Limonienion binervosi*. La criste marine *Crithmum maritimum* est l'espèce la mieux représentée dans ce type d'habitat. En fonction de l'exposition aux embruns, de l'éclairage, la criste est associée à diverses espèces telles que la spergulaire des rochers *Spergularia rupicola*, plusieurs espèces de Statice : *Limonium occidentale*, *Limonium dodartii*, *Limonium ovalifolium*, la frankénie lisse *Frankenia laevis*, l'inule à feuilles de crithme *Inula crithmoides* et le plantain maritime *Plantago maritima*.

Les fissures ombragées et fraîches abritent la doradille marine *Asplenium marinum*, l'ombilic *Umbilicus rupestris*, et de manière très localisée la doradille *Asplenium obovatum* subsp. *obovatum*.



Asplenium marinum



Asplenium obovatum subsp. *obovatum*



Grotte proche de la mer

Les bas de falaises suintants sont colonisés par des végétations très originales caractérisées par une flore subhalophile* à saumâtre* : gazons suintants à *Scirpus cernuus*, *Samolus valerandi*, *Anagallis tenella*, *Apium nodiflorum*, *Carex extensa*, *Carex distans* var. *vikingensis*...et fissures fraîches à oseille des rochers *Rumex rupestris*, *Apium graveolens*, *Agrostis stolonifera* var. *maritima*, *Sonchus arvensis*, *Sonchus maritimus*...



Spergularia rupicolae-Armerietum maritimae



Limonium ovalifolium



Spergularia rupicolae-Halimionetum portu-lacordis



Crithmum maritimum

Certaines grottes proches de la mer mais ne subissant pas d'aspersion directe par les embruns salés abritent la forme gamétophytique d'une fougère tropicale, le trichomanes radicans. À Belle-île et en presqu'île de Crozon, des grottes abritées hébergent la délicate fougère capillaire de Montpellier *Adiantum capillus veneris*, en compagnie de la samole de Valerand *Samolus valerandi* et divers bryophytes dont *Eucladium verticillatum*.



Samolus valerandi et *Carex distans*



Glaux maritima

À proximité des exutoires des ruisselets d'eau douce, se développe une végétation saumâtre plus ou moins discontinue avec le jonc de Gérard *Juncus gerardii*, le glaux maritime *Glaux maritima*, le jonc maritime *Juncus maritimus* ... Les exutoires des cours d'eau des vallons perpendiculaires à la côte sont colonisés par des mégaphorbiaies* à *Oenanthe crocata*, *Eupatorium cannabinum*, *Lythrum salicaria*, *Iris pseudacorus*...

LES PELOUSES AÉROHALINES

Les pelouses aérohalines, dont le fond de végétation est souvent dominé par la fétuque pruineuse *Festuca rubra* subsp. *pruinosa*, correspondent à la sous-alliance du *Sileno maritimae-Festucenion pruinosa*. Elles forment selon les conditions stationnelles une bande plus ou moins large en haut de falaise ou de petites taches réduites, entre les landes et les végétations de falaise. Ces pelouses représentent sans doute l'habitat le plus impacté par la fréquentation.

Les espèces caractéristiques de ces pelouses aérohalines* sont la fétuque pruineuse *Festuca rubra* subsp. *pruinosa*, la carotte à gomme *Daucus carota* subsp. *gummifer*, le lotier corniculé *Lotus corniculatus*, l'armérie maritime *Armeria maritima*, *Silene maritima*, *Anthyllis vulneraria*, *Dactylis glomerata* var. *oceanica*, *Rumex acetosa* var. *biformis*.



Pelouses aérohalines de l'*Armeria maritimae-Festucetum pruinosa*



Daucus carota subsp. *gummifer*

Sur certains pans de falaises suintants, se développe une fougère remarquable, l'osmonde royale *Osmunda regalis*.

Sur les placages sableux des falaises basses, la pelouse aérohaline s'enrichit d'espèces comme *Carex arenaria*, *Ononis repens* subsp. *maritima*, *Eryngium campestre*. À Belle-île, la carotte de Gadeceau *Daucus carota* subsp. *gadeceui* et la centaurée *Centaurea* gr. *nigra* sont également présentes.

Les corniches de micaschistes des îles morbihannaises de Groix et de Belle-île se caractérisent par la présence de pelouses à plantain caréné littoral *Plantago holosteum* var. *littorale* et la fétuque de Huon *Festuca huonii*.



Pelouse à *Plantago holosteum* var. *littorale* et *Festuca huonii*: *Festuco huonii-Plantaginietum littoralis*

Pédologie

Les pelouses aérohalines se développent généralement sur un sol peu épais de type Rankosol :

Rankosol (Référentiel pédologique)

Sol constitué d'un seul horizon organo-minéral d'une profondeur pouvant atteindre 35cm au maximum, reposant directement au contact de la roche mère ou sur une couche argilo-caillouteuse de head périglaciaire.

*Définitions :

Alliance (n.f.) : unité de la classification phytosociologique (des communautés végétales) rassemblant plusieurs associations végétales apparentées d'un point de vue écologique.

Association végétale (n.f.) : unité fondamentale de la phytosociologie, définie comme un groupement de plantes aux exigences voisines, organisé dans l'espace, désigné d'après le nom de l'espèce dominante.

Halophile (adj.) : se dit d'une plante adaptée à la présence de sel.

Vivace (=pérenne) (adj.) : se dit d'une plante dont la longévité est de plusieurs années.

LES PELOUSES ÉCORCHÉES



Pelouse écorchée en situation primaire

Les pelouses écorchées se développent en mosaïque dans les interstices de sol dénudé des pelouses aérohalines, ou au contact inférieur de ces dernières dans les sites très exposés à la déflation éolienne et aux embruns. Le plantain corne-de-cerf *Plantago coronopus* et l'armérie maritime *Armeria maritima* sont les deux espèces les plus fréquentes, accompagnées par de petites annuelles halophiles* vernales : *Sagina maritima*, *Desmazeria marina*, *Parapholis incurva*, *Bromus ferronii*, *Trifolium arvense*, *Cochlearia danica*, *Cerastium diffusum*, *Centaureum pulchellum*.

L'aspect ras de ces pelouses est dû aux conditions naturelles du site. Leur structure hétérogène et ouverte ne doit pas entraîner de confusion avec des pelouses dégradées. Elles peuvent cependant se développer en substitution aux pelouses aérohalines, sous l'effet d'un piétinement intense.



Pelouse écorchée : *Armeria maritima*-*Plantago coronopus*



Armeria maritima



Plantago coronopus



Pelouse écorchée à dominante de petites annuelles : *Trifolium arvense*, *Bromus ferronii*



LES PELOUSES RASES

Généralement situées dans la zone de contact entre les pelouses aérohalines et les landes, les pelouses rases sont caractérisées par une flore riche et originale constituée de nombreuses espèces de petite taille, souvent annuelles.



Pelouse rase secondaire



Romulea columnea



Scilla verna



Isoetes histrix



Ophioglossum lusitanicum

Autour des affleurements rocheux se développent des pelouses rases à dominante de vivaces* : *Sedum anglicum*, *Dactylis oceanica*, *Scilla verna*, *Plantago coronopus*, *Jasione montana*...

Les microcuvettes pouvant être inondées en hiver et se desséchant rapidement au printemps, sont colonisées par *Centaureum maritimum*, *Isoetes histrix*, *Ophioglossum lusitanicum*, *Ornithopus perpusillus*, *Ornithopus pinnatus*, *Juncus capitatus*, *Cicendia filiformis*, *Radiola linoides*, *Romulea columnae*, *Sagina subulata*, *Moenchia erecta*, *Ranunculus flabellatus*, *Lotus subbiflorus*, *Spiranthes spiralis*, *Scilla autumnalis*, *Orchis morio*... Dans le Morbihan, certaines espèces méditerranéennes-atlantiques sont régulièrement présentes au sein de ces pelouses rases : *Tuberaria guttata*, *Anthoxanthum aristatum*, *Lotus parviflorus*, *Ornithopus compressus*, *Linaria pellisseriana*, *Erodium botrys*, *Erodium malachoides*...

Les chemins piétinés sont colonisés par l'association* à agrostide ténu *Agrostis capillaris* et fausse chamomille *Chamaemelum nobile*.

LES LANDES SOMMITALES

Ces landes subprimaires de l'alliance du *Dactylido maritimae-Ulicion maritimi* ont cependant pu par le passé faire l'objet d'usages traditionnels tels que la fauche, le pâturage, ou l'étrépage*.

En fonction de la nature géologique du substrat* et de son humidité, neuf associations végétales différentes de landes littorales ont été identifiées en Bretagne.



Lande sèche en coussinets : *Ulici humilis-Ericetum cinereae*



Lande meso-xérophile de l'*Ulici maritimi-Ericetum cinereae*

• Landes sèches

La plus fréquente est la **lande sèche à ajonc maritime** *Ulex europaeus* var. *maritimus* et **bruyère cendrée** *Erica cinerea* dont la répartition géographique s'étend du nord de la presqu'île du Cotentin à la Loire-Atlantique.

La **lande sèche à ajonc de Le Gall** *Ulex gallii* var. *humilis* et **bruyère cendrée** *Erica cinerea* est uniquement présente dans la partie occidentale de la péninsule bretonne.

La **lande sèche à ajonc maritime** *Ulex europaeus* var. *maritimus* et **bruyère vagabonde** *Erica vagans*, est strictement endémique des îles morbihannaises de Belle-Île et de Groix. Au Pays basque, la lande maritime des hauts de falaises de flysh marneux de la corniche basque est représentée par l'**association à marguerite à feuilles charnues** *Leucanthemum crassifolium*, *salsepareille* *Smilax aspera* et **bruyère vagabonde** *Erica vagans*.

• Landes mésophiles*

Les landes mésophiles sont surtout représentées, en Bretagne péninsulaire, par la lande bruyère ciliée *Erica ciliaris* et ajonc Le Gall *Ulex gallii* var. *humilis*.

Comme les pelouses, les landes peuvent présenter des formes en coussinets, présentant une proportion plus ou moins importante de sol nu, qui ne doivent pas être interprétées comme le résultat d'une dégradation par piétinement.



Calluna vulgaris



Ulex gallii var. *humilis*



Erica ciliaris



Erica cinerea



Erica vagans et *Daucus carota* subsp. *gadeceai*



Erica vagans

Pédologie :

Les sols portant les landes sont généralement des rankosols ou des sols plus évolués pouvant présenter un certain lessivage et évoluer vers des sols lessivés (Luvisol).

Luvisol (Référentiel pédologique) :

Sols caractérisés par des phénomènes d'argilluviation (liés à l'acidité et à la circulation de l'eau) entraînant la présence d'horizons appauvris en fer et en argile (Horizon E) et d'horizons plus profonds enrichis en ces éléments, moins perméables.

*Définitions :

Anémomorphosé (adj.) : forme particulière prise par une plante sous l'action permanente de vents forts, par exemple en haute montagne ou en bord de mer (où les effets sont accentués par les embruns) : port en drapeau, port prostré (forme basse, ramassée, densément ramifiée, semblant sculptée).

Étréper (v.transitif) : décaper, enlever sur des sols organiques, la végétation ainsi que la couche superficielle du sol.

Mésophile (adj.) : désigne une espèce ou une communauté végétale se développant dans des conditions moyennes de température et d'humidité.

Substrat (n.m.) : surface où vit un animal ou une plante, caractérisée par des facteurs biotiques et des facteurs abiotiques.

Thermophile (adj.) : se dit d'une espèce recherchant la chaleur, ou installée préférentiellement dans les stations chaudes de son aire.

LES FOURRÉS LITTORAUX



Fourré à ajonc d'Europe



Fourré à prunellier



Fourré à *Ulex europaeus* var. *maritimus* et *Rubia peregrina* : *Rubia peregrinae-Ulicetum maritimae*



Ulex europaeus var. *maritimus* et *Rubia peregrina*



Ulex europaeus var. *maritimus*

Au contact intérieur des landes littorales, se développe une végétation dominée par des arbustes, plus ou moins fortement anémomorphosée* et correspondant au fourré à ajonc d'Europe *Ulex europaeus* var. *maritimus* et prunellier *Prunus spinosa*. Ce fourré présente un caractère nettement thermophile* marqué par la présence de la garance *Rubia peregrina*, du petit-houx *Ruscus aculeatus*, de l'iris fétide *Iris foetidissima*...

Bien que présent de manière sporadique au nord de la Loire, le chêne vert *Quercus ilex*, associé régulièrement à l'alaterne *Rhamnus alaternus*, ne forme pas de véritables boisements, mais fait partie de fourrés thermo-atlantiques d'une grande originalité sur les littoraux de Loire-Atlantique et d'Ille-et-Vilaine.

Ces fourrés littoraux sont le plus souvent accompagnés de végétation d'ourlets dominés par le brachypode penné *Brachypodium rupestre*.

Références, pour en savoir plus :

BENSETTITI F., BIORET F., ROLAND J. (coord.), 2004, « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 2 - Habitats côtiers. MEDD/MAAPAR/ MNHN. Éd. La Documentation française, 399 p. + cédérom.

BIORET F., 2008, Contribution à l'étude des végétations des ourlets et des fourrés littoraux armoricains. *Journal de Botanique*, 42 : 57-71.

BIORET F., BOUZILLÉ J.-B., GÉHU J.-M., GODEAU M., 1991, Phytosociologie paysagère du système pelouses-landes-fourrés des falaises des îles ouest et sud armoricaines, *Colloques Phytosociologiques*, XVII : 129-142.

BIORET F., GÉHU J.-M., 2008, Révision phytosociologique des végétations halophiles des falaises littorales atlantiques françaises. *Fitosociologica*, 45 (1) : 75-116.

GÉHU J.-M., GÉHU J., 1975, Apport à la connaissance phytosociologique des landes littorales de Bretagne. *Colloques Phytosociologiques II, La végétation des landes d'Europe occidentale*, Lille, 1973 : 193-212.

MONNAT J.-Y., 1984, De la terre à la mer. CRDP Rennes, *Inf. Sc. Nat.* 12, 51p.



Pelouse écorchée résultant de la fréquentation sur pelouse aérohaline et lande, Pointe de Pen Men, Ile de Groix (56).

DES MILIEUX DÉGRADÉS PAR LA FRÉQUENTATION

Les espaces littoraux, et particulièrement les falaises littorales, sont devenus au cours des dernières décennies des espaces touristiques majeurs, attirant chaque année plusieurs centaines de milliers de visiteurs. Cet afflux massif principalement en période estivale n'est pas sans conséquences sur les pelouses et les landes littorales.

Sur le littoral Manche-Atlantique, ces dégradations concernent un ensemble de sites touristiques majeurs, tels que le Cap Blanc-Nez, la Pointe du Raz, le Cap-Fréhel, où la fréquentation annuelle approche ou dépasse le million de visiteurs, mais aussi des sites moins connus où, si la fréquentation est plus faible, les impacts peuvent être importants.

Les conséquences de la fréquentation sont variables :

- écologiques : ouverture partielle des milieux jusqu'à destruction complète du tapis végétal, en passant par une modification de la composition floristique et une banalisation des milieux.
- géomorphologiques : érosion du sol ou du substrat.
- paysagères : altération de l'originalité paysagère des sites
- économiques : perte d'attractivité des sites

Dans ce chapitre, les processus dynamiques des végétations littorales sont présentés, ainsi que les principaux mécanismes de dégradation liés au piétinement et leurs impacts sur les sols et la végétation.



Pointe de Pen-Hir (29) - Fréquentation lors des fêtes maritimes de Brest, Juillet 2008.

DYNAMIQUES VÉGÉTALES

Si les végétations des fissures de rochers et des pelouses aérohalines correspondent à des milieux stables, en revanche, les autres milieux littoraux, malgré leur apparente stabilité sont des systèmes dynamiques. En l'absence de pression anthropique, un milieu évolue au cours du temps, sa composition végétale se complexifie. Différents stades dynamiques peuvent se succéder pour tendre à l'installation d'un système en équilibre avec les conditions du milieu (climat, sol...), le climax.

Si classiquement on considère qu'en climat tempéré le climax est une forêt, sur les littoraux les contraintes (écologiques) stationnelles peuvent bloquer cette succession à un stade de pelouse, de lande ou de fourré selon le niveau d'exposition et la nature du sol. Ainsi, chaque ceinture de végétation correspond à une série de végétation ne comportant qu'un seul stade dynamique (ou plus rarement deux), non forestier, à la fois pionnier et terminal. Ce type de végétation est parfois appelé permasérie (un seul stade) ou curtasérie (deux ou trois stades dynamiques), (Lazare, 2009).

Aux fortes contraintes littorales, s'ajoutent de nombreuses perturbations naturelles et anthropiques qui interagissent, parfois depuis des millénaires, avec les dynamiques végétales naturelles et peuvent provoquer une dynamique régressive, c'est-à-dire un retour vers des stades plus « jeunes ». Ces dynamiques progressives et régressives souvent hétérogènes vont permettre l'expression d'une grande diversité des milieux : le maintien de certaines landes littorales est parfois lié à des pratiques anciennes de pâturage.

La dégradation des milieux, n'est donc pas liée à l'existence même d'usages anthropiques mais plutôt à des changements des ces usages qui peuvent conduire à des déséquilibres et à une dégradation des écosystèmes. L'abandon des usages agricoles et le développement des usages touristiques a entraîné, d'une part, la reprise de la dynamique de certaines landes vers des systèmes de fourrés, et, d'autre part, la régression de landes et de pelouses aérohalines vers des systèmes de pelouses ouvertes voire vers des stades de sol nu.

Le terme de dégradation est une notion dynamique caractérisant un état différent de l'état initial. La modification d'un milieu ne doit pas être abordée uniquement d'un point de vue écologique : plusieurs autres aspects doivent être analysés, notamment les dégradations paysagères et les dégradations des qualités esthétiques d'un lieu perçues par les différents groupes sociaux. Selon ces groupes sociaux, différentes perceptions de l'espace naturel se superposent. Les valeurs écologiques, socio-économiques et culturelles doivent donc être identifiées.

Les notions de dynamique et d'équilibre entre les usages doivent donc être intégrées à la démarche de restauration, à la fois dans la réalisation du diagnostic mais également dans l'identification du système de référence qui ne correspond pas obligatoirement à un stade « climacique » idéal ou historique.

Tableau 1 : Perturbations relatives et absolues des végétations des hauts falaises littorales (Sawtschuk, 2010)

Perturbation absolue = modification de l'écosystème par un facteur exogène	Perturbation relative = modification par rapport à un état de « référence »	Effets sur la végétation
Piétinement, eutrophisation (déchets organiques, animaux domestiques...)	Augmentation de la fréquentation	Modification ou destruction de la végétation, érosion des sols
Construction d'équipements, d'infrastructures, parkings...	Diminution de la superficie des habitats, développement d'espèces rudérales, invasives	Réduction et fragmentation des habitats naturels ou semi-naturels
Pâturage, fauche, étrépage, fertilisation, labour...	Diminution, intensification ou modification des activités agropastorales	Fermeture des milieux ouverts, enrichissement (colonisation par les ligneux)
Incendie	Augmentation ou diminution de la fréquence des incendies	Modification ou destruction de la végétation (+ sol et banque de graines, si feu d'humus)
Aléas climatiques : tempête, sécheresse	Augmentation ou diminution de la fréquence et de l'intensité des aléas climatiques	Dépassement des seuils de tolérance aux contraintes : nécroses, mortalité d'individus...

DÉGRADATIONS DES PELOUSES ET LANDES LITTORALES

Les projets de restauration des végétations des falaises littorales mis en place depuis les années 1980, ont principalement pour but d'inverser une perturbation nouvelle (relative) provoquée par l'augmentation de la fréquentation. Ce facteur externe à l'écosystème conduit à « un état dégradé » en comparaison avec un état antérieur, considéré comme « idéal » ou « de référence », correspondant approximativement à l'état de la végétation avant la seconde guerre mondiale (Sawtschuk 2010).

Les autres perturbations d'origine naturelle ou anthropique ne sont en général pas prise en compte dans ces projets, mais il est utile d'en avoir une vision globale afin d'interpréter au mieux les successions et les trajectoires dynamiques observées et de définir les états de référence (tab. 1).

Réponses des végétations au piétinement

Les espèces végétales et habitats n'ont pas tous les mêmes capacités à supporter le piétinement. Ainsi, la vitesse de dégradation des espaces naturels dépend de nombreux facteurs : nature du substrat, exposition, type de végétation, intensité, durée, fréquence et époque du piétinement.

Certaines espèces, résistantes, se caractérisent par une capacité à supporter un piétinement important, d'autres espèces dites résilientes* auront une meilleure capacité à revenir à l'état précédant une perturbation, suite à une forte dégradation.

La résistance et la résilience d'une espèce vont déterminer ses capacités d'adaptation au piétinement. Les espèces ligneuses comme les ajoncs ont une forte résistance mais une faible résilience. Elles sont dégradées lentement par le piétinement et ne disparaîtront qu'après une forte perturbation, mais une fois dégradées leur vitesse de reconstitution sera très lente. En revanche, les espèces herbacées, comme la fétuque sont peu résistantes mais ont une forte résilience : elles seront très vite dégradées mais, une fois la perturbation arrêtée, leur reconstitution sera très rapide.

L'intégration des notions de résistance et de résilience à la gestion et à la restauration peut également se faire à l'échelle des habitats. En effet, la restauration d'un habitat résistant mais faiblement résilient nécessitera une mise en défens très longue. Afin de limiter les temps de fermeture, il conviendra de contrôler la fréquentation bien avant que ces milieux ne soient vraiment dégradés. Les habitats fortement résilients seront très rapidement reconstitués après une mise en défens et l'apparition des premières dégradations n'implique pas obligatoirement d'intervention immédiate. La connaissance par les gestionnaires des caractéristiques de résilience et de résistance des habitats permet d'adapter les modalités de gestion et d'optimiser la mise en œuvre d'un programme de restauration.

La résistance et la résilience d'une espèce ou d'un milieu ne sont pas constantes, elles varient en fonction de la phénologie, du degré de lignification, de la composition floristique du groupement végétal dans lequel l'espèce est présente ainsi que du niveau de stress auquel sont soumis les individus.

Focus : Des végétations morphologiquement adaptées au piétinement

Les espèces végétales réagissent différemment au piétinement : leur résistance et leur résilience dépend notamment de leur morphologie.

Certaines espèces sont particulièrement résistantes au piétinement et sont les dernières à se maintenir sur un milieu très dégradé. C'est le cas des Graminées ou de plantes de types Hémicryptophytes et Thérophytes.

La résistance des hémicryptophytes s'explique par des formes de croissance dites « en touffes », dotées de feuilles dures, en lames plates, mais surtout « en rosettes » basales pourvues de feuilles souples et de pieds souterrains.

C'est le cas du Plantain corne-de-cerf *Plantago cornopus*, qui peut constituer une végétation mono-spécifique sur des milieux très dégradés.



Plantago cornopus

*Définitions :

Résistance : en écologie, la résistance est la capacité d'un écosystème ou d'une espèce à supporter une perturbation sans que celle-ci n'altère son fonctionnement ou son développement normal.

Résilience : en écologie, la résilience est la capacité d'un écosystème ou d'une espèce à récupérer un fonctionnement ou un développement normal après avoir subi une perturbation.

Impact du piétinement sur les végétations littorales (fig. 3 et 4)

Le premier impact du piétinement sur les végétations est la dégradation mécanique, voire la destruction, des organes aériens. Cette perturbation provoque une réduction de l'activité de la photosynthèse, et peut induire la perte des organes reproducteurs ou des graines qui tomberont prématurément sur le sol avant d'avoir atteint leur maturité. Si la perturbation est récurrente, cette absence de reproduction peut entraîner, à terme, la disparition de l'espèce. Une dynamique végétale régressive se met alors en place (tab. 2). Les végétations initiales sont remplacées par des végétations de substitution mieux adaptées aux perturbations. Suite à un piétinement régulier de la lande, les bruyères et ajoncs, très sensibles aux perturbations, vont disparaître pour laisser place à des pelouses dont la résilience est plus importante.

Cette végétation de substitution permet encore de maintenir la stabilité du substrat et d'envisager la fixation de graines. Cependant, si le piétinement est trop important, ces nouvelles espèces ne supporteront plus la perturbation et disparaîtront à leur tour. Sur certaines zones littorales, le piétinement est tel, qu'aucune espèce végétale ne peut se maintenir sur les sols mis à nu et couvrant des surfaces parfois importantes.

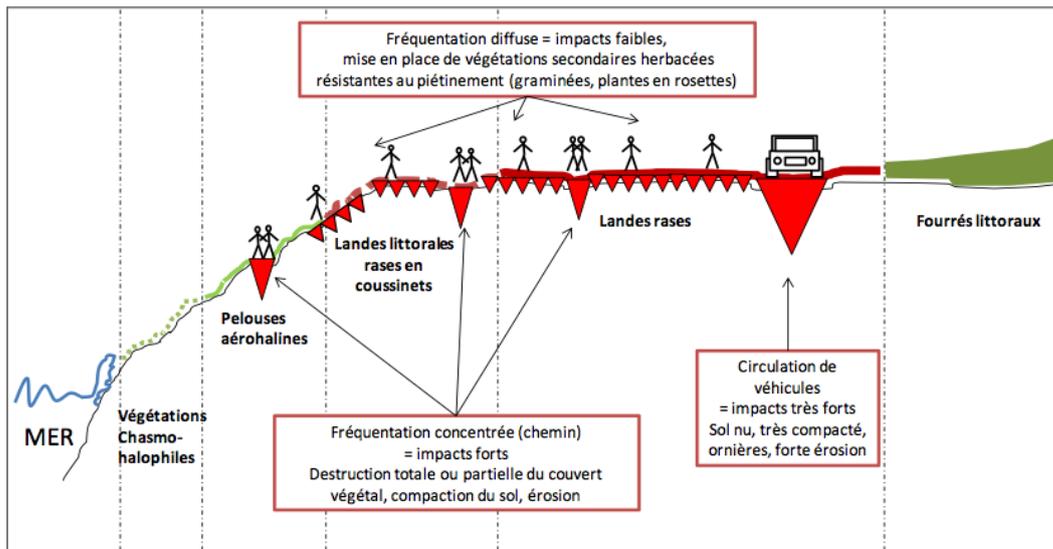


Figure 3 : Fréquentation des hauts de falaises littorales et ses impacts sur la végétation. Les triangles orientés vers le bas symbolisent la dynamique régressive de dégradation (SAWTSCHUK, 2010)

Tableau 2 : Échelle de dégradation (d'après Bioret *et al.* 1991).

	stade de dégénération	structure de la végétation	cortège floristique	recouvrement
1	groupement initial	tapis végétal originel, fermé	espèces du groupement originel	100 % (peut être inférieur dans le cas des pelouses écorchées)
2	faciès de superposition	voile de superposition, sans déstructuration du tapis végétal originel	espèces du groupement originel + espèces nitrophytes	100 %
3	groupement déstructuré ou groupement de substitution	structure en mosaïque, avec apparition de lésions ou microclairières de sol nu ou colonisées par un groupement secondaire (substitution)	espèces du groupement originel + espèces du groupement secondaire	50 à 80% 50 à 100% pour le groupement de substitution
4	groupement fragmenté	îlots de végétation résiduelle	espèces du groupement originel + espèces du groupement secondaire	20 à 50%
5	groupement éclaté	individus isolés	espèces du groupement originel + espèces du groupement secondaire	5 à 20%
6	sol nu	Absence	néant	0%
7	roche mère nue	Absence	néant	0%

Impact du piétinement sur les propriétés physico-chimiques des sols

Si la végétation permet l'enrichissement et le maintien des sols, la dégradation du couvert végétal sous l'effet du piétinement provoque de multiples dégradations interdépendantes des propriétés du sol.

Lorsqu'une surface est soumise à un piétinement important et régulier, le sol est compacté. Les capacités de drainage du sol sont alors perturbées, la porosité de celui-ci est diminuée et la circulation des eaux dans le sol est plus faible. Le tassement entraîne une diminution des apports hydriques et une altération des fonctions de la plante par asphyxie. Des zones de rétentions d'humidité, peuvent apparaître sur certains sols argileux compactés qui deviennent imperméables. Cette modification des propriétés physiques du sol par le piétinement ralentit ou bloque l'installation ou le développement des espèces végétales et participe à la mise en place de la dynamique régressive décrite précédemment.

Le tassement des sols et la destruction de la végétation réduisent les capacités hydriques des milieux naturels : les végétaux n'absorbent plus l'eau de pluie et les sols tassés deviennent imperméables ; l'eau de pluie s'écoule en surface et lessive les sols, entraînant une partie des sels minéraux et des matières organiques. Ces phénomènes provoquent en outre une érosion importante des sols par ruissellement : soit l'eau de pluie se concentre et ruisselle dans les dépressions du sol, créant des ravines de plus en plus profondes, soit elle se répand sur une surface plus importante créant une érosion en nappe. Le lessivage et l'érosion engendrent un appauvrissement et une réduction des sols allant parfois jusqu'à leur disparition totale et la mise à nu de la roche mère.

Les modifications des caractéristiques des sols et des milieux rendent difficiles la restauration des espaces dégradés. Plus la dégradation des milieux est importante, plus le retour à une végétation spontanée sera long et difficile. Il est alors important de gérer la perturbation le plus en amont possible des premiers signes de dégradation, de manière à éviter la destruction et la disparition des différentes couches du sol. La majorité des méthodes actives de restauration consistent à réintroduire un substrat et des matières organiques sur les zones dégradées, pour favoriser le retour d'une végétation spontanée.



Érosion par ravine



Érosion en nappe et cheminement multiples

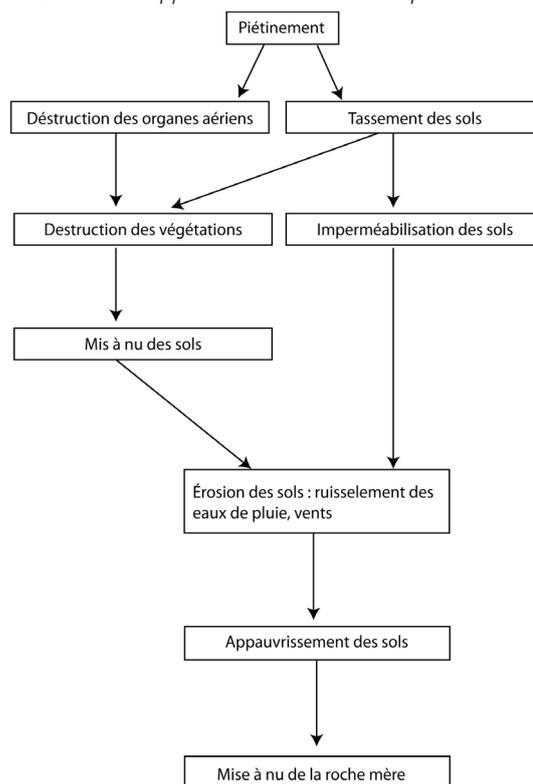


Figure 4 : Dégradation des milieux par piétinement

Références, pour aller plus loin :

GALLET S., ROZÉ F., 2002, Long-term effects of trampling on Atlantic Heathland in Brittany (France): resilience and tolerance in relation to season and meteorological conditions. *Biological Conservation*, 103, Elsevier: 267-275.

TOULLEC H., DIQUÉLOU S., ROZÉ F., GLOAGUEN J.-C., 1999, Réponses d'une lande atlantique au piétinement expérimental. *CRAS - Science de la vie* 322 : 809-815.

SAWTSCHUK J., 2010, Restauration écologique des pelouses et des landes des falaises littorales atlantiques : analyse des trajectoires successionales en environnement contraint. Thèse de l'université de Bretagne Occidentale, 390p.



DES OPÉRATIONS DE RESTAURATION MULTIPLES SUR LE LITTORAL ATLANTIQUE

Face à la multiplication des constats de dégradation de la végétation des sites littoraux les plus fréquentés, de multiples opérations d'aménagement et de restauration ont été mises en œuvre depuis la fin des années 1980, sur l'ensemble du littoral Manche-Atlantique.

Un inventaire réalisé en 2007 (Le Bras, 2007) a permis de recenser et de caractériser 35 programmes de restauration, depuis le Cap-Blanc-Nez (Nord) jusqu'à la corniche Basque (Pyrénées-Atlantiques) (fig. 5). La majorité d'entre eux est concentrée entre la Normandie et les côtes Charentaises. Parmi ces sites se retrouvent un certain nombre de sites touristiques majeurs de renommée nationale voire internationale, tels que la Pointe-du-Raz, le Cap-Fréhel ou le Cap-Blanc-Nez, mais aussi des sites dont l'attractivité est moindre, tels que la Pointe de la Varde (Saint-Malo), le littoral de Landuvez (Finistère), ...

L'étude a permis de recenser les différentes techniques de réhabilitation et de restauration employées sur le littoral. Il est important de comprendre les enjeux des restaurations, ainsi que les moyens techniques et financiers mis en œuvre pour mener à bien les programmes de gestion. La synthèse des différentes expériences, permet d'avoir une vue d'ensemble de la restauration du littoral, et de mieux comprendre les enjeux et les pratiques mis en œuvre.

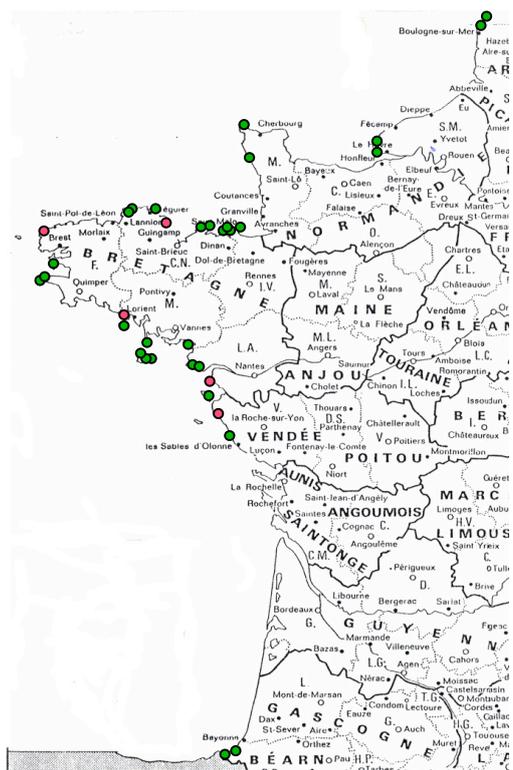


Figure 5 : Localisation des opérations de restauration des végétations des falaises littorales Manche-Atlantique



TYPES DE VÉGÉTATIONS ET STATUTS DES SITES

Les sites du littoral Manche-Atlantique sont des secteurs délicats à gérer, car soumis à de fortes pressions touristiques et abritant des habitats naturels et semi-naturels d'intérêt communautaire. Les sites ayant fait l'objet d'opérations de restauration présentent un panel de milieux assez large, comprenant les végétations typiques de haut de falaise, souvent associées à d'autres milieux tels que les milieux dunaires ou des zones humides littorales et des tourbières. Néanmoins les opérations de restauration proprement dites concernent principalement les landes atlantiques et les pelouses aérohalines et dans une moindre mesure les dunes perchées (Fig. 6). Ces derniers milieux se rencontrent essentiellement sur la côte sud-bretonne et atlantique.

La présence de ces habitats mais aussi la valeur paysagère de ces sites a entraîné la mise en place de différents statuts réglementaires plus ou moins contraignants. Ainsi la plupart des sites étudiés sont inscrits ou classés au titre de la loi de 1930 relative à la protection des monuments naturels et des sites de caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque. Ce classement implique des restrictions très fortes en terme d'aménagement. C'est l'aspect paysager qui donne le socle juridique de la protection des sites littoraux. Ces mêmes sites sont également généralement classés en ZNIEFF. Ces ZNIEFF n'induisent pas de protection, mais ce sont des outils de porter à connaissance essentiel. La reconnaissance de la valeur écologique de ces sites a conduit également à intégrer leur quasi-totalité dans le réseau NATURA 2000. Enfin, à l'échelle locale, la plupart des espaces concernés sont, classés Nds (espaces remarquable) dans les documents d'urbanisme (PLU). Certains sites sont en outre inclus dans le périmètre d'un Parc naturel Régional (Fig. 7).

Si, les statuts réglementaires protègent les espaces littoraux en limitant ou en les préservant de l'urbanisation et de l'artificialisation, ils peuvent représenter des contraintes pour la mise en œuvre d'opérations d'aménagement ou de restauration.

Ces différents statuts se superposent ou se juxtaposent souvent au sein d'un même site. Ainsi, les gestionnaires doivent composer dans 54% des cas avec une juxtaposition de 4 statuts de protections différentes.



Figure 6 : Dune perchée en cours de restauration, Presqu'île de Quiberon

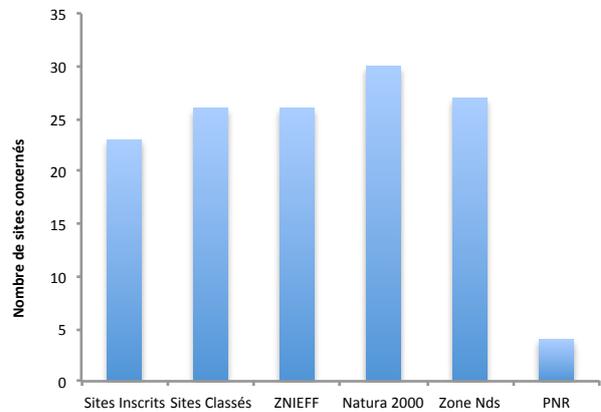


Figure 7 : Statut réglementaire des sites.

OBJECTIFS DE RESTAURATION

Lors de la mise en place des programmes de restauration, les gestionnaires ont fait ressortir six objectifs de gestion (fig. 8). L'amélioration des paysages est l'un des objectifs les plus recherchés, dans la mesure où la gestion du paysage est un facteur important de l'attrait touristique.

La protection des landes et des pelouses, ainsi que la limitation du piétinement sont également des enjeux de restauration très importants pour les gestionnaires. Pour les sites inclus dans un site Natura 2000, la nécessité de protéger ou de restaurer les habitats d'intérêt communautaire, est un objectif tout aussi important que la gestion paysagère liée à l'accueil du public.

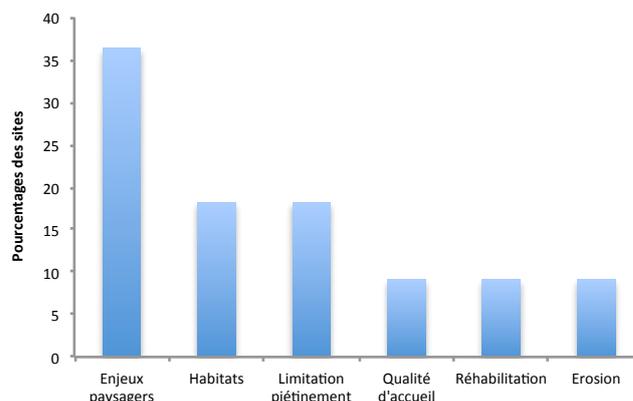


Figure 8 : Enjeux principaux des opérations de restauration

PROPRIÉTAIRES ET GESTIONNAIRES

Les gestionnaires des sites n'en sont pas systématiquement les propriétaires. Pour analyser les différences locales entre gestionnaires et propriétaires, les sites du programme LITEAU II ont été regroupés en trois grands secteurs géographiques : Manche, Bretagne-Normandie et Atlantique (fig. 9 et 10).

Les sites ayant fait l'objet d'opérations de restauration appartiennent le plus souvent à plusieurs propriétaires. Le Conservatoire du Littoral et le Conseil Général, sont propriétaires d'une partie de la plupart des sites et chacun est présent sur une vingtaine d'entre-eux. Dans les secteurs Bretagne-Normandie et Atlantique, une partie des sites sont des propriétés communales (une quinzaine de sites). Les propriétaires des sites d'opérations de restauration sont donc majoritairement publics; cependant dans chaque secteur, 5 à 10 opérations se situent en partie sur des terrains privés (environ 20 sites sur les trois secteurs). Certaines opérations ont également été menées sur des sites de la Marine nationale, dans les secteurs Manche et Bretagne-Normandie (5 sites).

Bien que la propriété des sites d'opérations de restauration sur le littoral des trois secteurs se répartisse entre différents propriétaires publics ou privés, la gestion, quant à elle, revient, le plus souvent, aux Communes et aux Conseils Généraux. Les gestionnaires des sites sont très différents selon les secteurs géographiques. Les sites restaurés dans le secteur Manche sont gérés exclusivement par un Conseil Général ou un syndicat Mixte, alors que sur le secteur Atlantique, les gestionnaires sont presque exclusivement les communes. Les sites de Bretagne et de Normandie sont en revanche gérés par divers gestionnaires: collectivités locales, conseil généraux, syndicats mixtes ou associations.

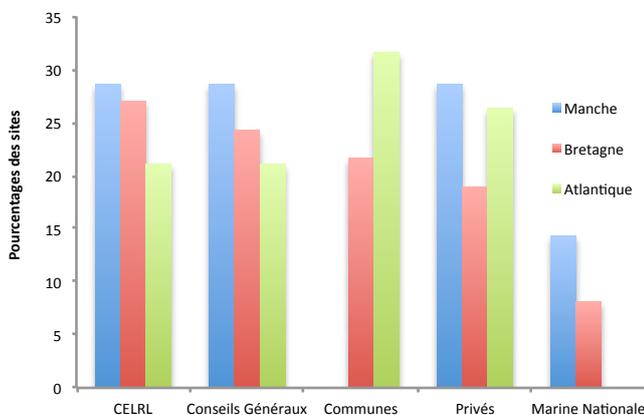


Figure 9 : Répartition des propriétaires dans les trois secteurs

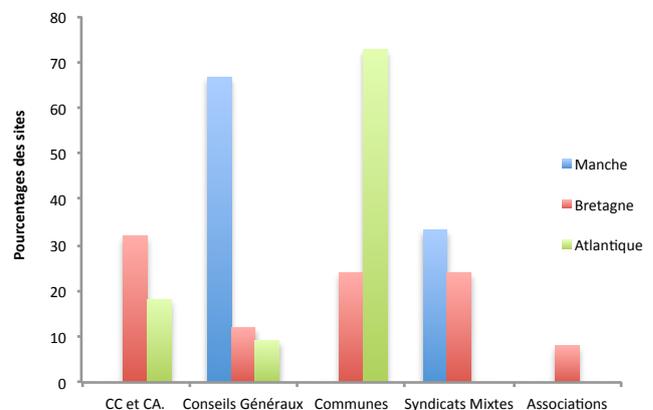


Figure 10 : Répartition des gestionnaires dans les trois secteurs

USAGES ET PERTURBATIONS

Les usages recensés sur les sites étudiés relèvent des activités classiques sur les sites naturels (Fig 11). Ainsi la promenade est une activité commune à tous les sites. De nombreux sites présentent également des activités liées à la sensibilisation à l'environnement (exposition, visites guidées...). Des activités non-touristiques, notamment chasse et pêche sont également recensées. Celles-ci, sont loin d'être négligeables, non par leur impacts mais du fait qu'elles impliquent des acteurs locaux qui y sont fortement attachés. Les activités sportives pratiquées sur les sites sont variées : course à pied, parapente ou escalade.

Ces usages, induisent de fortes perturbations des milieux naturels, principalement la destruction de la végétation par le surpiétinement, observée sur l'ensemble des sites, et les phénomènes d'érosion. D'autres perturbations ou dégradations peuvent également être recensées, principalement la présence d'espèces invasives et l'embroussaillage (Fig. 12).

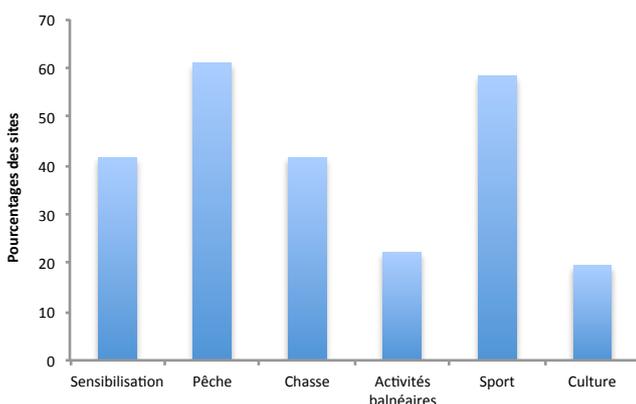


Figure 11 : Usages recensés (hors promenade)

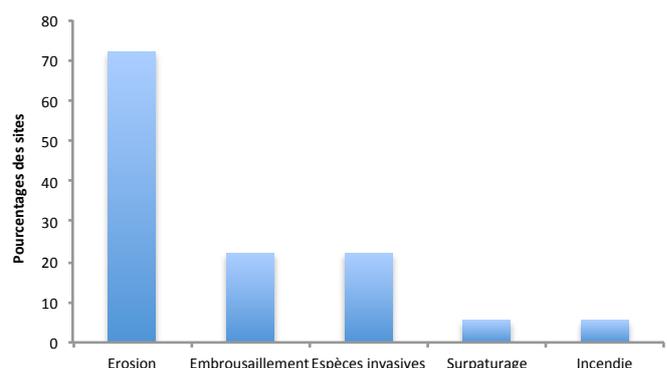


Figure 12 : Dégradations observées (hors surpiétinement)

MÉTHODES DE RESTAURATION

Dans le cadre d'opération de restauration écologique, les gestionnaires disposent d'un panel relativement large de méthodes, qui feront l'objet d'une présentation détaillée. Ces méthodes peuvent être regroupées en deux grandes catégories : Les méthodes dites «passives» et les méthodes «actives» (fig. 13). Dans la majorité des cas, les deux types de méthodes sont utilisés conjointement (21 sites). En effet, les méthodes actives nécessitent, pour être efficace, de protéger le site du piétinement. La mise en place de méthodes actives sans méthodes passives n'a été observée que sur un seul site. En revanche, pour une grande partie des sites restaurés (13 sites), les opérations ont mobilisé uniquement des méthodes passives.

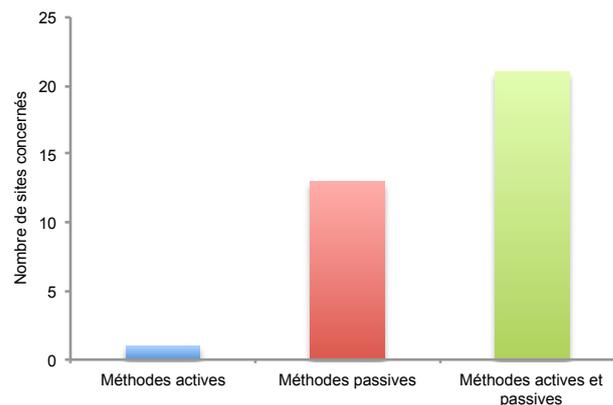


Figure 13 : Méthodes de restauration.

Les méthodes dites passives consistent à protéger le milieu des perturbations extérieures et favoriser sa restauration. Elles consistent essentiellement à la mise en place d'obstacles à la circulation, soustrayant la végétation au piétinement, en canalisant la fréquentation. Ces obstacles peuvent être infranchissables comme dans le cas de la pose de ganivelles, ou constituer un marquage relativement symbolique de la zone de protection, tel que dans le cas des monofils, très largement utilisés. Dans tous les cas, ces méthodes passives vont permettre à la végétation de se régénérer spontanément, via les processus de recolonisation et de succession.

Les secondes méthodes, dites actives, font appel à différentes techniques de restauration : décompactage, pose de filets de jute ou de coco, apport de terre végétale. Plus coûteuses que la simple mise en défens, elles ne sont généralement pas mises en place sur tout le site, mais plutôt sur des portions très dégradées ou à forts enjeux. Elles permettent généralement une restauration plus rapide du milieu.

La technique de restauration active la plus utilisée est la pose de filet biodégradable (géofilet), technique mise en œuvre dans 15 sites, parfois sur des surfaces très importantes. Le décompactage, le transfert de biomasse et le transfert de mottes sont également couramment utilisés. Les techniques de réensemencement par semis, plantation ou ensemencement hydraulique sont plus ponctuelles (fig. 14).

Parallèlement aux techniques de restauration du tapis végétal, il est souvent nécessaire de mettre en place des ouvrages de lutte contre l'érosion (observés sur 25 sites) ainsi que des ouvrages de gestion hydraulique (non présentés ici).

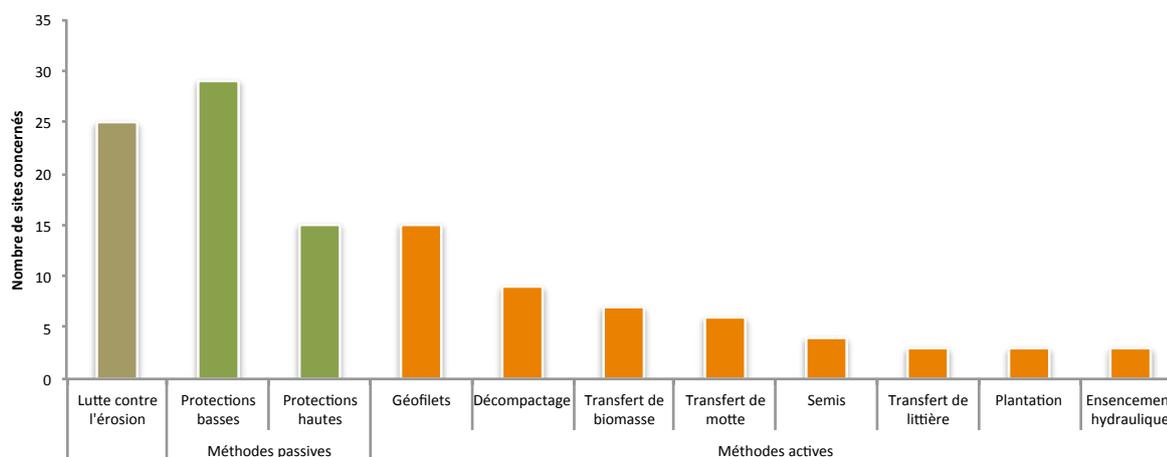


Figure 14 : Techniques de restauration (nombre de sites)

PARTENAIRES INSTITUTIONNELS ET FINANCIERS

Il est difficile d'établir un bilan financier des opérations de restauration recensées dans le cadre du programme LITEAU II. L'une des principales justifications des dépenses liées aux opérations de restauration est sans aucun doute la mise en valeur d'un patrimoine littoral contribuant à l'originalité de l'image touristique de chaque site.

À titre d'exemple, la commune de Landunvez a dépensé 11% de son budget annuel pour la restauration des sites littoraux, celle du Château d'Olone a mobilisé l'équivalent de 43% de son budget annuel pour la restauration d'un site littoral. La gestion des sites littoraux n'est donc par une affaire purement économique, mais bien un compromis entre l'image d'un site, sa pérennité et les problématiques touristiques.

L'analyse économique des opérations menées sur les 35 sites montre que le coût de la restauration n'est ni proportionnel à la superficie ni à la fréquentation des sites. Selon les informations récoltées, les superficies les plus petites ont été proportionnellement les plus coûteuses pour leur restauration, et les superficies intermédiaires ont été les moins onéreuses.

Les moyens financiers mis en œuvre au cours d'une opération de restauration peuvent être élevés et demander le soutien de divers partenaires. Les opérations s'effectuent majoritairement dans le cadre de programmes de type contrat Nature, opération Grand Site, Natura 2000 et contrat de Plan État-Région. La participation à ce type de programme, permet de mettre en place un réseau de subventions et de partenaires institutionnels et financiers.

Dans le cadre de financements d'opérations dont le coût supérieur à un million d'Euros, l'État, la Région, les Départements et les Communautés de communes sont les principaux partenaires financiers (fig. 15). Seuls les syndicats mixtes ont financé des opérations ayant coûté moins de 95 000€. L'Europe et le Conservatoire du littoral financent tous types de projets, leurs critères de financement n'étant pas exclusivement le coût de l'opération, mais bien l'opération elle-même.

À titre d'exemple, les Conseils Généraux interviennent dans les deux sections des opérations de restauration (investissement et fonctionnement). Grâce à la taxe départementale sur les espaces naturels sensibles (TDENS), ils financent sur leurs propriétés l'intégralité du coût des équipements. Ils interviennent aussi sur les autres propriétés publiques, à hauteur de 25% et selon un plafond fixé à environ 15 000€ par site. Concernant le fonctionnement, les conseils généraux peuvent subventionner les communes et les communautés de communes pour la gestion d'espaces naturels sensibles relevant de leur propriété ou de celle du Conservatoire du littoral.

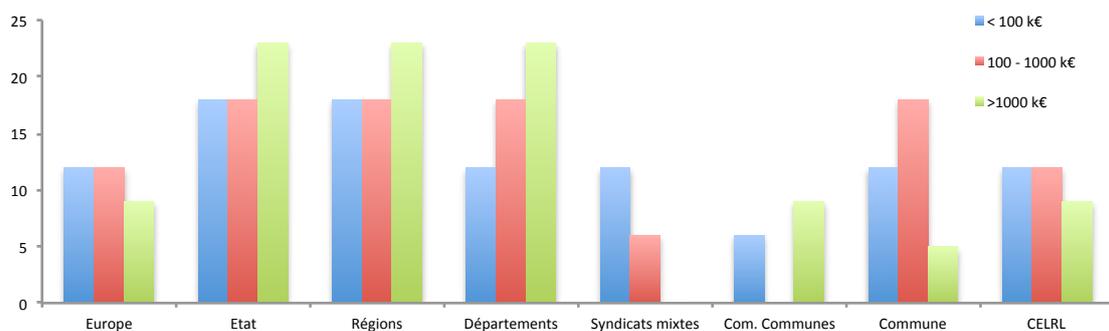


Figure 15 : Intervention des différents des partenaires financiers (part des opérations concernée par tranche de coûts).

Références, pour aller plus loin :

DESDOIGTS J.-Y., 2000, L'extrémité du Cap Sizun : restauration de la nature et tourisme. L'opération grand site de la pointe du Raz, de la pointe du Van et de la baie des Trépassés, *Noroi*, 186 : 283-293.

LEBRAS G., 2007, Inventaire des opérations de restauration et de réhabilitation des végétations des falaises du littoral Manche-Atlantique. EA 2219 Géoarchitecture - UBO, 506p.



A coastal landscape featuring a rocky cliff on the left, a small bay with blue water, and a sandy beach in the foreground. The beach is covered with numerous small purple flowers. The sky is clear and blue.

MISE EN PLACE D'UN PROJET DE RESTAURATION



ÉTAT DES LIEUX ET DIAGNOSTIC

LES ÉTAPES D'UN PROJET DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE

La mise en place d'un projet de restauration écologique ne peut s'envisager comme la simple mise en oeuvre de techniques standardisées et nécessite une réflexion pluridisciplinaire préalable, autour du site et du territoire dans lequel il s'inscrit. Cette analyse doit permettre de fixer les objectifs, de définir chaque étape du programme de restauration et de localiser les interventions nécessaires (fig. 16).

La première étape est une analyse fine du territoire, afin d'en définir les enjeux écologiques et socio-économiques. Pour cela, un **état des lieux** du site doit analyser le fonctionnement global et les dynamiques du territoire de manière objective, afin d'en définir et d'en hiérarchiser les enjeux de conservation du patrimoine naturel. La définition d'un **l'état de référence** est également un objectif clé de cette étape. L'état des lieux ne doit pas être qu'écologique, il doit également intégrer le contexte socio-économique qui conditionne notamment la faisabilité de tout projet.

Dans la phase de **diagnostic**, l'état actuel du site et ses dynamiques doivent être comparés aux enjeux du territoire et à l'état de référence souhaité, afin de définir les objectifs de restauration. Le diagnostic va déterminer l'état de dégradation du site par rapport à un écosystème de référence (écosystème souhaité pour le site).

Ce n'est qu'après le diagnostic que le **programme de restauration** définit les méthodes de restauration actives ou passives nécessaires sur les différents espaces du site, en fonction des objectifs préalablement définis et fixe les échéances de mise en oeuvre du projet ainsi que les modalités de suivis et d'évaluation de la restauration. Le choix des méthodes peut être établi sur la base des connaissances existantes et/ou à partir d'expérimentations nouvelles menées ponctuellement.

Pour s'assurer du bon déroulement de la restauration, un suivi écologique du site doit être mené sur plusieurs années, afin de pouvoir évaluer la pertinence des objectifs fixés et l'efficacité des modes opératoires. Cette **évaluation** comparera l'état du site avant et après restauration pour analyser l'évolution du site par rapport aux objectifs fixés. Le suivi et l'évaluation du site permettront également de justifier d'éventuelles nouvelles interventions, et serviront également pour la valorisation du programme auprès des acteurs locaux, des visiteurs et des scientifiques.

La **valorisation** d'un programme de restauration est essentielle pour développer les techniques de restauration et exporter les connaissances écologiques de la dynamique des milieux. La valorisation auprès du public dès la mise en place du programme est importante pour le bon déroulement de la restauration. Un public averti sera plus respectueux de son environnement et des aménagements.

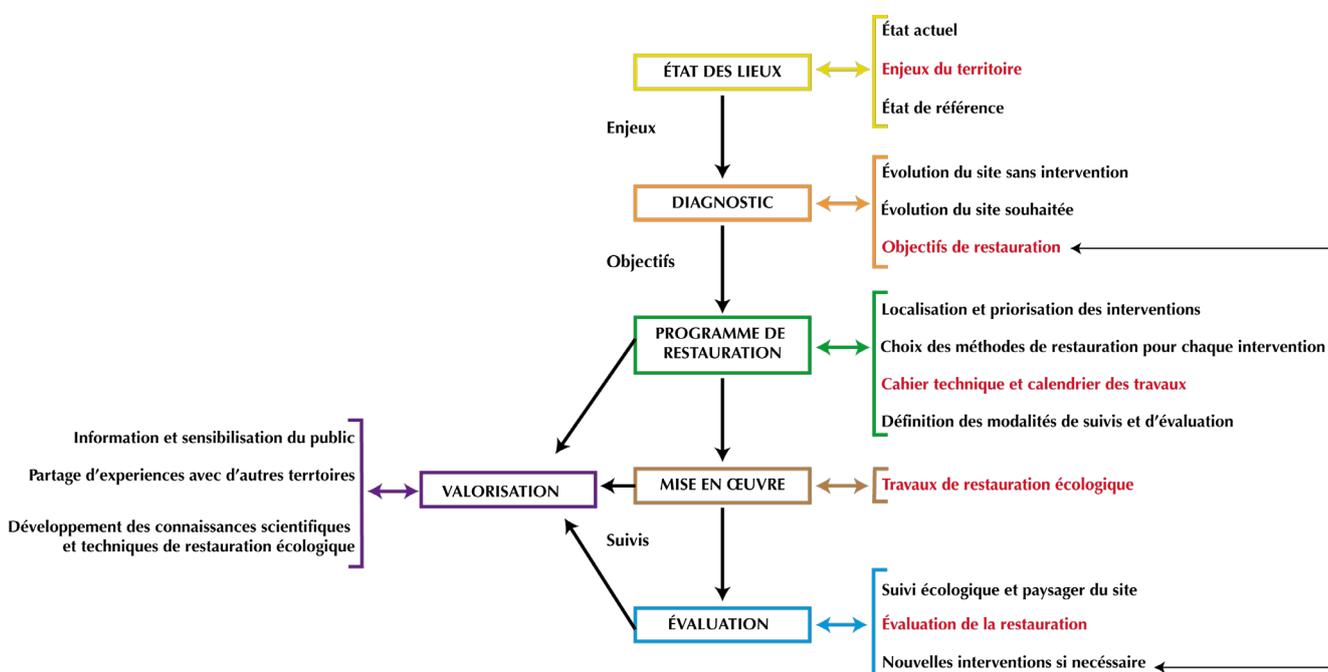


Figure 16 : Les étapes d'un projet de restauration écologique.

L'état des lieux est construit à partir des données historiques et scientifiques du site, d'entretiens auprès des différents acteurs et d'analyses de terrain. Il doit comprendre une analyse écologique, paysagère, socio-économique et juridique de manière à confronter l'ensemble des enjeux du territoire.

Analyse écologique

L'analyse écologique a pour objectif de définir l'état et les évolutions passées et futures des écosystèmes du site ainsi son importance patrimoniale. Cette analyse doit permettre d'avoir une vision globale des enjeux écologiques du site et du territoire plus large dans lequel il s'inscrit. Elle comprend :

- une description des caractéristiques physiques et stationnelles du site (profils géologiques et pédologiques, relief, exposition au vent, climat...) : ces conditions abiotiques déterminent les stress environnementaux auxquels sont soumis les milieux et conditionnent les capacités de restauration et des dynamiques végétales ;
- un inventaire des espèces et des associations végétales présentes ou historiquement présentes sur le site, ainsi qu'une analyse de la dégradation des milieux au cours du temps. Les données bibliographiques existantes peuvent être complétées par des relevés botaniques ou phytosociologiques ;
- une cartographie simplifiée des milieux actuels servira de base au suivi et à l'évaluation du programme de restauration ;
- une évaluation patrimoniale permettra d'identifier les éléments les plus remarquables du patrimoine naturel : flore, faune, habitats, géodiversité ; en précisant leur importance à l'échelle locale, régionale, nationale ou européenne ; il est essentiel de préciser l'état et l'évolution de ce patrimoine remarquable.
- un diagnostic paysager traduisant l'évolution paysagère historique et future du site sans intervention de restauration, en lien avec les perceptions sociales du territoire et les dynamiques végétales.

L'état des lieux écologique d'un site repose sur les données bibliographiques existantes mais des relevés de terrains sont essentiels pour analyser l'état présent de la végétation :

Des relevés botaniques (méthode des quadrats ou des lignes permanentes) et phytosociologiques doivent être réalisés pour déterminer la diversité spécifique du site, la valeur patrimoniale des espèces, l'état de dégradation de la végétation, les dynamiques végétales (méthodes décrites p 51-54)...

Si le site est inclus dans un site Natura 2000, une cartographie fine des habitats peut être réalisée par le gestionnaire (méthode décrite p 57-58) ; cette cartographie précise permet de récolter de nombreuses informations sur l'état et l'évolution des milieux et une vision globale du territoire. Si cette méthode permet un état des lieux écologique complet et précis, sa réalisation est longue et nécessite de mobiliser des moyens humains et financiers importants.

En parallèle de relevés botaniques et floristiques, la réalisation d'une cartographie simplifiée de la végétation (méthode décrite p 59-62) peut s'avérer suffisante. Elle permet de décrire la zone d'étude, et d'analyser l'état et l'évolution globale du couvert végétal et des sols. Seules les espèces dominantes sont relevées, de manière à simplifier l'analyse botanique et à concentrer les suivis sur l'état du couvert végétal. Ce type de cartographie ne nécessite pas de connaissances botaniques spécifiques et peut être réalisé par les gestionnaires.

La valeur patrimoniale intrinsèque de l'habitat (rareté, menaces, ...) doit être déterminée à différentes échelles (régionale, nationale et/ou européenne), en fonction des documents et des listes de référence disponibles. La présence d'espèces végétales d'intérêt patrimonial majeur peut conforter la valeur intrinsèque de la communauté végétale (Bioret *et al.*, 2011).

Analyse socio-économique et juridique

L'analyse socio-économique et juridique permet de comprendre les pratiques historiques et actuelles, ainsi que les perceptions sociales du site. Elle permet également de définir les enjeux socio-économiques du site. Elle comprend :

- Une analyse des différentes activités anthropiques passées et actuelles pratiquées sur le site (tourisme, pêche, agriculture...) :
 - identification et description des différentes activités présentes : tourisme (étude de la fréquentation du site), agriculture... ;
 - définition des apports économiques de chaque activité pour le territoire (bénéfice pour les commerçants, pour le tourisme local, pour les agriculteurs...);
 - détermination de l'importance historique, culturelle et sociale des activités (exemple : agriculture témoin d'un savoir faire local) ;
- Une description du statut foncier (propriétaires, gestionnaires...) et des protections réglementaires du site (Site Natura 2000, site classé ou inscrit...);
- Une description des modes de gestion actuels et des moyens techniques, humains et financiers disponibles ou mobilisables pour la mise en œuvre du programme de restauration écologique.

Analyse des interactions entre écosystèmes et activités anthropiques

Les écosystèmes et activités anthropiques interagissent, de manière bénéfique ou négative. L'état des lieux du territoire doit permettre de caractériser ces interactions pour comprendre le fonctionnement du territoire. L'analyse de ces interactions doit se faire tout au long de l'état des lieux, parallèlement aux analyses écologique et socio-économique.

L'analyse de ces interactions comprend :

- Une description des effets des activités et de la gestion du territoire sur les dynamiques végétales et leur rôle dans la construction des écosystèmes actuels (maintien des milieux ouverts par le pâturage, destruction de certaines végétations par le piétinement...). Cette partie est généralement intégrée à l'analyse écologique et paysagère ;
- Une définition du rôle des écosystèmes pour les activités anthropiques (attraction touristique, agriculture...); cette partie est généralement intégrée à l'analyse socio-économique du territoire.

Définition des enjeux

Les enjeux écologiques et socio-économiques du site sont les éléments ou les fonctionnalités du territoire susceptibles d'être modifiés (de manière positive ou négative) ou perdus du fait du le projet de restauration (ce qui est mis en jeu par le projet). Leur définition découle des analyses écologique et socio-économique. Ils doivent ensuite être hiérarchisés.

Définition de l'écosystème de référence

La définition du système de référence, est une étape importante du processus de restauration écologique. Il s'agit de définir un état plus ou moins idéal vers lequel on souhaite, à terme, voir le système évoluer. Le système de référence peut être défini à l'échelle globale du site (paysage de référence), ou à une échelle plus fine pour chaque entité écologique (écosystème de référence). Plusieurs approches peuvent être utilisées pour définir le système de référence :

- Référence historique

La référence historique est certainement la plus utilisée: il s'agit d'un état connu du site antérieur à la dégradation. Sa définition est fondée sur l'étude de documents anciens tels que les photographies, les photographies aériennes, les cartes et, quand elles sont disponibles, les données écologiques ou naturalistes.

La difficulté de cette approche repose sur la disponibilité et la fiabilité des données. Elle s'applique généralement à l'échelle paysagère. Un état antérieur peut être lié à des pratiques ou à des conditions qui n'existent plus actuellement. Cela pose également la question du choix de la période de référence.

- Référence extérieure

La référence peut consister en un ou plusieurs sites témoins, présentant des écosystèmes similaires à ceux du site étudié, mais considérés comme non dégradés.

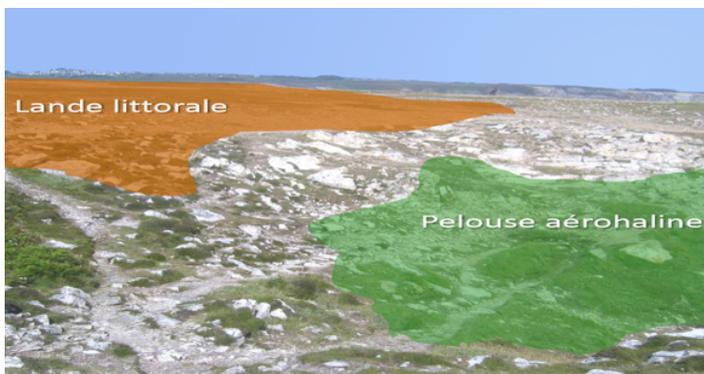
Cette approche peut s'appliquer notamment dans le cadre de sites assez étendus au sein desquels certains espaces ont été préservés. La proximité immédiate entre un écosystème témoin et un espace à restaurer réduit en effet les différences écologiques ainsi que les différences liées aux usages historiques.

- Référence écologique

La définition de l'écosystème de référence peut également se fonder sur une analyse des conditions stationnelles (sol, climat, exposition,...) permettant de faire le lien avec une végétation potentielle pouvant être caractérisée d'un point de vue phytosociologique.

Si cette approche présente l'avantage d'intégrer à une échelle fine les conditions réelles auxquelles est exposé l'écosystème, en revanche elle nécessite l'acquisition de données précises et une bonne connaissance phytosociologique préalable.

Ces différentes approches sont complémentaires. Si elles sont parfois complexes à mettre en œuvre concrètement, elles peuvent s'appliquer dans une démarche de réflexion indispensable préalable à la définition des objectifs de restauration.



Hypothèse de Référence écologique (Sawtschuk, 2010)



Référence historique (carte postale ancienne)

Références, pour aller plus loin :

ANDREU-BOUSSUT V., 2000, Évaluation de l'état de conservation d'un site littoral dans le cadre de la directive 92/43/CEE Habitats. Essai méthodologique. DEA Université de Best.

ARONSON J., DILLION S., LE FLOC'H E., 1995, On the need to select an ecosystem of reference, however imperfect : a reply to Pickett & Parker, *Restoration Ecology*, 3 :1-3.

BIORET F., BRIGAND L., 1993, Fréquentation humaine et protection des espaces naturels littoraux : un exemple de diagnostic en vue d'une stratégie d'aménagement intégrée. *Bulletin d'Ecologie*, 24 : 96-99.

BIORET F., LAZARE J.-J., GEHU J.-M., 2011, Évaluation patrimoniale et de la vulnérabilité des associations végétales du littoral atlantique français. *Journal de Botanique*, 56 : 39-67.

CHIFFAUT A., 2006, Guide méthodologique des plans de gestion de réserves naturelles, MEED/ATEN, *Cahiers Techniques*, 79, 72 p.

Définition des objectifs (fig. 17)

Définir les objectifs de restauration, revient à procéder à un choix sur l'évolution souhaitée du site en termes écologique et socio-économique.

Comparer l'état initial du site à l'écosystème de référence permet de déterminer l'état de dégradation du site. À partir de ce constat il convient d'une part d'envisager l'évolution du site sans intervention et d'autre part de déterminer les principaux enjeux dont l'évolution déterminera le succès de la restauration.

Les enjeux pouvant être multiples pour un même site (espèces protégées, habitats, paysages), il est nécessaire de les hiérarchiser, selon leur importance pour les acteurs du territoire mais aussi en fonction des contraintes réglementaires. Tous les enjeux de territoire ne doivent pas nécessairement être traduits en objectifs.

Les objectifs opérationnels de la restauration sont également définis en fonction des moyens humains, techniques et financiers disponibles et des enjeux du territoire. Il est inutile de définir des objectifs impossible à réaliser.

Ils peuvent être fixés à différentes échelles, être très précis et orientés vers le développement d'une espèce particulière, d'un habitat ou plus larges et viser le rétablissement un paysage antérieur.

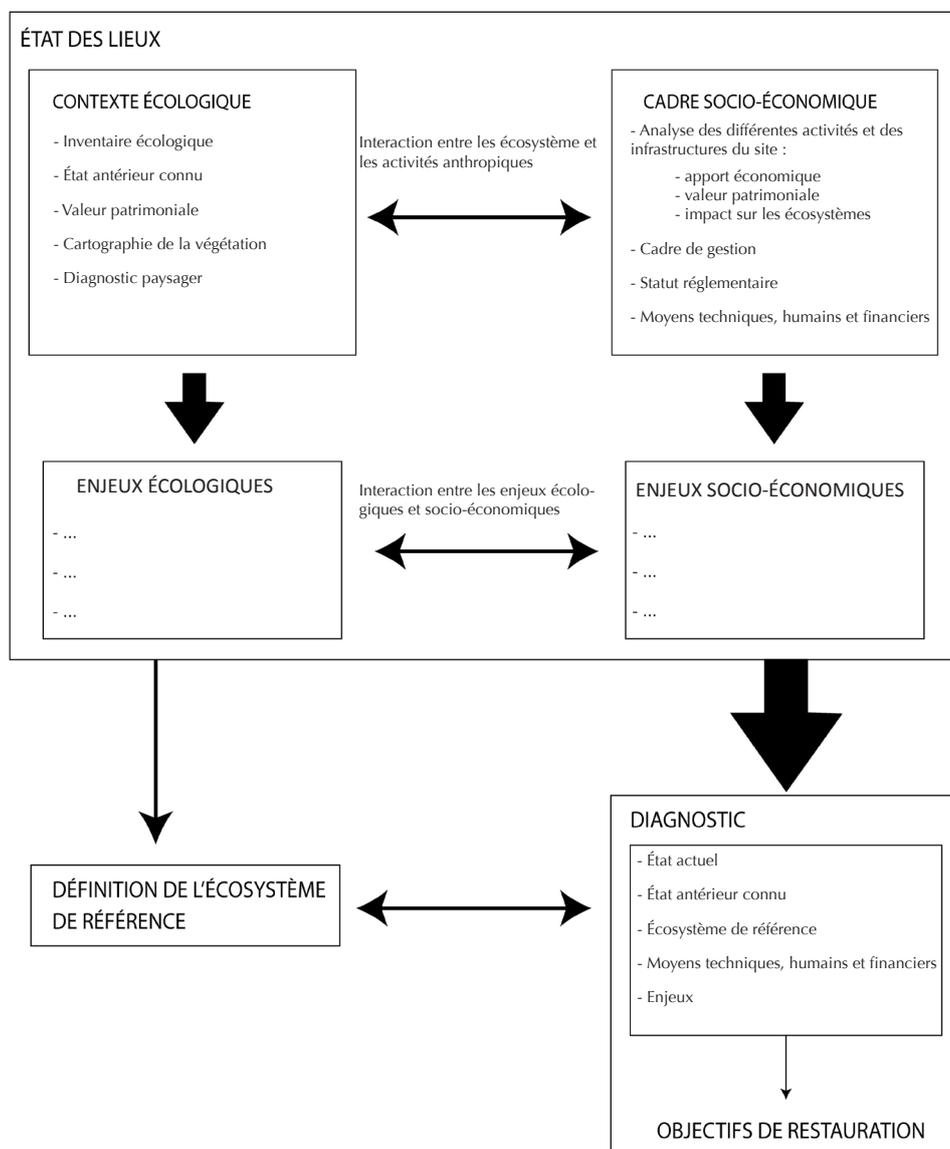


Figure 17: État des lieux et diagnostic d'un site littoral.



MÉTHODES DE RESTAURATION

Une fois les objectifs fixés, un programme de restauration doit être établi pour déterminer les méthodes qui seront utilisées et leur mise en place dans le temps. Le choix des méthodes et des techniques de restauration dépend de l'importance de la dégradation, du type de milieu mais aussi des enjeux de restauration (fig.18).

Deux types de restauration s'offrent aux gestionnaires :

- La restauration dite passive consiste à protéger le milieu des dégradations extérieures par une mise en défens. Préservée du piétinement, une végétation spontanée se développera sur le milieu, sans autre intervention extérieure. Ce type de restauration permet le développement d'espèces adaptées aux conditions du milieu et le coût reste faible.
- La restauration dite active, implique une intervention directe sur le milieu, pour faciliter et accélérer la restauration de la végétation par des techniques de génie écologique. Les méthodes dites actives permettent souvent de restaurer un plus rapidement les milieux, mais l'efficacité et le coût varient selon les techniques utilisées et les milieux à restaurer.

Pour être efficaces, les méthodes actives doivent être accompagnées d'une mise en défens. L'efficacité des différentes techniques ont été testées et comparées pour un milieu dégradé de lande (sol à nu) en zone exposée et abritée sur plusieurs sites. Les résultats de ces expériences montrent de réelles différences d'efficacité entre les techniques testées ainsi qu'une influence nette de l'exposition au vent et au sel (Sawtschuk *et al.*, 2010).

Les méthodes de restauration passives et actives sont présentées sous forme de fiches. Chaque fiche comprend le principe, les objectifs et les techniques de mise en oeuvre de la méthode, ainsi qu'une analyse critique.

Restauration passive

- 1 - Mise en défens

Restauration active

- 2 - Filets biodégradables
- 3 - Transfert de mottes
- 4 - Transfert de biomasse
- 5 - Transfert de litière
- 6 - Décompaction
- 7 - Pièges à graines

Gestion de l'eau et de l'érosion

- 8 - Comblement de ravines
- 9 - Fascines

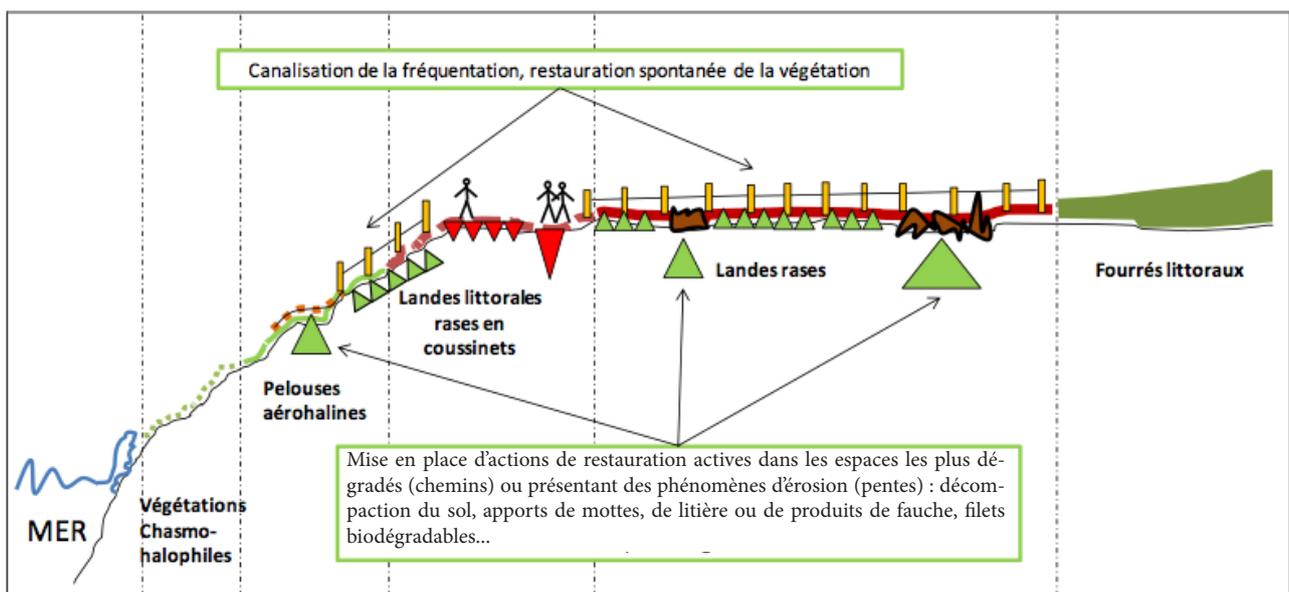


Figure 18: Opération de restauration type des végétations des hauts de falaises littorales. Les triangles orientés vers le bas symbolisent la dynamique de dégradation et ceux vers le haut, la dynamique de restauration. (SAWTSCHUK, 2010)



Ganivelles hautes le long de la falaise littorale, Pointe de La Garde Guérin (35)

RESTAURATION PASSIVE

1 - Mise en défens

Principe

Le principe de la mise en défens est de créer une barrière physique entre les visiteurs et le milieu à restaurer, en canalisant les piétons sur des chemins ou des espaces définis par les gestionnaires. Les secteurs dégradés sont exclus de toute pression touristique.



Ganivelles hautes



Mono-fil



Bi-fils

Objectifs

- 1- Supprimer la perturbation du milieu
- 2- Arrêter la dégradation
- 3- Faciliter le développement d'une végétation spontanée

Efficacité de la méthode

La restauration passive de la végétation est utilisée dans la quasi-totalité des programmes de restauration et fait preuve d'une grande efficacité. Cependant, lorsque la dégradation est importante et mal maîtrisée, les effets de la mise en défens peuvent être limités. La restauration passive peut prendre plus de temps que la restauration active, notamment dans le cas de milieux très dégradés et où le sol est pauvre ou superficiel. Le développement d'une végétation spontanée assure la mise en place d'une végétation locale et adaptée aux conditions du milieu, seules des espèces très sélectives pouvant s'implanter naturellement sur les milieux littoraux. Si des îlots relictuels de végétation persistent sur le site à restaurer, la mise en défens sera plus efficace.

Une mise en défens est également quasi-systématiquement à mettre en place lors de l'utilisation de méthodes actives, afin de protéger l'espace en restauration et d'assurer l'efficacité du dispositif.

Les dispositifs mis en place peuvent être supprimés ou modifiés s'ils s'avèrent inefficaces ou si leur maintien n'est plus nécessaire après restauration du milieu.

Avantages

- Coût limité par rapport aux méthodes actives
- Favorable à l'installation d'une végétation locale et adaptée ;
- Intégration paysagère des mono-fil et bi-fils ;
- Canalisation efficace des visiteurs
- Peut être combiné à des méthodes actives
- Relativement facilement supprimable ou modifiable (réversibilité)

Inconvénients

- Temps de restauration parfois long ;
- Efficacité limitée si la dégradation est très forte et non maîtrisée ;
- Mise en place difficile sur les substrats rocheux ;
- Acceptation parfois difficile si elle contredit les usages locaux ;
- Mono-fil et bi-fils peuvent facilement être franchis, marquage symbolique
- Intégration paysagère peu discrète des ganivelles

Mise en œuvre

Ganivelles (fig. 19)

Les ganivelles ont tout d'abord été utilisées pour fixer les dunes. Leur structure en bois et leur hauteur de 50 cm à 1,20 m en font un brise-vent idéal. La réduction de la force du vent permet de limiter l'érosion éolienne, voire de l'inverser en piégeant les grains de sable.

Dans le cadre des opérations de restauration, les gestionnaires ont détourné l'usage premier de ces aménagements. Par leur structure et leur hauteur, les ganivelles présentent un aspect visuel «fermé» qui permet de délimiter physiquement les zones à protéger. Cette haie d'échalas de châtaignier permet de dresser une barrière franche et marquée difficilement franchissable par les piétons. La différence visuelle entre le sentier pédestre et le milieu à restaurer étant souvent faible au début des opérations de restauration, il peut-être intéressant d'utiliser les ganivelles pour matérialiser la limite à ne pas franchir, permettant le bon déroulement de la restauration des végétations. Ce dispositif est en effet plus visible et moins facilement franchissable que les mono ou bi-fils.

Il existe deux classes de hauteur de ganivelles, les hautes (1,20 m de hauteur) et les basses (à partir de 0,5m de hauteur). Cette différence de hauteur n'a pas d'incidence sur la technique de pose :

- Des poteaux de châtaignier, de section de 9 à 11 cm dans le cas des ganivelles hautes et de 1,20 à 1,50 m pour les ganivelles basses. Ils serviront de soutien aux échalas de châtaignier et sont généralement plantés tous les 2,50 m.
- Des jambes de forces sont disposées aux extrémités, ainsi qu'aux angles. Ces éléments permettent de renforcer la solidité et l'équilibre de la structure.
- Les piquets constituant les ganivelles sont le plus souvent en châtaignier. L'espacement entre les lattes est approximativement de 5 cm. Cette distance peut avoir un impact dans le cas d'une utilisation ayant pour but la réduction de l'effet éolien. En revanche, dans le cadre de la mise en place de ganivelles à titre de protection inter-milieux de la fréquentation touristique, la distance inter-lattes peut être plus importante, réduisant l'impact paysager de l'aménagement.
- deux ou trois rangs de fils galvanisé sont tendus (selon la hauteur de la ganivelle), afin de fixer la structure.
- Le coût moyen de ces dispositifs est de l'ordre de 15 à 20€ le mètre linéaire.

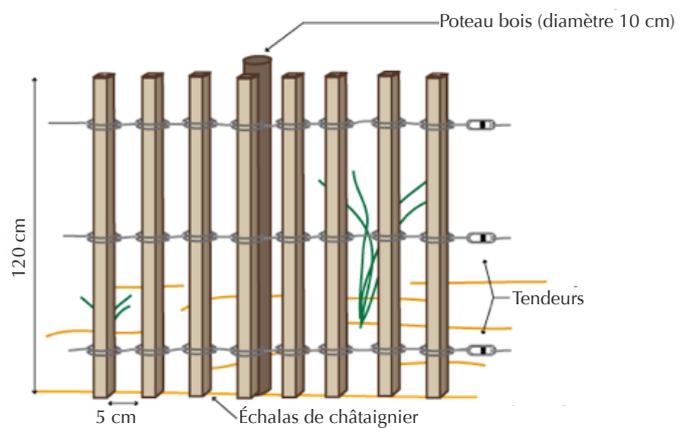


Figure 19 : Mise en place de ganivelles (schéma de principe).

Bi-fils et mono-fil (fig. 20)

Cet aménagement, relativement discret, permet de délimiter les secteurs accessibles au public, tout en impactant faiblement la perception paysagère. Il consiste à tendre un ou deux fils d'acier entre des piquets de bois, à une hauteur comprise entre 20 et 60 cm. L'aspect discret de ces aménagements ne leur permet pas d'avoir le même effet «barrière» que les ganivelles. Il est conseillé d'accompagner leur mise en place par des panneaux d'information.

La pose des mono-fil et bi-fils est similaire à celle des ganivelles. La différence entre les deux types d'aménagement est le nombre de fil d'acier fixés.

- Des poteaux de bois, appointés, de 8 cm de section sont plantés.
- Des jambes de forces sont disposées aux extrémités, ainsi qu'aux angles des aménagements.
- La distance entre les poteaux est de 2,50 à 3 mètres.
- le coût moyen est de l'ordre de 20€ le mètre linéaire.

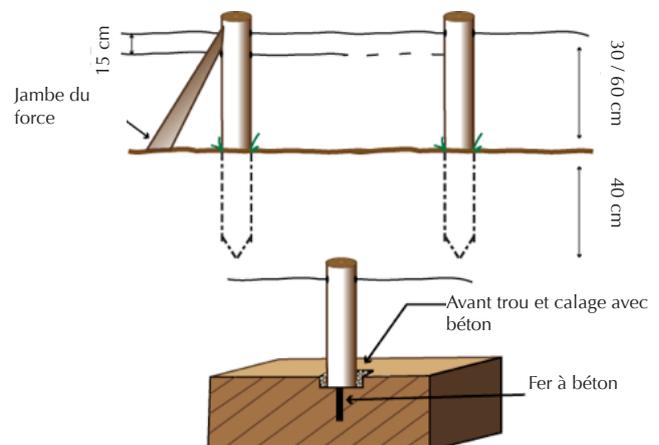


Figure 20 : Mise en place de mono-fil ou bi-fils (schéma de principe).

RESTAURATION ACTIVE

2 - Filets biodégradables

Principe

Cette méthode consiste à poser un filet de matière organique principalement en jute ou fibre de coco (d'autres matières existent) sur un milieu à restaurer, notamment sur les sols dénudés. Les géotextiles sont déroulés et fixés au sol.



Filet biodégradable en bordure de chemin



Filet biodégradable sur sol nu

Objectifs

La pose de filets biodégradables est une technique utilisée pour limiter l'érosion des sols, faciliter la fixation des graines et accélérer la repousse des végétaux. Les graines vont se fixer entre les mailles des filets, et être protégées de l'érosion et des effets éoliens. Les filets préservent également la végétation des lapins qui grattent le sol et broutent les jeunes pousses. Les filets vont également maintenir une humidité favorable au développement des jeunes plants.

Efficacité de la méthode

Le géotextile améliore la restauration de la végétation en formant une protection efficace contre les stress environnementaux. Il limite l'évapotranspiration du sol et préserve ainsi l'humidité du sol. Cet effet joue un rôle essentiel sur les sites où le vent et le sel assèchent et anéantissent les jeunes pousses. Ils sont particulièrement efficaces dans les zones de sol nu où la végétation peine à se réinstaller par elle-même.

Sur les sites les plus exposés, l'effet du géotextile est moindre, les végétations de référence sont naturellement tolérantes et adaptées aux stress. Une protection contre ces stress est donc moins essentielle pour leur développement.

L'utilisation du géotextile, notamment en zone non exposée montre des résultats sensibles autant pour la richesse spécifique que pour la couverture végétale. Son association avec d'autres techniques comme la décompaction, l'apport de litière ou le transfert de mottes améliore nettement les bénéfices de cette technique. Par exemple, l'utilisation de litière et de géotextile sur des milieux peu exposés donne les mêmes résultats qu'un transfert de mottes.

La dégradation du filet va conduire à un apport d'éléments organiques et minéraux au niveau du sol, favorisant la dynamique végétale. Cet apport peut être intéressant dans le cas de sol très dégradés, mais peuvent dans certains cas conduire à l'installation d'espèces compétitives non recherchées.

Avantages :

- Facilite la germination
- Limite l'érosion
- Se décompose en quelques années
- Association efficace avec d'autres techniques de restauration active

Inconvénients :

- Coût important
- Impact visuel initial plus ou moins fort
- Efficacité moindre en conditions très exposées
- Peut favoriser certaines espèces nitrophiles
- L'effet de protection disparaît lors de la dégradation des filets

Mise en œuvre (fig. 21)

Les filets biodégradables sont disponibles soit en rouleaux, soit compressés. Les longueurs de géotextile sont vendues en rouleaux d'une cinquantaine de mètres de longueur et de 1 à 2 mètres de largeur.

- Dans un premier temps, il peut être utile dans les zones où le sol est très compacté d'entreprendre un griffage du sol sur une profondeur de 5 à 8 cm. Cette action permet de supprimer toutes les aspérités micro-topographiques et facilite un placage optimal du géofilet. Ces actions permettront aux graines de s'ancrer plus facilement dans le sol. Il est aussi possible d'écartier les mailles des filets ou de couper des morceaux pour laisser ressortir les touffes de végétations ou les roches en place, ce qui facilite le maintien du filet et la reprise de la végétation.
- Dérouler ou poser le géotextile dans le sens de la pente et le fixer à l'aide de crochets métalliques, ou bien à l'aide de clous Bio-Stake à base de maïs totalement biodégradable après environ 35 mois.
- Les crochets peuvent être accompagnés de fascines, lorsque la pente est trop prononcée, ou que les phénomènes d'érosion sont trop accentués.
- Il faut prévoir un recouvrement latéral de 10 à 15 cm, et de 20 à 30 cm sur les côtés.
- Les géotextiles sont biodégradables et disparaissent après une période de 20 à 30 mois
- La pose de géofilet coûte environ 4,5 à 5 Euros par m². Selon les sources commerciales, les unités vendues représentent une longueur de 50 à 70 m, sur une largeur de 1 à 2 m.

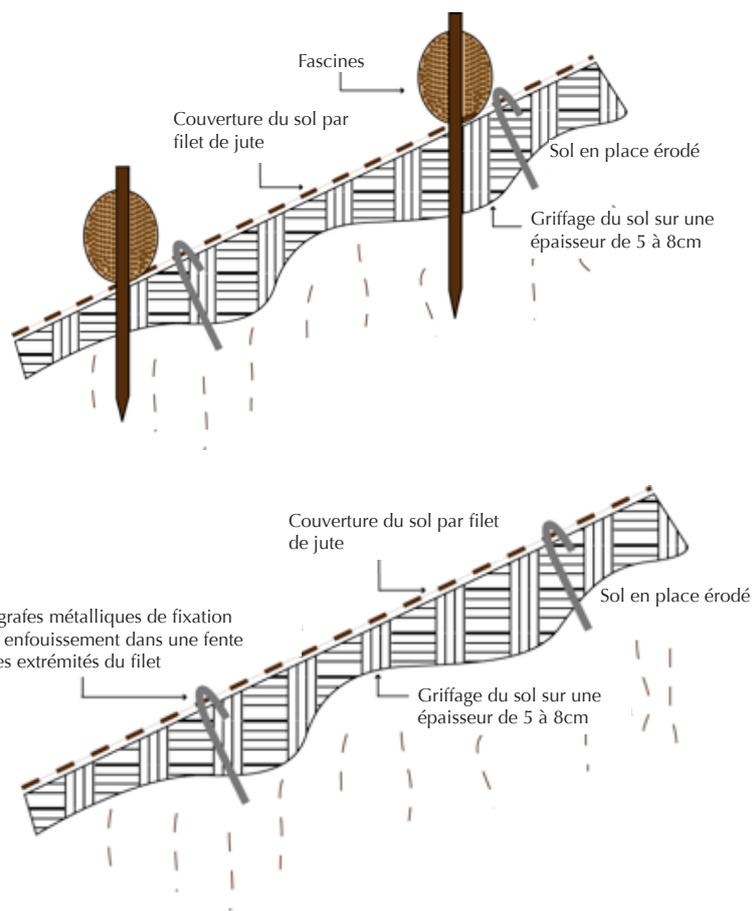


Figure 21 : Pose de filets biodégradables (schéma de principe).



Filet biodégradable récemment mis en place



Reprise de la végétation sur filet biodégradable

RESTAURATION ACTIVE

3 -Transfert de mottes

Principe

Le transfert de mottes consiste à prélever des mottes du milieu à restaurer (lande ou pelouse) dans un milieu donneur similaire et intact, pour les placer sur le milieu à restaurer.

Une motte est le prélèvement de 10 à 20 cm² d'un habitat, comprenant les parties aériennes (tiges, feuilles), les racines, et le sol prélevés sur une profondeur de 5 à 10 cm.



Mottes de lande



Fermeture de chemin par des mottes de pelouse

Objectifs

L'objectif de cette méthode est de restaurer de manière rapide un milieu dégradé. L'implantation des mottes permet de retrouver immédiatement l'aspect paysager d'un milieu non dégradé. Les mottes doivent être transplantées avec un minimum d'impact sur les zones de prélèvement, afin de permettre une reprise rapide de la végétation.

L'implantation de mottes sur un milieu à restaurer permet de «gommer» rapidement l'effet de la dégradation (érosion, piétinement). Par exemple, cette technique permet de dissimuler immédiatement l'entrée de chemins fermés aux visiteurs et facilite le retour de la végétation sur le reste du chemin. Le transplant de mottes de végétation permet de créer une continuité entre les milieux non dégradés et les milieux restaurés. Cette technique est très utile pour les opérations ayant un fort enjeu visuel.

Il faut vérifier que les sites donneur et receveur partagent les mêmes caractéristiques écologiques. Le site donneur doit donc correspondre à l'écosystème de référence.

Efficacité de la méthode

Le transfert de mottes donne de bons résultats très rapidement et semble être la technique la plus efficace à court terme. Après quelques années, la bruyère transplantée peut montrer un fort taux de mortalité et être remplacée par une végétation de pelouse notamment quand les mottes transplantées sont de petite taille et ne couvrent qu'une faible partie de la zone restaurée. La transplantation des pieds d'ajonc semble plus efficace.

Cette technique ne doit être utilisée sur de grandes surfaces que dans le cas où le milieu donneur est voué à être inévitablement détruit.

Remarque: Les bénéfices de cette technique doivent être comparés avec la destruction de l'écosystème d'origine où ont été prélevées les mottes. Un suivi du site donneur doit donc être également mis en oeuvre.

Avantages

- Impact visuel immédiat
- Restauration rapide
- Particulièrement pertinent pour effacer les chemins fermés aux visiteurs
- Les mottes peuvent fournir des graines pour coloniser les espaces de sol nu proches

Inconvénients

- Impact sur le site donneur
- Risque de transfert d'une végétation inadaptée
- Problème de reprise des mottes en cas de sécheresse survenant pendant l'année du transfert
- Coût élevé
- Difficilement applicable sur de grandes surfaces

Mise en œuvre (fig. 22)

Le transfert de mottes est une technique d'aménagement qui peut se faire à l'aide d'outils mécaniques, notamment pour l'extraction des mottes. Cependant les milieux littoraux sont sensibles aux dégradations liées aux passages d'engins. C'est pourquoi, il est conseillé de mettre en œuvre ces travaux de façon manuelle. La période à laquelle est réalisée le transplant des mottes est importante: afin de maximiser la survie des mottes, les opérations de transplant doivent être réalisées en automne ou en hiver. Il faut éviter de réaliser les travaux lorsque le sol est trop humide ou trop sec ainsi qu'en période de tempêtes.

Afin de minimiser les impacts sur les milieux naturels, cette technique lourde doit concerner uniquement des surfaces limitées, afin de favoriser la reprise rapide de la végétation. Ces mottes peuvent également provenir de zones détruites par d'autres aménagements (création de chemins, construction...).

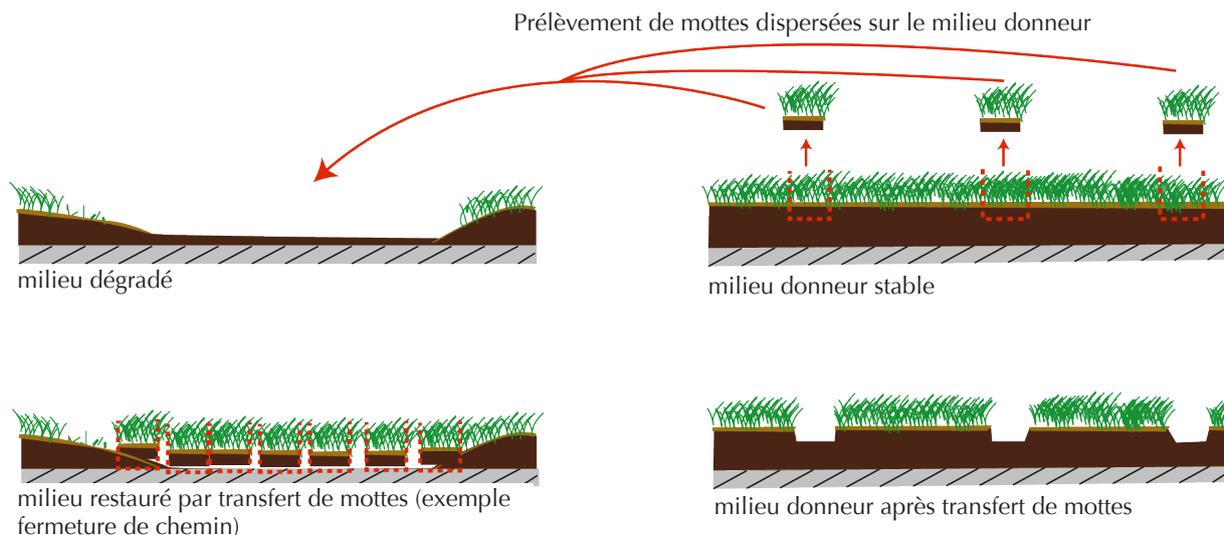


Figure 22 : Transfert de mottes (schéma de principe).

- Prélever les mottes sur des milieux stables présentant la végétation souhaitée, située si possible à proximité, et dans des situations écologiques similaires (distance à la mer, humidité du sol). Les zones à sol trop superficiels sont à éviter, le décapage ne devant pas atteindre le niveau de la roche-mère en prélevant la motte. Les végétations sur sols profonds présentant un sol et une litière importants assurent une meilleure reprise.

La profondeur de sol à transplanter dépend de la végétation transplantée. Il est difficile de transplanter des végétations ligneuses assez hautes (notamment avec des ajoncs) qui présentent souvent des racines résistantes et profondes.

Il est aussi possible de faucher la végétation avant de réaliser le transplant de mottes, ce qui peut favoriser la reprise de certaines espèces comme l'ajonc qui repart bien de souche. En revanche, les *Éricacées* peuvent mal supporter la fauche. Selon la superficie à restaurer, le prélèvement s'effectuera sur plusieurs zones, afin de ne pas trop impacter la zone de prélèvement.

Pelouses : prélèvement 5 à 10 cm de sol

Landes : prélèvement de plus de 10 cm de sol en fonction de la profondeur des racines

- Préparer le milieu accueillant les mottes. L'installation doit être précédée d'un décompactage du sol, permettant de favoriser le développement racinaire de la motte.
- Disposer les mottes sur le milieu dégradé. Les mottes doivent être totalement en contact avec le sol, afin d'éviter les poches d'air qui isoleraient les racines de la terre. Pour gagner en superficie, les mottes peuvent être transplantées de manière discontinue sur la zone à restaurer, afin de minimiser la surface impactée des zones de prélèvements. Il faut cependant conserver des surfaces de transplants supérieures à un mètre carré (qui peuvent être constituées de plusieurs mottes jointes) pour éviter une dislocation trop rapide par les bordures des mottes du fait de l'érosion et des grattis par les lapins.
- Après avoir disposé les mottes, il est quelquefois nécessaire de tasser et d'arroser.
- Le coût moyen est de l'ordre de 12€ par mètre carré.
- En secteur très exposé, la pose d'un filet biodégradable par dessus les mottes peut être nécessaire.

RESTAURATION ACTIVE

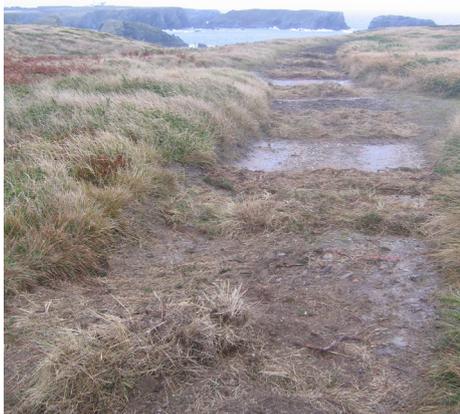
4 - Transfert de biomasse

Principe

Le transfert de biomasse consiste à importer sur le milieu à restaurer de la matière végétale récupérée, par fauche, sur un site donneur. Ce mélange de végétation riche en graines et en matière organique favorise la recolonisation des milieux. Cette méthode permet de freiner la prolifération de plantes rudérales et nitrophiles. Elle s'apparente au «transfert de foin» utilisé pour la restauration des écosystèmes herbacés.



Biomasse de récupération de fauche



Fermeture de chemin par transfert de biomasse



Transfert de biomasse en bordure de chemin

Objectifs

Cette action permet d'accélérer le processus de revégétalisation en enrichissant le milieu dégradé. Elle peut être employée pour la réhabilitation de surfaces importantes.

Efficacité de la méthode

Les résidus de tiges et de pousses de bruyère sont une source importante de graines et de matière organique. Toutefois, la période de récolte de cette biomasse doit être choisie en fonction de la phénologie des espèces, de manière à récupérer des graines prêtes à germer pour les landes et les pelouses. Pour contourner cet inconvénient, il est possible de mélanger les résidus de végétation avec une partie de sa litière, de manière à former un mélange riche favorisant au maximum la restauration. Cette méthode s'applique également aux pelouses (transfert de foin)

Mise en œuvre (fig.23)

- Récupérer la matière organique d'un milieu donneur, idéalement en profitant d'un programme de gestion par fauche. Pour ne pas dégrader le milieu donneur, il est conseillé d'effectuer le ramassage à la main.
- Répandre la biomasse récupérée sur la globalité de la surface à restaurer. L'application peut se faire avec des ratios de surface allant de 1 pour 1 à 1 pour 4. Ainsi, 1m² de biomasse récoltée peut être répartie sur 1 à 4m² de surface à restaurer. Sur un site donneur de litière (ou de biomasse), non exposé, la recolonisation de la lande s'effectue généralement en deux ans.
- En secteur exposé, la pose d'un filet biodégradable évite la dispersion de la biomasse par le vent et l'érosion.

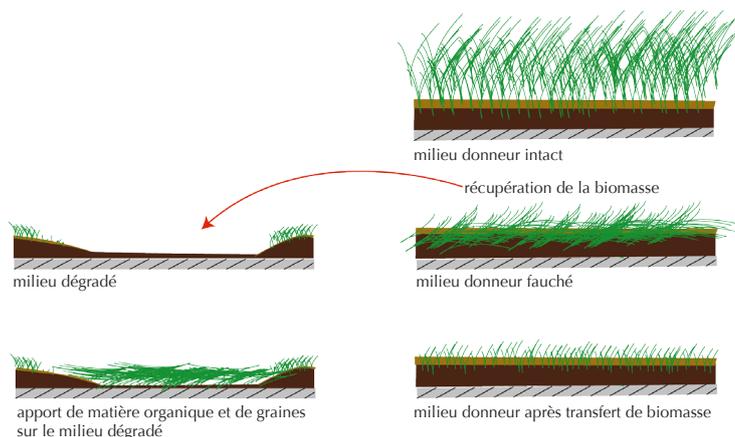


Figure 23 : Transfert de biomasse (schéma de principe).

Avantages

- Efficacité à moyen terme
- Non destructrice
- Efficacité accrue si association avec pose de filet biodégradable

Inconvénients

- Doit être combinée avec la pose de filet pour éviter la dispersion par le vent
- Temps nécessaire pour le ramassage de la biomasse
- Période de collecte limitée

RESTAURATION ACTIVE

5 - Transfert de litière

Principe

Le transfert de litière consiste à récupérer la couche superficielle du sol d'un site donneur et la transférer sur un site dégradé.



Litière de lande récupérée pour transfert



Mise en place de litière pour la fermeture d'un chemin



Mise en place de litière pour la fermeture d'un chemin

Objectifs

Cette méthode permet d'enrichir un milieu dégradé dont le sol est devenu pauvre en matière organique. La litière est une source riche en graines (ajonc, bruyères, fétuque et espèces associées) prêtes à germer, quelle que soit la saison. Les graines les plus persistantes, comme celles de bruyères, peuvent rester dormantes pendant plusieurs années dans la banque de graines du sol, sans perdre leur capacité de germination. La litière contient des fragments racinaires comprenant des mycorhizes, favorisant le développement de la végétation.

Efficacité de la méthode

Les expériences menées ont montré une bonne efficacité de cette méthode à court terme, notamment lorsqu'elle est associée à la pose d'un filet biodégradable.

Elle n'est souvent possible que pour la restauration de petites surfaces, du fait de la difficulté de collecter de la litière. En effet, pour ne pas dégrader le milieu donneur, il faut récolter la matière organique à la main. Les expériences ont montré que la matière récoltée par une personne en une heure permettait de couvrir 45 m² de terrain à restaurer (ce qui correspond un milieu donneur de 15 m²).

Mise en œuvre (fig. 24)

- Pour ne pas dégrader le milieu donneur, il est conseillé de récolter la matière organique à la main, un collecteur par aspiration peut également être utilisé lorsque les quantités nécessaires sont importantes.
- Il est conseillé de récolter de grandes quantités uniquement sur des milieux de lande d'assez grande taille (15-40 cm), avec au moins 20 cm de sol sans affleurement. Dans un site donneur de litière ou de biomasse non exposé, la recolonisation des landes s'effectue en deux ans.
- Le transfert peut se faire avec des ratios de surface allant de 1 pour 1 à 1 pour 4.
- En secteur exposé, la pose d'un filet biodégradable évite la dispersion de la biomasse par le vent et l'érosion.

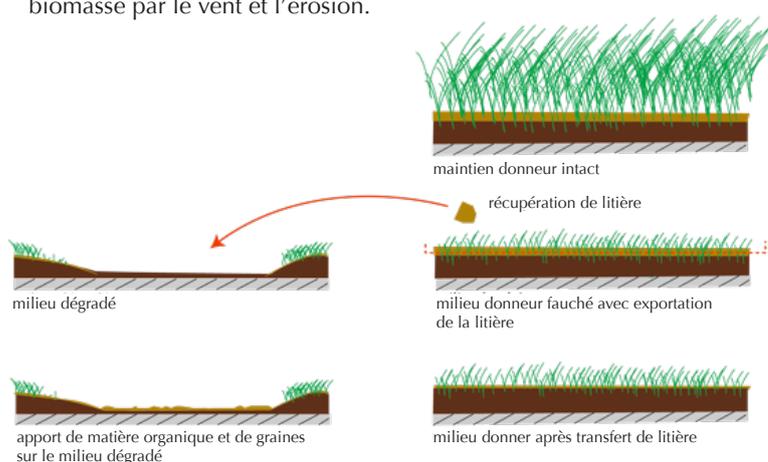


Figure 24 : Transfert de litière (schéma de principe).

Avantages

- Efficacité à moyen terme
- Non destructrice
- Efficacité accrue si association avec pose de filet biodégradable

Inconvénients

- Doit être combiné avec la pose de filet pour éviter la dispersion par le vent
- Mise en place lourde et coûteuse (récolte, transfert...)

RESTAURATION ACTIVE

6 - Décompactage du sol

Principe

Le sol compacté est travaillé (sans retournement ou enfouissement) par des griffes, des lames ou des disques. Cette technique permet l'ameublissement jusqu'aux 30 premiers centimètres du sol, mais aussi le maintien de la matière organique à la surface. Le décompactage permet une bonne circulation de l'air, de l'eau et des racines dans le sol. Ces actions permettent un meilleur ancrage des graines, notamment lors de l'association de cette technique à la pose de géotextile.

Objectifs

Le décompactage est utilisé pour ameublir la couche superficielle du sol. Cette action, notamment lorsqu'elle est associée avec la pose de géotextile, permet de faciliter l'implantation des graines. Elle permet également d'aérer le sol, de favoriser le développement des micro-organismes et d'augmenter la capacité du sol à subvenir aux besoins des végétaux. Cette action est particulièrement adaptée aux zones ayant subi une forte compaction liée au piétinement ou au passage répété d'engins motorisés.

Efficacité de la méthode

Les effets induits par le décompactage du sol sur la restauration des landes sont peu visibles à court terme. Lorsque seul un décompactage est réalisé, elle permet une légère amélioration de la diversité biologique et du couvert végétal.

La restauration de la végétation à court terme peut apparaître moins efficace qu'une restauration passive. En effet, le décompactage perturbe le milieu et favorise l'implantation initiale d'espèces tolérantes aux perturbations. Cependant, dès la deuxième année, cette technique favorise la restauration des végétations cibles. Cette technique n'est donc pas conseillée quand l'objectif est une restauration rapide de la végétation de référence.

Si des espèces invasives sont présentes à proximité du site traité, leur dispersion peut être favorisée par cette perturbation du milieu. L'ameublissement du sol peut accélérer l'érosion des sols pentus.

Des études à long terme seraient nécessaires pour valider les véritables impacts du décompactage, mais cette technique montre un effet positif net après trois ou quatre ans.

Le processus de restauration est accéléré quand le décompactage est associé au géotextile, en particulier dans les zones peu exposées, où la richesse spécifique est considérablement accrue.

Mise en œuvre (fig. 25)

Plusieurs types d'outils peuvent être utilisés pour décompacter les sols. Le décompactage des sols littoraux s'effectue, la plupart du temps, sur de faibles profondeurs. L'utilisation de griffes est alors conseillée pour ne pas amener d'engins lourds perturbateurs du milieu. Sur les sols rocheux ou caillouteux, l'utilisation du décompactage est à déconseiller.

- Choisir entre l'utilisation d'outils non animés à dents (cultivateur lourd, griffes) ou animés (cultivateur rotatif).
- La griffe travaille le sol sur une profondeur de 30 cm au maximum.
- Éviter les interventions en conditions trop humides, au risque de compacter davantage les couches de sol travaillées.

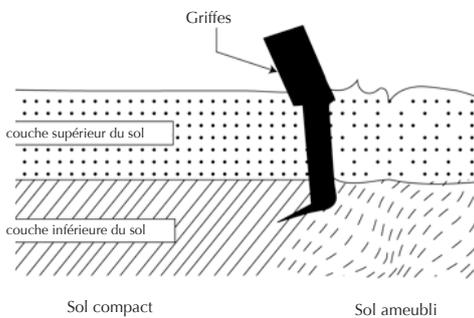


Figure 25 : Décompactage (Schéma de principe)

Avantages

- Accélère la recolonisation à moyen terme
- Efficacité accrue si association avec la pose d'un filet biodégradable
- peut être utilisé en combinaison avec le transfert de sol, litière ou biomasse

Inconvénients

- Risque de favoriser l'installation d'espèces indésirables (rudérales ou invasives)
- Efficacité parfois limitée si non respect de la mise en défens
- Intervention défavorable sur sol trop humide
- Risque d'érosion des sols pentus

RESTAURATION ACTIVE

7 - Pièges à graines

Principe

Des trous, espacés régulièrement les uns des autres sont creusés dans le sol d'un milieu dégradé afin de piéger les graines transportées par le vent. Ces microcavités, abritées et retenant l'humidité, créent des microclimats favorables à l'installation de nouvelles végétations. Elles permettent de piéger les graines, et la végétation s'installe de manière discontinue sur le site.



Pièges à graines

Objectifs

L'objectif de cette méthode est de faciliter l'implantation de la végétation dans les zones les plus exposées. En l'absence de pièges à graines, les graines amenées par le vent sur une zone mise à nu et exposée ont des difficultés à s'implanter, le vent et le ruissellement des eaux empêchant leur maintien.

Efficacité de la méthode

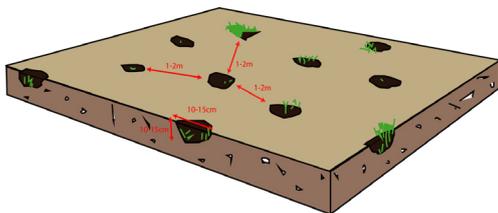
Les effets induits par les pièges à graines sur la restauration des landes sont peu évidents à court terme. Cette méthode favorise la réhabilitation spontanée de la végétation à moyen terme.

Cette technique n'est pas conseillée quand l'objectif est une restauration rapide de la végétation de référence. L'efficacité des pièges à graines dépend de la colonisation spontanée par la végétation et la recolonisation du milieu nécessite quelques années pour se mettre en place.

De plus, si des espèces invasives sont présentes à proximité du site traité, leur dispersion pourra être favorisée par cette nouvelle perturbation du milieu.

Des études à long terme seraient nécessaires pour valider les véritables impacts des pièges à graines.

Le processus de recolonisation est accéléré quand les pièges à graines sont associés à la pose d'un filet biodégradable.



Mise en œuvre (fig. 26)

Les pièges à graines sont des trous de quelques centimètres de diamètre et d'une profondeur de 5 à 10 cm. Les cavités ne doivent pas être trop grandes, de manière à constituer un abri efficace contre le vent. Les pièges à graines doivent être creusés sur toute la surface du milieu à restaurer et ne pas être trop espacés les uns des autres (environ un mètre entre chaque piège), de manière à favoriser l'apparition de nombreuses «taches» de végétation qui finiront par devenir coalescentes.

Figure 26 : Pièges à graines (schéma de principe)

Avantages

- Accélère la recolonisation à moyen terme
- Efficacité accrue si association avec la pose d'un filet biodégradable

Inconvénients

- Risque de favoriser l'installation d'espèces indésirables (rudérales ou invasives)
- Efficacité parfois limitée si la mise en défens n'est pas respectée

GESTION DE L'EAU ET DE L'ÉROSION

Lorsque la végétation est absente ou trop clairsemée et n'assure plus l'absorption des eaux de pluie, les phénomènes d'érosion vont accentuer la dégradation des milieux. Des ravines et des érosions en nappe se forment et entraînent la couche superficielle du sol pouvant provoquer des éboulements de terrain. Cette érosion des sols hypothèque fortement la capacité des milieux à se restaurer. Les différentes techniques présentées précédemment doivent donc souvent être accompagnées de mesures complémentaires pour réduire les phénomènes d'érosion afin d'assurer l'efficacité de la restauration. Les méthodes présentées ici viennent en complément des aménagements hydrauliques généralement mis en oeuvre lors de l'aménagement des chemins.

8 - Comblement de ravines (fig. 27)

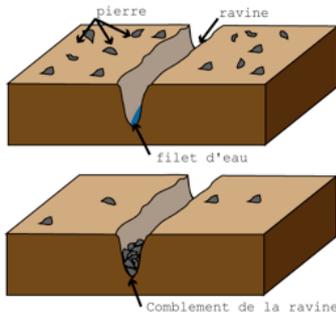


Figure 27 : Comblement de ravines (schéma de principe).



Comblement de ravine

Principe

Le comblement des ravines à l'aide des cailloux trouvés sur le site permet de ralentir la vitesse des eaux et piège les éléments les plus fins du sol.

Objectifs

La technique de comblement de ravines, est utilisée sur les secteurs du littoral Manche-Atlantique, et permet de limiter les effets de l'érosion.

Le comblement des ravines doit se faire avec le matériel minéral présent à proximité.

9 - Fascines (fig. 28)

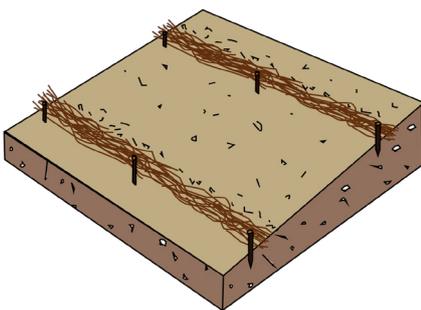


Figure 28 : Fascines (schéma de principe).



Fascines

Principe

La mise en place des fagots (fascines) permet de créer un écran de branchages retenant le sol dans le cas d'érosion en nappe. Les particules fines ruisselant avec l'eau de pluie sont maintenues dans le milieu.

Objectifs

Les fascines sont utilisées sur les sites littoraux, afin de diminuer les effets de l'érosion et du ruissellement. La mise en place de ces aménagements permet de limiter les déplacements des particules de sol vers l'aval.

Mise en œuvre

- Creuser une tranchée de 15 à 30 cm de profondeur et de largeur.
- Planter deux rangées de pieux en bois sur le bord de la tranchée. Les pieux sont enfoncés à une profondeur de 50 cm.
- Disposer des fagots et des branchages dans les tranchées.



Fascines limitant l'érosion, Pointe de Saint-Gildas (44)

BILAN (tab. 3)

La restauration des végétations des hauts de falaises littorales par les techniques les plus actives, comme le transfert de mottes, est très efficace à court terme, mais d'autres méthodes, moins destructrices, telles que le transfert de litière ou de biomasse, conduisent au même résultat en limitant l'impact sur le site donneur. Le transfert de mottes doit être évité sur de vastes superficies, mais a cependant l'avantage d'effacer directement la dégradation paysagère d'un milieu. Cette technique peut être réservée à de petites surfaces, comme pour le comblement d'entrées de chemins.

La mise en place de géotextile améliore efficacement le processus de restauration, notamment lorsqu'elle est combinée à d'autres techniques comme le transfert biomasse, de litière ou la décompaction du sol.

Toutes les techniques de restauration active améliorent et initient le processus de restauration par rapport à une restauration passive. Cependant, l'efficacité à court terme des différentes techniques est réduite par les stress environnementaux induits par l'intensité de l'exposition au vent et aux embruns. Plusieurs techniques ayant prouvé leur efficacité en milieu peu exposé ont peu d'effets en milieu exposé. La situation inverse n'a jamais été observée. Dans tous les cas, la restauration de la végétation est plus lente dans les zones les plus exposées (Tab. 3).

Tableau 3 : Comparaison des méthodes actives et passives.

Type	Techniques	Avantages	Inconvénients	Bilan
Passive	Mise en défens	Coût limité Favorable à l'installation d'une végétation locale et adaptée	Temps de restauration parfois long Efficacité limitée si la dégradation est forte et non maîtrisée Mise en place difficile sur substrat rocheux Acceptation parfois difficile si elle contredit les usages locaux	Méthode à privilégier dans la plupart des cas. La mise en œuvre doit tenir compte des circuits de circulation «spontanés» existant sur le site via la réalisation d'un diagnostic de fréquentation. Doit être mise en place avant que la dégradation ne soit trop forte.
	Par système bas (monofil)	Intégration paysagère, Canalisation efficace des visiteurs	Peut facilement être traversé, marquage symbolique	Méthode de canalisation efficace, globalement bien respectée
	Par systèmes hauts (ganivelles)	Canalisation efficace des visiteurs	Intégration paysagère	Peut être utile pour marquer fortement les aménagements
Active	Pose de filet biodégradable	Facilite la germination Limite l'érosion Disparaît en quelques années	Coût Impact visuel initial plus ou moins fort Efficacité moindre en conditions très exposées Enrichissement du sol?	Méthode potentiellement efficace, en situation de retrait par rapport à la falaise, ou en pente où elle permet de limiter l'érosion. Favorise l'implantation des espèces locales, par piégeage de graines. Protège les plantules du broutage (lapins)
	Transfert de mottes	Impact visuel immédiat	Destruction du site donneur Risque de transfert d'une végétation inadaptée Problème de survie en cas de sécheresse l'année du transfert	À limiter à de petites surfaces, pour marquer notamment la fermeture de chemins, ou revégétaliser rapidement des secteurs très dégradés ou soumis à l'érosion
	Transfert de sol	Efficacité à court terme	Destruction du site donneur	Peut s'envisager lorsqu'un aménagement prévoit la destruction d'une surface donneuse
	Transfert de biomasse ou de litière	Efficacité à moyen terme Non destructrice	Doit être combiné avec la pose de filet pour éviter la dispersion par le vent Mise en place lourde et coûteuse (récolte, transfert...)	Permet d'apporter une source locale de graines et d'orienter la restauration vers le système de référence.
	Décompaction	Accélère la recolonisation	Risque de favoriser l'installation d'espèces indésirables (rudérales ou invasives) Efficacité parfois limitée sans respect de la mise en défend	En combinaison avec la pose de filet, permet une accélération des processus initiaux de recolonisation en cas de sol très fortement compacté.
	Semis (non testé)	Végétalisation rapide Effet couvre sol	Origine géographique des graines (cultivars) Artificialisation du milieu	A éviter en dehors d'aménagements paysagers et privilégier les graines de provenances locales

Références, pour aller plus loin :

SAWTSCHUK J., GALLET S., BIORET F., 2010, Evaluation of the most common engineering methods for maritime cliff-top vegetation restoration, *Ecological Engineering*, 45: p45-53.

HARRIS J.A., HOBBS R.J, HIGGS E., ARONSON J., 2006, Ecological restoration and global climate change, *Restoration Ecology*, 14 : 170-176



SUIVIS ET ÉVALUATION

La mise en place de suivis botaniques, paysagers et cartographiques est essentielle pour l'appréciation du succès des opérations de restauration. Les suivis permettent de caractériser l'évolution des végétations et d'évaluer les opérations de restauration, de détecter l'apparition éventuelle d'espèces invasives, et d'apprécier les évolutions souhaitées ou imprévues du milieu.

Le suivi doit comporter une part de reproductibilité afin de pouvoir se développer sur plusieurs années. C'est pourquoi il est impératif de définir un dispositif de suivis compréhensible et reproductible par les gestionnaires. Il n'est néanmoins pas toujours nécessaire d'adopter une méthode de suivi trop complexe impliquant la mise en place de dispositif contraignants alliant de multiples analyses écologiques, physico-chimiques, voire génétiques.

Les méthodes de suivis sont présentées sous forme de fiches synthétiques. Chaque fiche présente le principe, les objectifs et les techniques de mise en œuvre de la méthode et analyse l'efficacité, les avantages et les inconvénients.

Trois types complémentaires de suivis permettent de suivre l'évolution de la végétation dans sa globalité.

Suivis botaniques

- Méthode des points contacts
- Méthode des quadrats
- Relevés phytosociologiques

Suivis paysagers

- Indices paysagers de restauration
- Suivis photographiques

Suivis cartographiques

- Cartographie de la végétation
- Cartographie simplifiée

L'évaluation du programme de restauration après quelques années permet d'observer l'évolution du site par rapport aux objectifs fixés lors de la mise en place du programme. Le but de l'évaluation est d'analyser si les objectifs ont été atteints ou non et pourquoi. Cette évaluation peut permettre de réorienter certaines opérations ou de modifier la gestion du site, de manière à atteindre totalement les objectifs. Elle peut également servir de support de communication vers les acteurs du territoire, les visiteurs et les autres gestionnaires d'espaces naturels.

L'expérience des précédentes opérations démontre une véritable lacune dans la prise en compte des suivis dans la réalisation des projets de restauration. Il est rare de voir apparaître les suivis ou l'évaluation dans les lignes budgétaires des financements des opérations.

Cela est peut-être dû au fait qu'il n'existe pas réellement de méthodologie standardisée permettant une évaluation globale des opérations. Il est vrai qu'une analyse complète serait difficilement mise en place sur de grands territoires, notamment à cause du coût qu'elle engendrerait et des besoins de mobilisation de connaissances scientifiques. Les modalités de suivi et d'évaluation devraient être définies en amont, dès la définition du projet de restauration.



SUIVIS BOTANIQUES

Dans le cas d'opérations de restauration des milieux, les relevés botaniques (quadrats, points contacts...) permettent de collecter une information précise sur la composition floristique, sa répartition sur le site et de connaître l'évolution des végétations. Ils demeurent ponctuels et nécessitent des compétences botaniques et les informations qu'ils apportent ne sont généralement pas directement interprétables pour les gestionnaires.

Les méthodes de suivi botanique permettent d'analyser précisément des zones plutôt restreintes mais ne permettent pas de connaître l'évolution du couvert végétal sur l'ensemble du site. La fiabilité des résultats est dépendante des compétences de l'opérateur. La réalisation de ces suivis demande des moyens humains (botaniste) et du temps. Ils sont rarement réalisés annuellement.

Les méthodes classiques d'analyse botanique s'attachent soit à caractériser un milieu homogène, soit à observer l'organisation spatiale des milieux. Pour l'étude des milieux homogènes, trois grands types de méthodes sont généralement utilisées :

- 1• lignes permanentes de points contacts : observation de la végétation par contact avec une ligne de cent points équidistants.
- 2• quadrats : observation de la flore dans une surface prédéfinie, et de façon répétée.
- 3• relevés phytosociologiques: attribution d'un coefficient d'abondance-dominance à chaque espèce présente sur la surface d'étude correspondant à une aire homogène de végétation, complétée par la caractérisation des facteurs écologiques.



Analyse floristique par la méthode des quadrats (Cap Fréhel, 22)

1 - Méthode des points contacts (ligne permanente)

Principe

Cette méthode est fondée sur un ensemble d'observations ponctuelles réalisées le long d'une ligne de 5 ou 10 m. À l'aide d'une aiguille, les observations s'effectuent tous les 10 cm pour une ligne de 10m et tous les 5 cm pour une ligne de 5 m (soit un total de 100 observations).

Seules les espèces en contact avec l'aiguille sont relevées.

Les relevés sont effectués en «présence/absence» ou en «nombre de contacts».

Une autre méthode, plus complète mais plus fastidieuse, consiste à utiliser un système de strates espacées verticalement de 10 ou 20 cm. Pour chaque strate, les espèces en contact avec la ligne sont notées. (fig. 29).

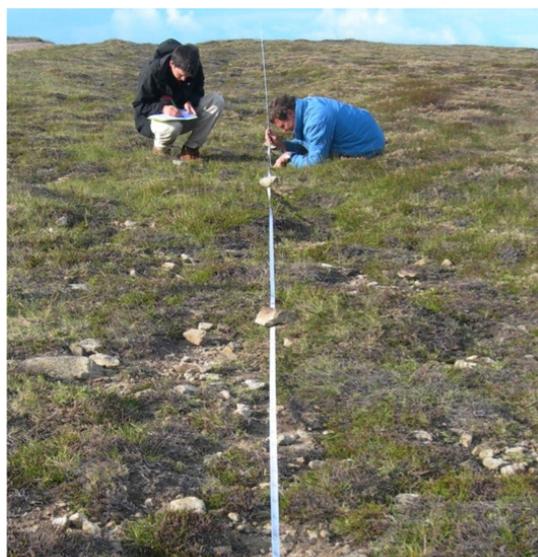
L'expression des données se traduit par:

- La fréquence, représentée par le nombre de présences par rapport au nombre de points de lecture ;
- La fréquence relative ou la contribution spécifique de présence (CSP) représentée par la fréquence de présence de l'espèce par rapport à la somme des fréquences ;
- La contribution spécifique des contacts (CSC), représenté par le nombre de contacts par rapport à la somme des contacts.

Les lignes peuvent être matérialisées de façon permanente (piquets métalliques), pour des lectures répétées dans le temps.

Efficacité de la méthode

Cette méthode permet une observation fine de l'évolution de la végétation si le dispositif est matérialisé précisément et reproduit dans le temps. Elle permet notamment d'observer l'évolution du couvert des espèces principales et structurantes ; les espèces rares sont en revanche sous-estimées voire ignorées.



Analyse floristique par la méthode des points contacts



Aiguille de contact d'une ligne permanente

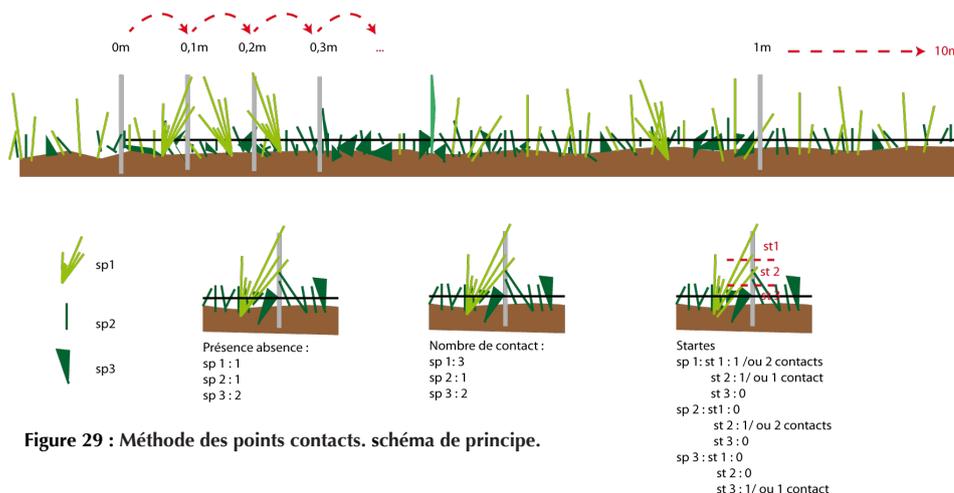


Figure 29 : Méthode des points contacts. schéma de principe.

Avantages

- Analyse précise de l'évolution du couvert végétal

Inconvénients

- Nécessite une bonne connaissance botanique
- Appropriation difficile des résultats par les gestionnaires
- Analyses ponctuelles dont les résultats ne sont pas directement transposables

2 - Méthode des quadrats

Principe (fig. 30)

La méthode se fonde sur l'observation de surfaces définies, limitées et répétées au sein de la zone d'étude. Le nombre de répétitions varie selon la taille de la zone d'étude et son hétérogénéité. Au moins 3 à 5 quadrats doivent être réalisés pour chaque type de végétation ou zone à caractériser.

L'observation se fait généralement à l'aide de cadres carrés de 1 m par 1 m ou de 50 cm par 50 cm. D'autres formes peuvent être utilisées. Les dispositifs de lecture peuvent soit être placés de manière aléatoire sur le milieu à étudier, soit être matérialisés pour la réalisation de suivis répétés. Cette localisation permanente s'applique notamment pour le suivi d'espaces à forts enjeux (ex: suivis de chemin en cours de restauration)

Dans chaque relevé, le pourcentage de recouvrement de chaque espace est évalué visuellement. Celui-ci correspond au rapport entre la surface projetée de l'espèce au sol et la surface de relevé. Le recouvrement total de la végétation est également estimé, ainsi, éventuellement, que celui des différentes strates présentes.

Une moyenne des observations permet de caractériser le pourcentage de recouvrement total et la répartition des espèces.

Efficacité de la méthode

Les relevés par quadrats permettent d'analyser le recouvrement de la végétation, le pourcentage de sol nu et la diversité spécifique des milieux. Ils permettent de rendre compte de l'état de conservation ou de dégradation des milieux.

Les méthodes des quadrats et de la ligne permanente permettent une exploitation scientifique différente des données concernant la végétation mais les diagnostics qui en découlent sont identiques.

La réalisation de tels relevés nécessite des connaissances en botanique et les résultats sont difficilement directement interprétables pour des personnes non expertes.



Analyse floristique par la méthode des quadrats

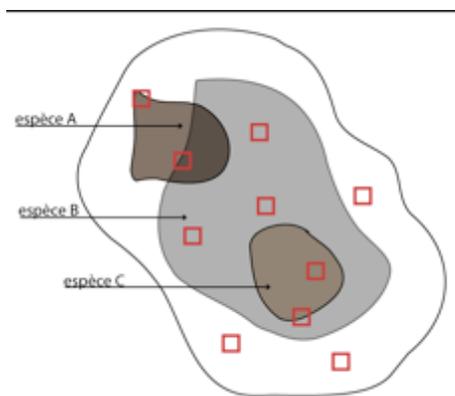


Figure 30 : Méthode des quadrats, schéma de principe,

Avantages

- Analyses précises et exhaustives de la composition floristique
- Prise en compte de l'hétérogénéité spatiale
- Évaluation de l'état de conservation

Inconvénients

- Connaissances en botanique
- Appropriation difficile des résultats par les gestionnaires
- Analyses ponctuelles non transposables

3. Relevés phytosociologiques

Principe

Identification des végétations présentes dans chaque milieu et rattachement à la synsystématique phytosociologique.

Objectif

L'objectif est de caractériser la végétation, sur la base d'un relevé floristico-écologique.

Méthode :

Ces relevés sont réalisés sur des zones homogènes d'un point de vue physiologique, floristique et écologique.

Au sein de chaque zone homogène, le relevé doit s'effectuer sur une aire minimale estimée en fonction du type de milieu à étudier (tab. 4). Un coefficient d'abondance-dominance (traduisant le pourcentage de recouvrement) est attribué à chaque espèce présente (tab. 5).

Les relevés peuvent être complétés par un recouvrement total de la végétation (par rapport au pourcentage de sol nu), la hauteur de végétation et le recouvrement des différentes strates de végétation (tab. 6).

Efficacité de la méthode :

Les relevés phytosociologiques permettent de comprendre le fonctionnement et la dynamique de la végétation. Ils ne s'attachent pas à l'analyse des espèces présentes mais à l'étude des associations végétales. La réalisation de tels relevés nécessite des connaissances en botanique et les résultats sont difficilement interprétables pour des personnes non expertes.

Tableau 4 : Aire minimale moyenne des relevés selon le milieu étudié

Pelouse rase	1 à 2 m ²
Pelouse aérohaline	5 à 10 m ² .
Lande	50 m ²

Tableau 5 : Coefficient d'abondance-dominance

r	espèce rare
+	espèce faiblement représentée avec un recouvrement <1%
1	espèce faiblement représentée avec un recouvrement compris entre 1 et 5%
2	espèce ayant un recouvrement entre 5 et 25%
3	espèce ayant un recouvrement entre 25 et 50%
4	espèce ayant un recouvrement entre 50 et 75%
5	espèce ayant un recouvrement entre 75 et 100%

Tableau 6 : Relevés phytosociologiques sur pelouses rases annuelles (Sawtschuk, 2010).

	Numéro de relevé												
	159	160	161	162	163	164	165	166	168	169			
Site	EF	SIZ	EF	EF	EF	GRX	GRX	EF	CRZ	CRZ			
Station	Fr	Van	Fr	Fr	Fr	PE	PE	Fr	PH	PH			
Nb sp	23	19	12	11	17	8	6	7	10	11			
H vég	15	10	5	3	4	3	1	4	2	2			
Roche	0	20	5	10	10	0	0	10	0	0			
Rec vég	99	50	90	75	60	60	65	50	60	80			
Niveau de dégradation	3	3	3	4									
Pelouses rases à dominance d'annuelles sur sol superficiel	<i>Vulpia bromoides</i>	3	2	+	+	+	1	1					
	<i>Aira praecox</i>	+	+	5	2	2			1				
	<i>Radiola linoides</i>	+	+	1	4	2			1				
	<i>Sedum anglicum</i>	+	1	+	+	1			1				
	<i>Jasione crispa</i>	+	1	+	+					+			
	<i>Hypochaeris glabra</i>	+		+									
	<i>Cicendia filiformis</i>		+			r					+		
	<i>Ornithopus perpusillus</i>	2											
	<i>Aira caryophyllea</i>	1	+										
	<i>Filago minima</i>	1											
	<i>Rumex acetosella</i>	1											
	<i>Juncus capitatus</i>					1							
	<i>Chamaemellum nobile</i>									1	2		
	<i>Poa sp.</i>					+					2		
	<i>Sagina procumbens</i>										+		
	<i>Sagina subulata</i>					+							
	<i>Moenchia erecta</i>					+							
	<i>Anthoxanthum aristatum</i>					+							
	<i>Centaureum erythraea</i>					+		+					
	Landes litt. et landes herb.	<i>Ulex europaeus</i> var. <i>maritimus</i>	+	2									
<i>Erica cinerea</i>		1	2	+	+	i							
<i>Agrostis capillaris</i>		1	+			+							
<i>Festuca huonii</i>		+											
<i>Danthonia decumbens</i>											+		
<i>Centaurea gr. nigra</i>											+		

Avantages

- Analyse précise, exhaustives et transposables
- Possibilité de relier la végétation à la synsystématique phytosociologique

Inconvénients

- Connaissances en botanique et phytosociologie
- Appropriation difficile des résultats par les gestionnaires

Pour en savoir plus :

GÉHU J.-M., 1986 - Des complexes de groupements végétaux à la phytosociologie paysagère contemporaine. Inf. Bot. Ital. 18(1-2-3) : 53-83.

GÉHU J.-M., 2006, Dictionnaire de sociologie et synécologie végétales. Amicale francophone de phytosociologie Fédération Internationale de Phytosociologie. Berlin Stuttgart : J. Cramer. 899p.

GÉHU J.-M. & RIVAS-MARTINEZ, 1981 - Notions fondamentales de phytosociologie. in Dierschke H. (ed.) : Syntaxonomie. Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde (Rinteln, 1980) : 5-33, Ed. J. Cramer, Vaduz.

SUIVIS PAYSAGERS

4 . Méthode des indices paysagers de dégradation

Principe

Les transformations du tapis végétal dûes à la fréquentation ne sont pas réparties spatialement de manière homogène. Elles dépendent notamment de la sensibilité de la végétation originelle, de la nature du substrat, du type et du degré de fréquentation. La conséquence est que les communautés végétales primaires et secondaires se répartissent le plus souvent en mosaïque. L'évaluation de l'état d'altération des communautés végétales peut se faire en utilisant une échelle de dégénération de la végétation, pouvant également servir de base à des travaux cartographiques.

Objectifs

L'objectif de cette méthode est une évaluation globale de la dégradation ou de la conservation des habitats naturels et semi-naturels à l'échelle d'un territoire à partir d'un diagnostic paysager analysant l'état de dégénération de la végétation.

Méthode

La méthode, mise au point par Bioret *et al.* (1991), est fondée sur l'approche géosymphytosociologique (Géhu, 1979, 1991) et sur la méthode d'évaluation de l'artificialisation des paysages (Géhu J.-M. & J. 1981a, 1981b ; Géhu *et al.* 1984). L'objet d'étude est le géosigmetum, qui correspond à un territoire géomorphologiquement homogène. Le principe consiste à réaliser un synrelevé rassemblant l'ensemble des associations végétales (syntaxons) présentes sur le site, en distinguant les différents états de dégradation. La zone d'étude est subdivisée en tronçons ou secteurs, géomorphologiquement homogènes, correspondant à autant de géosigmeta.

Sont prises en compte les végétations naturelles et semi-naturelles littorales qui s'organisent selon un gradient d'éloignement de la mer et de profondeur de sols : elles correspondent aux végétations des fissures des rochers, des pelouses aérohalines des landes et des fourrés littoraux.

Pour chaque syntaxon, les informations suivantes sont relevées :

1. Forme spatiale

En suivant Géhu (1981), les symboles suivants ont été retenus :

. ponctuelle, / linéaire, 0 frange, o petit spatial, O grand spatial, ... mosaïque

2. Coefficient d'abondance : CAD

Il correspond au coefficient de Braun-Blanquet, et varie de 5 à r (tableau 7).

3. Coefficient d'occupation spatiale : COS

Le coefficient d'occupation spatiale (COS), est transcrit à partir du coefficient d'abondance-dominance, selon une progression géométrique de raison $r = 2$ définie par Géhu (1981) (Tableau 7).

4. Stade de dégradation

Une échelle de dégradation a été mise au point (tableau 8); elle permet d'identifier 7 stades (de 1 à 7).

5. Coefficient de dégradation : CD

Le coefficient de dégradation, proportionnel à l'échelle de dégradation, varie de de 1 à 64 (Tableau 9).

6. Expression spatiale de la dégradation : ESD

L'expression spatiale de la dégradation (ESD) correspond au produit du coefficient d'occupation spatiale et du coefficient de dégradation.

$$ESD = COS \times CD$$

À l'échelle de chaque geosigmetum étudié, l'ensemble des informations collectées permet de définir un indice paysager de dégradation (IPD) : il correspond à la somme des expressions spatiales de dégradation de l'ensemble des syntaxons : $IPD = \sum ESD$. Cet indice paysager peut être calculé pour l'ensemble des végétations (indice paysager global IPG), ou calculé séparément pour les végétations non dégradées (IPND) et les végétations dégradées (IPD).

Tableau 7 : Valeurs du coefficient d'occupation spatiale (COS) en fonction du coefficient d'abondance-dominance.

CAD (échelle de Braun-Blanquet)	R	+	1	2	3	4	5
COS	0,5	1	2	4	8	16	32

Tableau 8 : Échelle de dégradation (d'après Bioret *et al.* 1991).

	stade de dégénération	structure de la végétation	cortège floristique	recouvrement
1	groupement initial	tapis végétal originel, fermé	espèces du groupement originel	100 % (peut être inférieur dans le cas des pelouses écorchées)
2	faciès de superposition	voile de superposition, sans déstructuration du tapis végétal originel	espèces du groupement originel + espèces nitrophytes	100 %
3	groupement déstructuré ou groupement de substitution	structure en mosaïque, avec apparition de lésions ou microclairières de sol nu ou colonisées par un groupement secondaire (substitution)	espèces du groupement originel + espèces du groupement secondaire	50 à 80% 50 à 100% pour le groupement de substitution
4	groupement fragmenté	îlots de végétation résiduelle	espèces du groupement originel + espèces du groupement secondaire	20 à 50%
5	groupement éclaté	individus isolés	espèces du groupement originel + espèces du groupement secondaire	5 à 20%
6	sol nu	Absence	néant	0%
7	roche mère nue	Absence	néant	0%

Tableau 9 : Valeurs de coefficient de dégradation, en fonction de l'échelle de dégénération, d'abondance-dominance.

stade de dégénération	1	2	3	4	5	6	7
CD (coefficient de dégradation)	1	2	4	8	16	32	64

Analyse des résultats

L'analyse de l'évolution des indices paysagers des végétations non dégradées (IPND) et des indices paysagers de dégradation (IPD) pour chaque geosigmetum permet d'appréhender l'évolution de la dégradation ou de la restauration du tapis végétal. L'analyse comparée de l'évolution des geosigmeta permet d'appréhender l'évolution globale de l'ensemble du site.

Exemple : indices paysager de restauration de la végétation de la côte sauvage de l'île de Groix, de la pointe de l'Enfer à la pointe de Pen-Men :

À l'échelle de l'ensemble du site d'étude, l'indice paysager des végétations non dégradées (IPND) (fig. 31) augmente progressivement entre 1989 et 2008 sur 7 secteurs. Pour 5 autres secteurs, l'indice a chuté entre 1989 et 2000, puis augmente à nouveau en 2008. Seul le secteur 2 montre une diminution constante de l'indice entre 1989 et 2008. Pour les végétations dégradées, l'évolution de l'indice paysager de dégradation (IPD) varie fortement entre 1989 et 2000 d'un secteur à l'autre (Figure 32) : 5 secteurs montrent une diminution constante de l'indice. Sur 5 autres secteurs, l'indice augmente entre 1989 et 2000, puis diminue entre 2000 et 2008. Seul le secteur 2 montre une augmentation constante de l'indice.

Sur un secteur, l'indice est stable ; sur un autre, l'indice diminue entre 1989 et 2000 puis augmente entre 2000 et 2008.

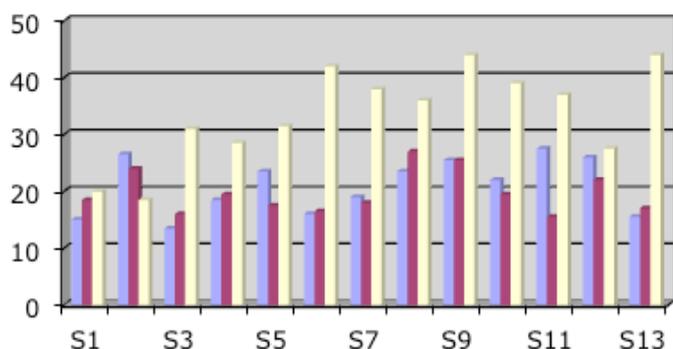


Figure 31 : Variations de l'indice paysager des végétations non dégradées de 1989 à 2008 de la côte sauvage de l'île de Groix

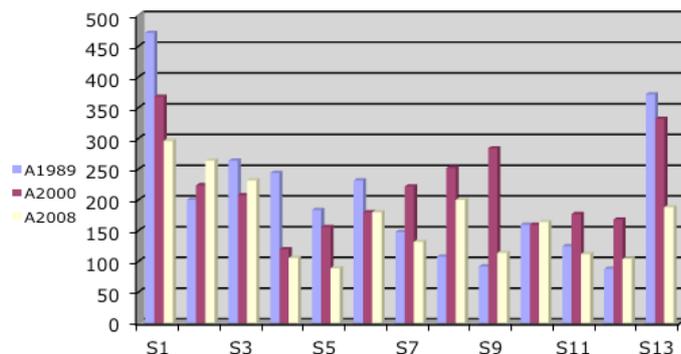


Figure 32 : Variations de l'indice paysager des végétations dégradées de 1989 à 2008 de la côte sauvage de l'île de Groix

À l'échelle des 13 sites étudiés, si l'on calcule un indice de dégradation moyen, on observe qu'il diminue entre 1989 et 2008 (fig. 33). Parallèlement, l'indice calculé pour les végétations non dégradées (IPND) augmente de 1989 à 2008.

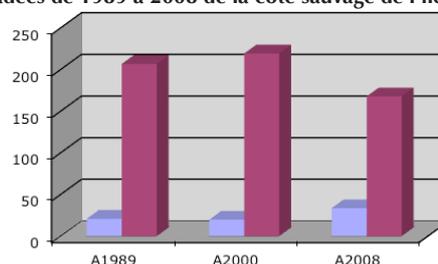


Figure 33 : Indice de dégradation moyen de la végétation de la côte sauvage de Groix

Efficacité de la méthode :

Cette méthode nécessite une bonne connaissance préalable botanique et phytosociologique de la zone d'étude, permettant de réaliser les géosynrelevés exhaustifs.

Elle apparaît comme complémentaire des méthodes d'analyse fine de la végétation (points-contacts, quadrats permanents). Fiable et facilement reproductible dans le temps et dans l'espace, elle permet de caractériser la richesse phytocoenotique et l'importance de la dégradation d'un site, notamment dans le cadre d'une analyse diachronique.

En écologie de la restauration, cette méthode permet une évaluation globale des opérations de restauration, à l'échelle des sites. Couplée à des applications cartographiques via un système d'information géographique, des états de surfaces de chaque stade de dégradation peuvent être calculés et comparés d'un site à l'autre, ou au sein d'un même site, à des périodes différentes.

Pour chaque site, les résultats de l'analyse du diagnostic paysager doivent être mis en parallèle avec les opérations de gestion ou de restauration mises en œuvre.

Cette méthode peut servir de base à une cartographie de la végétation

Avantages

- Analyse et suivis précis des dynamiques sur l'ensemble d'un site
- Méthode facilement reproductible
- Exploitation cartographique

Inconvénients

- Connaissances préalables en botanique et en phytosociologie

SUIVIS PAYSAGERS

5. Suivi photographique

Principe

Le suivi photographique consiste à prendre des photographies d'un même point de vue sur des zones dégradées, à plusieurs années d'intervalle.

Objectifs

Le suivi photographique est mis en place pour observer l'évolution paysagère de la restauration sur un site dégradé.

Efficacité de la méthode

Il permet de mettre en évidence, parfois de manière spectaculaire, la recolonisation par la végétation des zones dégradées. Il a un rôle médiatique important auprès du public et des acteurs du territoire pour communiquer sur l'efficacité ou les limites des mesures de gestion. Le suivi photographique est la méthode la plus utilisée pour le suivi des opérations de restauration écologique.

Cependant, les photographies renseignent peu sur la composition floristique et ne permettent pas d'évaluer précisément vers quel type de milieu s'oriente la zone en recolonisation.



Suivis photographiques de deux secteurs entre 2003 et 2005, Côte sauvage de Landunvez (29) source : CCPI

Avantages

- Très pédagogique
- Facilité et rapidité de mise en oeuvre
- Peu coûteux

Inconvénients

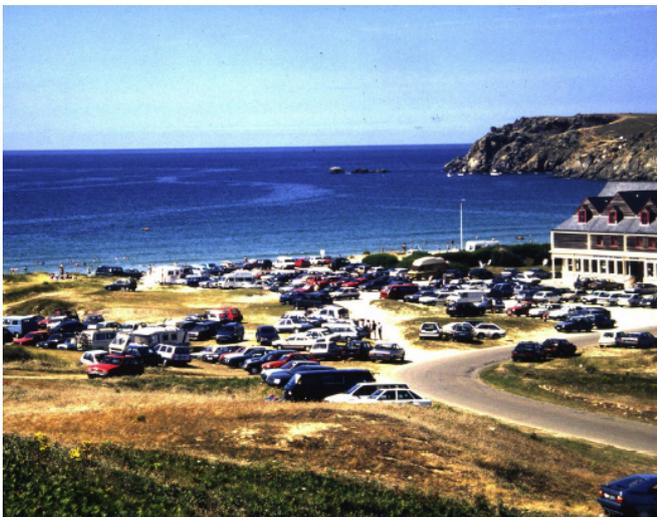
- Peu de renseignements exploitables sur l'état de la flore et de la végétation
- Nécessité de bien cadrer les prises de vue
- Variations de l'aspect de la végétation en fonction des conditions climatiques.



La pointe du Raz en 1994 du sémaphore vers l'ouest



La pointe du Raz en 2004 du sémaphore vers l'ouest



La Baie des Irépassés en 1991 du sud vers le nord-ouest



La Baie des Trépassés en 2004 du sud vers le nord-ouest



La pointe du Raz vue du sémaphore en 1995, de l'ouest vers l'est ; en arrière plan, les habitats de prairie mésophile



La pointe du Raz vue du sémaphore en 2005 de l'ouest vers l'est ; en arrière plan, les habitats de lande haute
(crédits photographiques : Syndicat mixte de la Pointe du Raz)

SUIVIS CARTOGRAPHIQUES

6 - Cartographie des habitats Natura 2000 (MNHN, 2006)

Principe

Cette méthode s'attache à identifier et à cartographier les habitats naturels et semi-naturels du site.

Objectifs

Appréhender et spatialiser la biodiversité et les enjeux patrimoniaux d'un site et préconiser des mesures de gestion adaptées.

Enrichir les connaissances et le suivis des habitats et des espèces d'intérêt communautaire à l'échelle nationale.

Méthode

Le travail de cartographie des habitats s'organise en quatre phases

- 1 – Caractérisation des habitats ;
- 2 – Prospections et la cartographie ;
- 3 – Traitement informatique des données ;
- 4 – Restitution des données.

Description des habitats (relevés de terrains).

La caractérisation et l'identification concernent l'ensemble des milieux naturels et semi-naturels (d'intérêt communautaire ou non), ainsi que les espèces végétales d'intérêt communautaire, présents dans la zone d'étude. Elle s'appuie la prospection de terrain pouvant être orientée à partir des données bibliographiques, en particulier locales et régionales.

Cette méthode, ayant pour objectif une description et une localisation fine des habitats et des espèces, est fondée sur la phytosociologie sigmatiste (méthode des relevés phytosociologiques décrite dans la fiche « suivis botaniques »).

Les niveaux de précision attendus sont explicités dans le tableau 10. Dans tous les cas, les champs suivants doivent être précisés dans les tables attributaires : alliance, code CORINE Biotopes, code Natura 2000 (Eur 28) , Cahiers d'habitats, EUNIS (tan. 11).

Tableau 10 : Typologie de référence et niveau de précision (MNHN, 2006).

Habitats d'intérêt communautaire	Classification phytosociologique sigmatiste. Rang de l'association si possible ou à défaut rang de l'alliance avec précision au rang de l'habitat élémentaire tel que décrit dans les Cahiers d'habitats.
Autres habitats	Classification phytosociologique sigmatiste. Rang de l'alliance.

Tableau 11 : Exemple d'un type de communauté caractérisée au niveau de l'association végétale.

Code de l'alliance (Prodrome)	9.0.2.0.3
Nom de l'alliance	<i>Sileno maritimae-Festucion pruinosae</i> Géhu 2004
Nom français de l'alliance	Pelouse aérohaline
Nom de l'association	<i>Spergulario rupicolae-Silenetum maritimi</i>
Nom français de l'association	Association à Spergulaire des rochers et Silène maritime
Code Cahiers d'habitats	1230-3
Intitulé Cahiers d'habitats	Pelouses aérohalines sur falaises cristallines et marmo-calcaires
Code CORINE Biotope	18-21

Les opérateurs doivent réaliser au minimum 3 relevés par communauté végétale rencontrée. Le nombre de relevés sera d'autant plus élevé que la communauté végétale est répandue sur le site, afin d'améliorer la caractérisation du type et d'apprécier sa variabilité.

Si des relevés floristiques (quadrat, ligne permanente, voir fiche « suivis botaniques ») sont réalisés en complément des relevés phytosociologiques, ils doivent être localisés, et effectués sur des zones homogènes, et leurs informations intégrées dans la table correspondante.

Support cartographique

Le support cartographique à privilégier pour les prospections de terrain et la numérisation des données est l'orthophotographie numérique de l'IGN (BD Ortho®). D'autres supports existent et peuvent être utilisés en complément, tels que la BD Topo® ou le Scan25® de l'IGN.

Cartographie et traitement informatique des données.

L'ensemble des habitats doit être cartographié, qu'ils soient d'intérêt communautaire ou non.

Sur le terrain, chaque type de communauté végétale est représenté par un polygone. En plus de la caractérisation des habitats, les informations listées dans le tableau 12 doivent être enregistrées pour chaque polygone.

Les données de terrain ainsi collectées sont intégrées dans une base d'informations géographiques, qui en assurent une visualisation et une utilisation aisées.

Tableau 12: Informations complémentaires à renseigner pour chaque communauté végétale

Facteurs de dégradation	ex : piétinement, déchet...
Gestion et restauration actuelle	ex : mise en défens, gestion par le pâturage...
État de conservation	évaluation globale visuelle
Intérêt patrimonial	ex : présence d'espèces à forte valeur patrimoniale

Efficacité de la méthode

Une cartographie des habitats permet un état des lieux qui se veut exhaustif, inventariant et localisant les associations végétales et leur état de dégradation. Cette analyse fournit de nombreuses informations, précises et fiables, sur l'état de la végétation et le fonctionnement des milieux.

Système d'Information Géographique (SIG)

Les SIG sont des outils informatiques qui permettent de manipuler des données géoréférencées.

Les quatre fonctionnalités de base d'un SIG sont :

- 1 - la saisie (numérisation) des données ;
- 2 - le stockage (bases de données graphiques et attributaires) ;
- 3 - l'analyse (requêtes, modélisations, simulations) ;
- 4 - la sortie (production de cartes, tableaux et graphiques, exportation et transfert de fichiers).

L'objectif de la saisie et de la mise en forme des données est de constituer une base de données géoréférencées, organisée de la manière la plus efficace possible et à partir de laquelle des informations vont pouvoir être extraites par des procédures d'analyse.

Avantages

- Exhaustivité en terme d'habitat
- Base de données perfectible

Inconvénients

- Nécessite de connaissances approfondies en botanique et phytosociologie
- Fiabilité liée à l'opérateur

Pour en savoir plus :

BARDAT J., BIORET F., BOTINEAU M., BOULLET V., DELPECH R., GÉHU J.-M., HAURY J., LACOSTE A., RAMEAU J.-C., ROYER J.-M., ROUX G. & TOUFFET J., 2004 - Prodrome des végétations de France. Collection Patrimoines naturels, 61, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 171 p

MNHN, 2006. Cartographie des habitats naturels et des espèces végétales appliquée aux sites terrestres du réseau Natura 2000: guide méthodologique, UMS 2699. 66p.

Déclinaison des classes du Prodrome des végétations de France (PVF2) (depuis 2009) : téléchargeables sur le site Internet de la Société française de Phytosociologie : www.phytosocio.org

SUIVIS CARTOGRAPHIQUES

7 - Méthode de cartographie simplifiée (Gallet *et al.*, 2009 ; Loncle, 2009)

Principe

Cette méthode consiste à décrire et cartographier de manière simple l'état des milieux naturels du site d'étude. L'analyse permet d'une part une vision globale de l'état du site et d'autre part de comprendre les dynamiques observées par l'analyse croisée des données.

Objectifs

L'étude cartographique doit permettre de décrire la zone d'étude, et d'analyser l'état et l'évolution globale du couvert végétal et des sols, et d'identifier les secteurs les plus exposés aux dégradations. Seules les espèces dominantes sont relevées, de manière à simplifier l'analyse botanique, et de concentrer le suivi sur le couvert végétal, notamment sur les secteurs les plus dégradés.

Méthode

Le site cartographié est découpé sur la base de secteurs homogènes. Cette homogénéité doit concerner l'ensemble des attributs observés.

Les paramètres relevés sont de deux ordres. La première catégorie concerne la description du milieu concerné : Type de végétation, substrat, pente, aménagement. La seconde catégorie vise à caractériser l'état de conservation (ou de dégradation) de ce milieu : hauteur de végétation, sol nu, érosion.

Pour la plupart des paramètres les descripteurs retenus correspondent à des classes de valeurs ou peuvent être codés.

Lors des relevés de terrain, chaque entité est délimitée généralement à partir de photographies aériennes de haute définition (généralement orthophotographie) et décrite dans une fiche terrain. Selon la taille et l'hétérogénéité du site, les levés se font entre le 1:1000 et le 1:2000. Ces informations sont ensuite transférées dans un SIG qui permet de croiser et d'exploiter les données récoltées.

Les étapes de travail successives sont présentées par la figure 34, et les paramètres descriptifs à sont présentés dans le tableau 13.

Cartographie des chemins

Les chemins dont la largeur est de plusieurs mètres sont facilement repérables et cartographiables et peuvent être caractérisés selon la méthode précédemment décrite. Des sentes parfois inférieures à un mètre de largeur sont plus difficilement délimitées.

Afin de rendre compte des surfaces dégradées ou en restauration, il est souhaitable de numériser autant que possible la totalité des zones en entités surfaciques. Cependant, pour rendre compte plus précisément de l'ensemble du réseau de chemin, en particulier lorsqu'une opération d'organisation des cheminements est programmée (fermeture, aménagement, éventuellement création), la numérisation des chemins étroits en entités linéaires est recommandée. Les paramètres décrits des le tableau 14 peuvent être utilisés afin de caractériser chaque chemin.

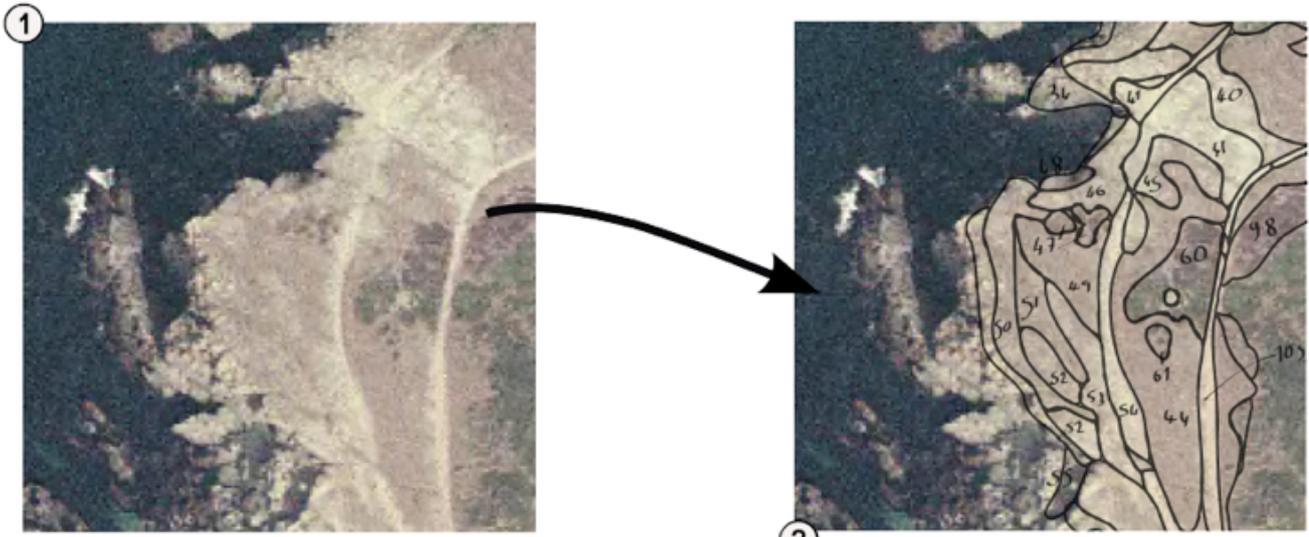
Lorsqu'un chemin est fermé depuis plusieurs années, il peut être difficile d'apprécier si son tracé mérite encore d'être cartographié. Il est possible de considérer une sente fermée lorsque la végétation de chaque bord devient coalescentes.

Tableau 13 : Paramètres descriptifs à relever pour les relevés de cartographie simplifiée

Paramètres	À relever	Remarques
Type d'aménagement	<i>mono</i> : mono-fil <i>bif</i> : bi-fils <i>ganiH</i> : ganivelle haute <i>ganiB</i> : ganivelle basse <i>jute</i> : filet de jute <i>coco</i> : filet coco <i>dec</i> : décompactage <i>tr</i> : treillage <i>autre</i> : préciser	Une cartographie précise des aménagements et actions de restauration doit être réalisée et actualisée sur chaque site en parallèle de leur mise en place. Si cette cartographie n'a pas été réalisée, il est d'autant plus important de noter cette information lors de cette cartographie d'évaluation.
Pente	0 : plat (0%) I : faible (>0 à 5%) II : moyen (>5 à 15%) III : forte (> 15%)	
Substrat	Rk : ranker PS : placage sableux DP : dune perchée Sorg : sol organique et arène	Accompagner de profils pédologiques
Érosion hydrique	0 : pas d'érosion apparente I : érosion en nappe II : rigoles, ébauche ravines III : ravines marquées IV : forte érosion	
Sol nu et affleurement	0 : pas de sol nu I : 1 à 10% II : 10 à 50% III : >50%	Intégrer à la proportion de sol nu, les affleurements, pierres et cailloutis visiblement issus de la dégradation par la fréquentation (les affleurements dus aux conditions stationnelles ne sont donc pas inclus, ex bordures de falaises)
Hauteur de la végétation	0 : pas de végétation I : <10 cm II : 10 à 30 cm III : >30 cm	
Habitat	PH : pelouse hyperhalophiles PE : pelouse écorchée PA : pelouse aérohaline LR : lande rase LM : lande moyenne PA/LR : mosaïque (ex) Autres : préciser	cf. descriptions des habitats dans les chapitres précédents et ressources complémentaires (cahiers d'habitats)
Espèces à forte valeur patrimoniale et espèces invasives	Préciser la localisation de quelques espèces qui pour le site sont patrimoniales, intéressantes ou problématiques (invasives avérées ou potentielles...)	Solliciter un avis extérieur pour établir (ou pour faire valider) la liste des espèces à prendre en compte

Tableau 14 : Paramètres et classes de description des chemins.

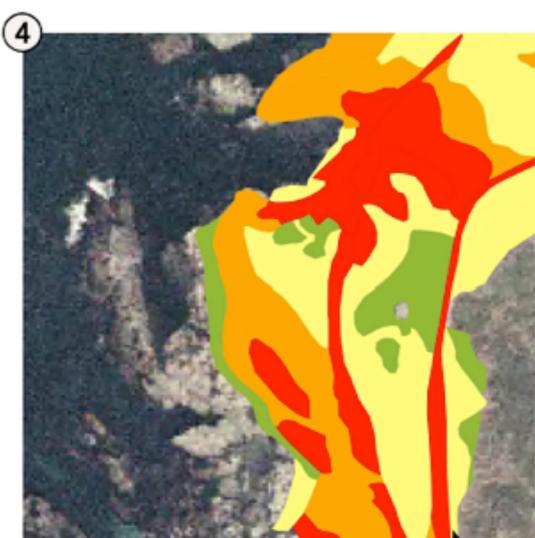
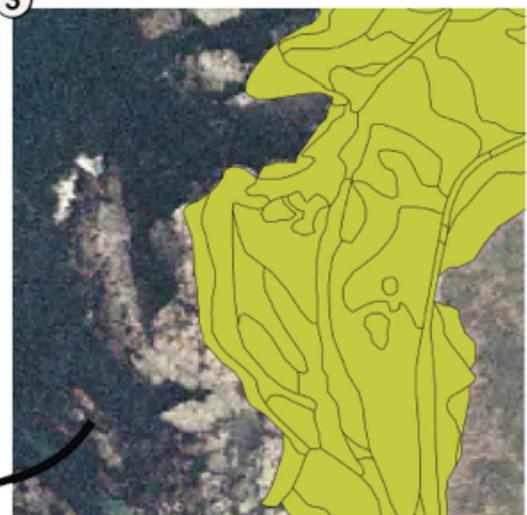
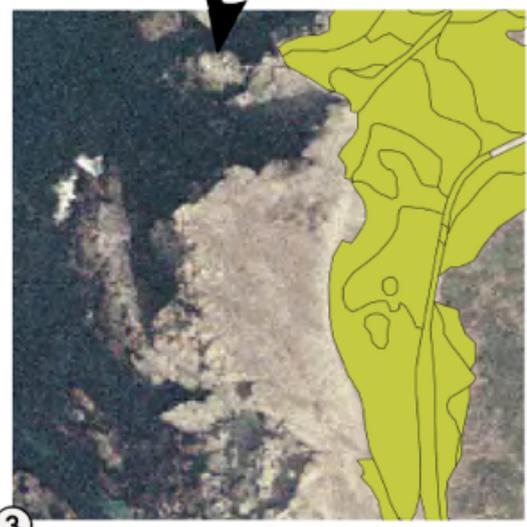
Paramètres	Classes
Largeur en m	<ul style="list-style-type: none"> • 0 à 0,5 • 0,5 à 2 • 2 à 4 • > 4
Nature du sol	<ul style="list-style-type: none"> • Sol organique • Sol organique et affleurement rocheux • Roche affleurante et cailloutis dominant • Affleurements rocheux dominants et cailloutis



n° polygone	Type Aménagement	Pente	Substrat	Erosion hydrique	Sol nu	H végétation	Habitat	Esp. patrim./inv.	Remarques
S0	sans	3	Sarg.	0	0	2	Pol. Acr.	—	
S1	sans	2	Sarg.	0	2	1	Pl. Acr.	—	
S2	sans	1	Sarg.	0	3	1	Pol. Éc.	—	
S3	sans	1	Sarg.	0	2	1	Pol. Éc.	—	

Étapes du travail cartographique :

- ① Préparation d'un support de cartographie au 1:1000 ou au 1:2000 (si possible plastifié).
- ② Délimitation des entités et description des paramètres
- ③ Numérisation et intégration au système d'information géographique
- ④ Mise en forme, choix d'une sémiologie adaptée



62 Figure 34 : Étapes de travail pour la cartographie et la valorisation des relevés.

Emprise cartographiée

En fonction des objectifs ainsi que du temps disponible, la cartographie peut concerner trois types d'emprises :

- Zones dégradées ou restaurées uniquement : cette méthode est la plus rapide puisqu'elle se concentre sur des surfaces relativement réduites; la lecture est simplifiée et les problématiques de gestion restent bien définies et clairement identifiables.
- Zones voisines des secteurs dégradés ou restaurés. Cela permet de se rendre compte de l'évolution des habitats et notamment des zones de contact entre les différents habitats et des zones susceptibles d'être recolonisées. Par exemple, une pelouse aérohaline au contact d'une lande peut être considérée comme non dégradée, ou stable. Cependant une analyse plus fine peut montrer que cette même zone résulte, en partie, du piétinement d'îlots de lande.
- Observation globale du site. Il s'agit d'intégrer les aménagements et les processus éventuels de dégradation ou de restauration dans la dynamique générale du site.

Évaluation du temps nécessaire à l'opération

Par rapport à une cartographie d'habitats, généralement effectuée à une échelle de 1:5000 à 1:10000, cette méthode est relativement lente en terme de surface cartographiée par unité de temps. Toutefois, les surfaces à cartographier sont souvent relativement faibles et la méthode est assez rapide (Tab. 15).

Depuis la préparation du terrain jusque la mise en forme des données, l'opération représente environ une semaine de travail pour un site.

Il semble pertinent de refaire la cartographie tous les 5 ans. Outre le caractère pratique de cet intervalle de temps qui correspond généralement à la durée du plan de gestion d'un espace naturel, il doit permettre de faire apparaître des changements de la végétation.

Tableau 15 : Valeurs indicatives pour évaluer le temps nécessaire à la cartographie et sa valorisation.

Étapes de travail					
Préparation support terrain	Relevés de terrain	Numérisation des surfaces	Numérisation des données attributaires	Exploitation des données et mise en forme (tableau)	Mise en forme cartographique
<1h	1ha.h ⁻¹	2ha.h ⁻¹	<2ha.h ⁻¹	~ 3h	~3h pour 7 cartes

*valeurs indicatives estimées d'après le test de la méthode sur sept sites littoraux
**variable selon le nombre de paramètres descriptifs relevés

Efficacité de la méthode

La méthode de cartographie simplifiée propose de suivre la dégradation et la restauration des milieux et est complémentaire des suivis photographiques et botaniques. Elle vise à pallier certains inconvénients ou difficultés des méthodes précédentes : D'une part, la ponctualité des relevés botaniques qui ne permet pas une évaluation véritablement globale; d'autre part, une information botanique qui est soit limitée, soit qui nécessite une expertise botaniste.

L'intérêt de cette méthode repose dans la relative simplicité de sa mise en application et dans l'exigence limitée des connaissances botaniques, en l'absence de relevé exhaustif. La méthode permet de collecter des informations diverses en une seule opération de terrain. Enfin, la mise en forme cartographique permet une valorisation des données, à la fois interprétable par les scientifiques, les gestionnaires, les décideurs, et le public (fig. 35).

Avantages

- Simplicité de mise en œuvre
- Peu de connaissances botaniques nécessaires
- Permet une analyse et un suivi global des dynamiques de dégradation et de restauration
- Multiplicité des informations récoltées et exploitables
- Mise en forme interprétable aisément

Inconvénients

- Temps de mise en œuvre parfois long
- Informations peu précises sur les végétations
- Nécessite des supports photographiques récents et de qualité

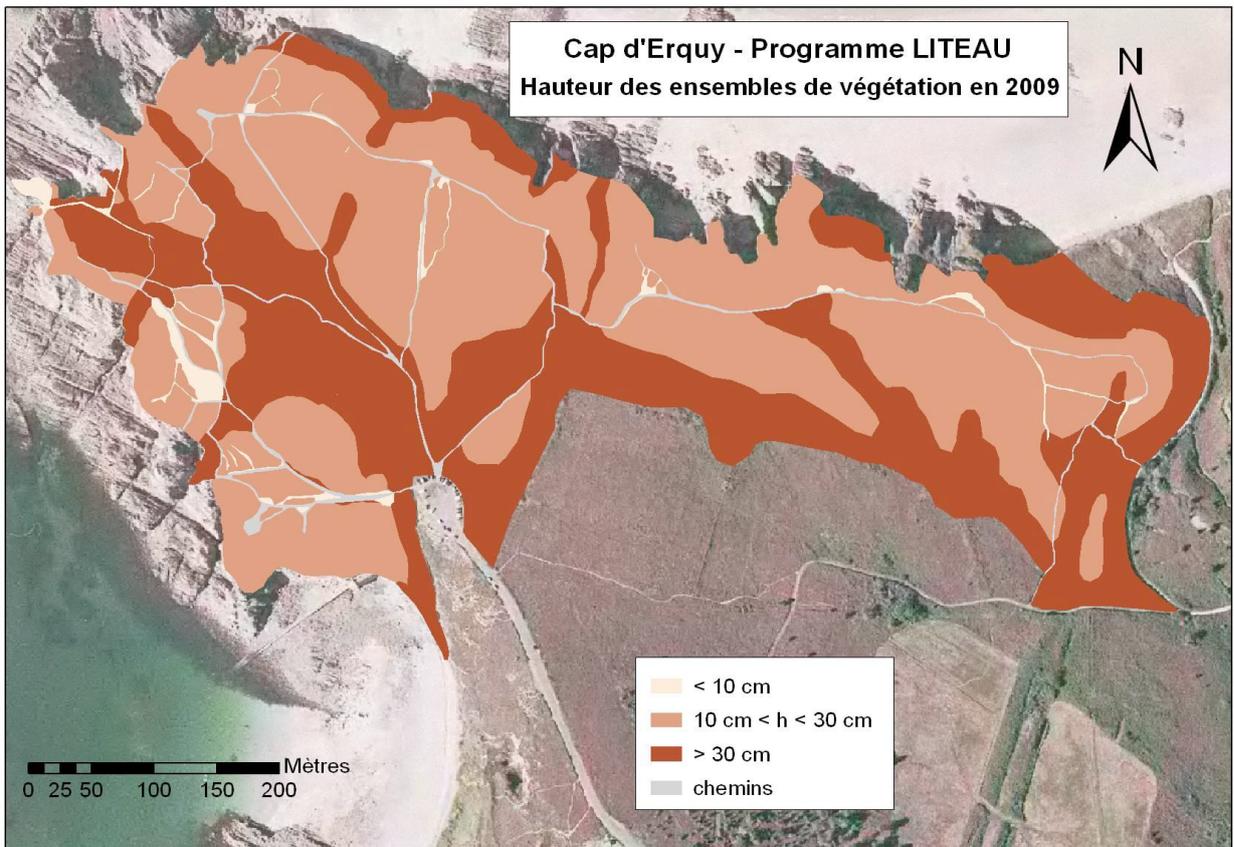
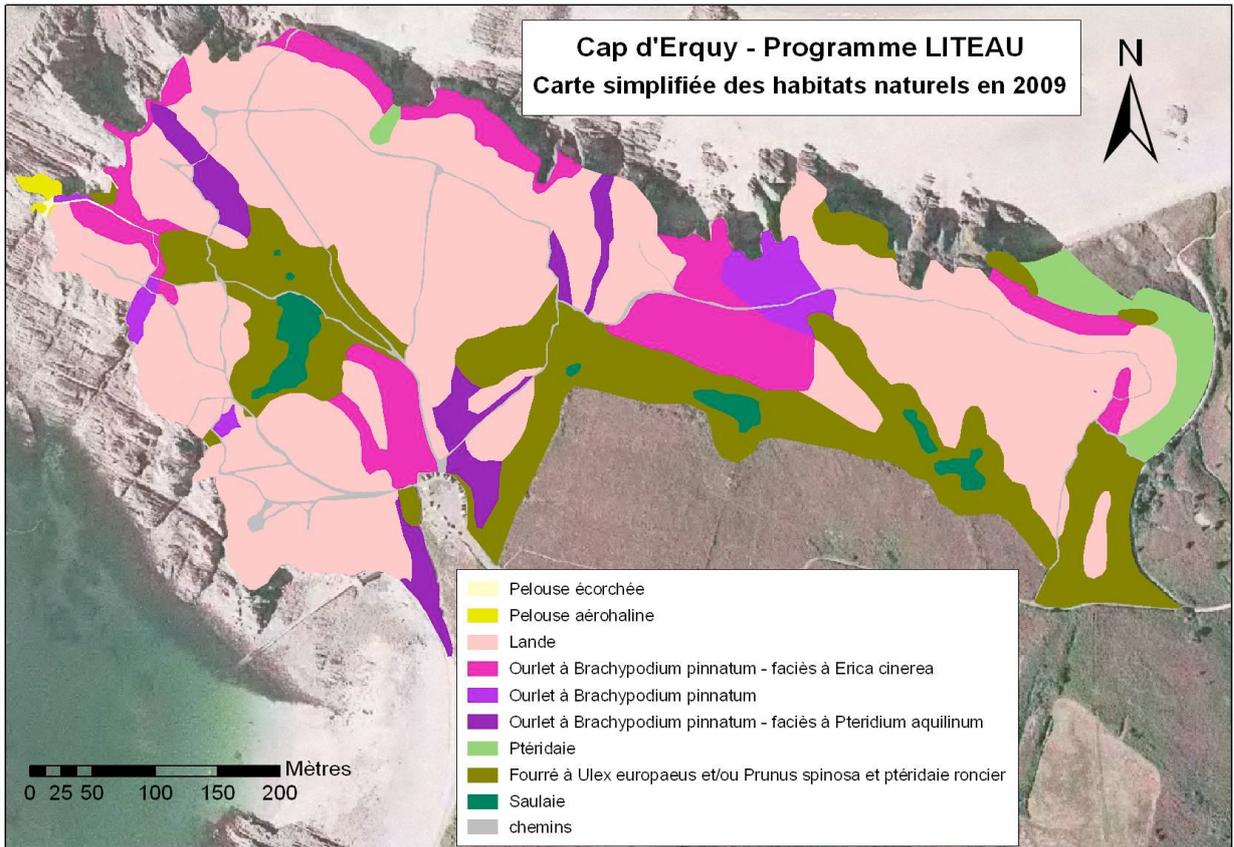


Figure 35 : Carte simplifiée du Cap d'Erquy (Loncle, 2009).

BILAN

Les différentes méthodes de suivi utilisées permettent une analyse de la dynamique de restauration à différentes échelles spatiales.

Les méthodes fondées sur la réalisation de relevés floristiques (relevé phytosociologique, quadrat ou lignes permanentes) donnent une image fine des trajectoires de restauration. Si chacune d'entre elles permet une exploitation scientifique différente, le choix de la méthode ne modifie pas le diagnostic.

Ces analyses floristiques sont essentielles lors de l'état des lieux des sites. Elles permettent d'analyser la diversité spécifique du site, et l'état de dégradation des végétations. Elles sont nécessaires à la définition des enjeux de conservation et de restauration.

Les méthodes cartographiques, quant à elles, permettent d'avoir une image plus globale des processus de restauration et une évaluation de l'opération en elle-même. Même si ces méthodes peuvent s'appliquer *a posteriori*, il paraît fondamental de généraliser la réalisation d'un état des lieux précis en amont d'opération d'aménagement. C'est d'ailleurs à partir de cet état des lieux que devraient être définis les objectifs et les modalités de restauration, en permettant notamment une spatialisation des enjeux

Quelles que soient la ou les méthodes choisies, il est fondamental de réitérer les observations à intervalles réguliers sur une période relativement longue après la mise œuvre des opérations d'aménagement. Il est difficile de définir une fréquence optimum d'observation. Néanmoins des suivis annuels peuvent être préconiser pendant les trois premières années (au minimum) suivant la restauration, puis les observations peuvent être espacées et être poursuivies le plus longtemps possible tous les trois à cinq ans.

Références, pour aller plus loin :

GALLET S., BIORET F., SAWTSCHUK J., 2011. La restauration des végétations des hauts de falaises du littoral atlantique, vers une évaluation globale, *Science eaux & territoires*, n°5, p.12-19.

GALLET S., BIORET F., FICHAUT B., SAWTSCHUK J., 2011. La phytosociologie, un outil pertinent pour le suivi de la restauration écologique, *Revue Forestière Française*, 3-4 : 409-416.

GALLET S., BIORET F., HELOU A., 2009. Quelles méthodes pour le suivi et l'évaluation des opérations de restauration écologique. Exemple de la Côte Sauvage de Quiberon, *Ingénierie-EAT*, numéro spécial, p.73-81.

LONCLE N., 2009, Mise au point d'une méthode cartographique d'évaluation globale de site. Institut de Géoarchitecture-EA 2219- UBO. 41p.

MNHN, 2006, Cartographie des habitats naturels et des espèces végétales appliquée aux sites terrestres du réseau Natura 2000: guide méthodologique, UMS 2699. 66p.



ÉVALUATION D'UN PROGRAMME DE RESTAURATION

Les suivis botaniques et cartographiques liés à une opération de restauration écologique permettent d'observer l'évolution des écosystèmes mais ne suffisent à évaluer le programme de restauration. Quelques années après la mise en place de la restauration, il est nécessaire de procéder à une nouvelle analyse globale du site, de manière à requestionner les orientations souhaitées pour le territoire.

Modalités de l'évaluation

L'évaluation d'une opération de restauration nécessite de suivre différentes étapes (Fig. 36) :

- réaliser un nouvel état des lieux écologiques et socio-économique du territoire, sur le modèle de l'état des lieux mené lors de la définition du programme de restauration ;
- comparer l'état actuel du site à l'écosystème de référence et aux objectifs fixés initialement ;
- à partir de l'état des lieux initial, des suivis botaniques et cartographiques et du nouvel état des lieux, définir l'évolution actuelle et future de la végétation du site ;
- déterminer l'efficacité des mesures de restauration écologiques prises et évaluer les différentes techniques utilisées sur le site afin réajuster la restauration et la gestion du site.

Objectifs de l'évaluation

L'évaluation devra permettre de :

- Comprendre l'évolution du territoire du point de vue écologique et socio-économique ;
- Enrichir les connaissances scientifiques et techniques des dynamiques de restauration des végétations ;
- Valoriser le projet auprès des visiteurs et des partenaires institutionnels et financiers ;
- Redéfinir les orientations du territoire ;
- Prendre de nouvelles mesures de restauration ou de gestion si nécessaire.

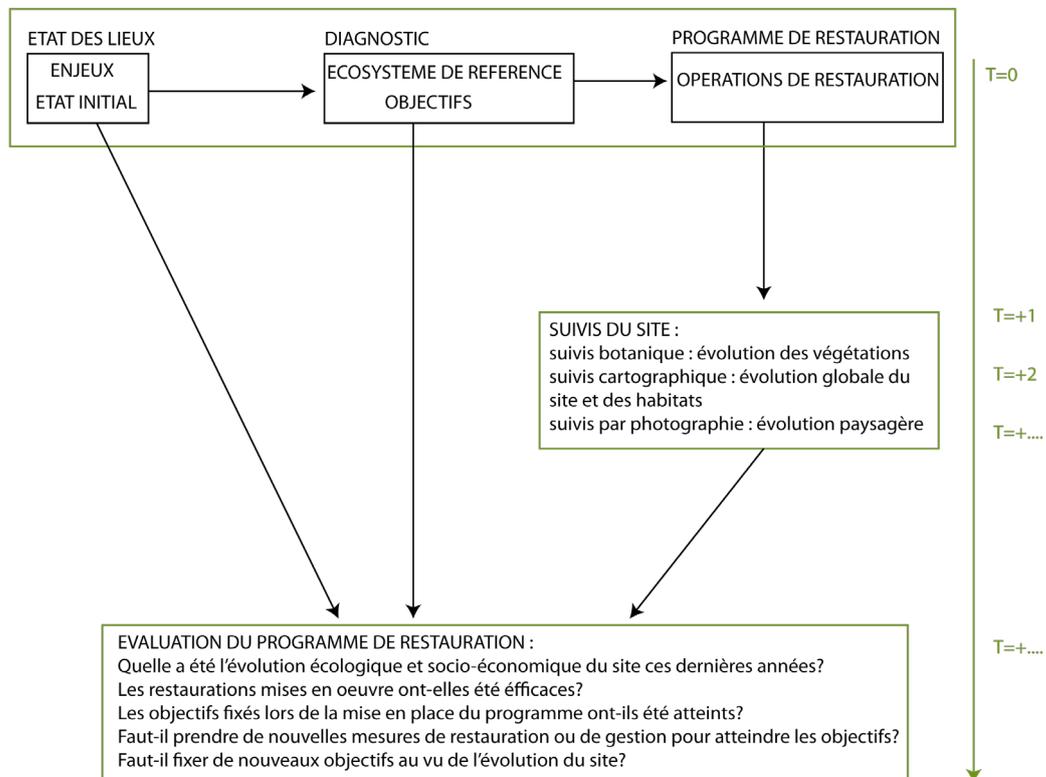


Figure 36 : Évaluation d'un programme de restauration

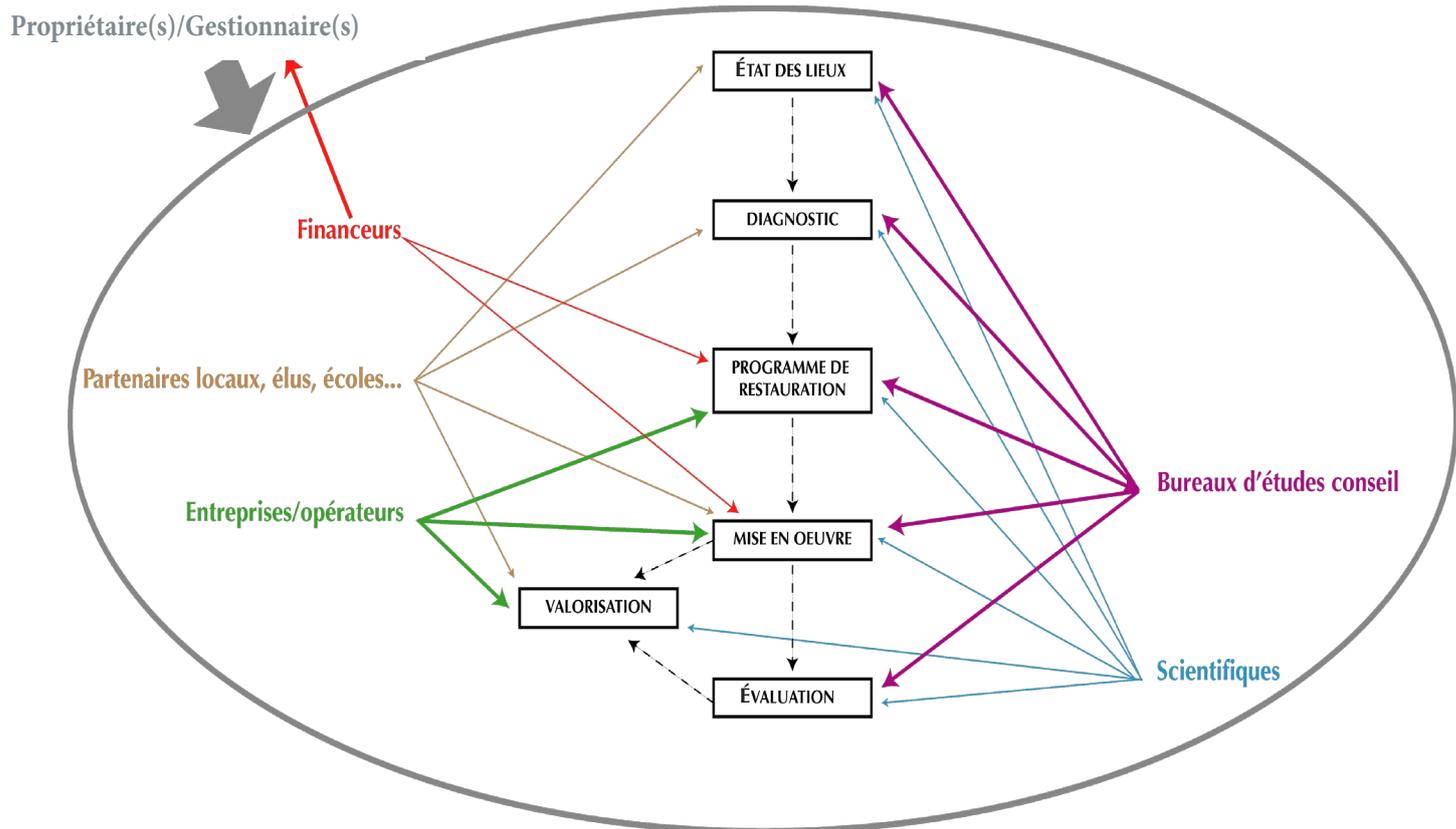


Figure 37 : Rôle des acteurs dans la mise en œuvre d'un programme de restauration écologique.

Rôle des différents acteurs dans les programmes de restauration

À chaque étape du projet, différents acteurs du territoire peuvent intervenir. Pour le bon déroulement d'un programme de restauration il est important de comprendre et de fixer le rôle et les missions de chaque partenaire (fig. 37).

Propriétaire(s)/ Gestionnaire(s)

Les propriétaires et les gestionnaires sont généralement à l'origine du programme de restauration. Ils coordonnent le programme depuis la recherche de financements jusqu'à la valorisation du projet. Ces acteurs sont les maîtres d'ouvrages du projet (ils peuvent faire appel à un bureau d'études conseil pour la réalisation de l'état des lieux du site, du diagnostic et du programme de restauration). Le gestionnaire assure le relationnel entre les différents acteurs du territoire.

Bureaux d'études conseil

Le bureau d'études est mandaté par le gestionnaire et assure la maîtrise d'oeuvre du projet de restauration, de la réalisation de l'état des lieux du territoire, aux suivis du chantier de restauration voire parfois jusqu'à l'évaluation du programme quelques années après selon la demande du gestionnaire client. Le bureau d'étude conduit le projet sous la direction du maître d'ouvrage. Il fait appel aux acteurs locaux pour prendre connaissance du territoire et aux scientifiques pour un appui expert sur la réhabilitation écologique.

Entreprises/ Opérateurs

Les entreprises et les opérateurs sont mandatés pour la réalisation des travaux de restauration. Ils apportent leur expertise technique pour la définition du programme de restauration.

Établissement public, Services de l'État

Les services de l'État interviennent pour aider et contrôler la mise en place des programmes de restauration, notamment dans le cadre de site Natura 2000. Ils conseillent et orientent propriétaires et gestionnaires dans leur démarche. Les Directions Régionales de l'Environnement et du Logement (DREAL) et les préfetures doivent être informées de la mise en place de ces projets.

Partenaires financiers

Les financeurs sont des structures publiques, (collectivités publiques, État, Europe) ou privées (mécènes...) qui subventionnent le projet de restauration. Les subventions sont attribuées directement au gestionnaire pour qu'il conduise le programme de restauration en gérant lui-même son budget. Les financements sont principalement attribués pour la réalisation du programme de restauration et sa mise en oeuvre. Les phases préalables d'état des lieux et de diagnostic du territoire ainsi que les phases de suivis et d'évaluation sont rarement prévus dans le budget.

Scientifiques (universitaires ou associations expertes)

Les scientifiques apportent leur expertise de la restauration écologique en conseillant le bureau d'études et le gestionnaire à chaque étape du projet. Ils peuvent partager leur expérience et leurs connaissances des dynamiques végétales et des techniques de restauration. De plus, chaque projet permet le développement et la valorisation des connaissances scientifiques et techniques de la restauration écologique.

Partenaires locaux, élus, associations, scolaires

Les partenaires locaux, élus et associations locales doivent être intégrés au projet de restauration d'un site, le plus en amont possible. Ces partenaires vont participer à la réalisation de l'état des lieux en tant que structures ressources, partageant leurs connaissances et leur vision du territoire. Ces acteurs doivent être consultés pour la hiérarchisation des enjeux et la définition des objectifs du programme.

Dès la réalisation des travaux de restauration, le projet peut être valorisé auprès des écoles, associations et visiteurs, de manière à sensibiliser les promeneurs à la fragilité des écosystèmes côtiers et assurer le respect des méthodes mises en place, notamment les mises en défens.

La valorisation de la restauration écologique auprès des élus permet de prouver l'efficacité de telles mesures et d'encourager d'autres territoires à se lancer dans de tels projets.



STRUCTURES RESSOURCES

SERVICES DE L'ÉTAT

- **Conservatoire du littoral, délégation Bretagne**, 8, quai Gabriel Péri Port du Légué, BP 474, 22194 PLERIN cedex.
www.conservatoire-du-littoral.fr
Contact : bretagne@conservatoire-du-littoral.fr
- **Conservatoire du Littoral, domaine d'Abbadia**, Maison de la Lande, Domaine d'Abbadia, 64700 HENDAIA ~ HENDAYE
Contact : abbadia@hendaye.com
- **DREAL Bretagne**, 10, rue Maurice Fabre CS 96515 35065 RENNES CEDEX
www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr
Contact : DREAL-Bretagne@developpement-durable.gouv.fr
- **DREAL Basse-Normandie**, 10, Boulevard du Général Vanier. CS 60040. 14006 CAEN Cedex
Contact : DREAL-basse-normandie@developpement-durable.gouv.fr
- **DREAL Haute-Normandie**, 2 rue Saint-Sever- 76032 Rouen Cedex
Contact : DREAL-basse-normandie@developpement-durable.gouv.fr
- **DREAL Nord-Pas-de-calais**, 44, rue de Tournai. CS 40259 F 59019 LILLE CEDEX
Contact : DREAL-nord-pdc@developpement-durable.gouv.fr
- **DREAL Aquitaine**, Cité administrative - Rue Jules Ferry - Boite 55, 33090 Bordeaux cedex
Contact : accueil.DREAL-aquitaine@developpement-durable.gouv.fr
- **Syndicat Mixte du Grand Site Gâvres Quiberon**, Parc de Kéravéon - 56 410 ERDEVEN
Contact : lifegavresquiberon.coordonateur@orange.fr

COLLECTIVITÉS

- **Communauté de communes du pays d'Iroise**, Zone de Kerdrioual, BP 78, 29 290 SAINT RENAN.
www.pays-iroise.com
Contact : environnement@ccpi.fr
- **Communauté de communes de la presqu'île de Crozon**, Z.A. de Kerdanvez, BP 25, 29160 CROZON.
www.comcom-crozon.com
Contact : contact@comcom-crozon.com
- **Communauté de communes de Belle-Île-en-mer**, 42 avenue Carnot, 56360 LE PALAIS. www.ccbi.fr
Contact : cbi@cc-belle-ile-en-mer.f
- **Communauté d'agglomération Lannion-Trégor**, Espace Ampère 8 rue Bourseul, BP 232, 22303 LANNION Cedex.
www.lannion-tregor.com
Contact : communaute.agglomeration@lannion-tregor.com, stephane.guiguen@lannion-tregor.com
- **Communauté d'agglomération Cap l'Orient**, Hôtel de Ville, BP 20001, 56314 LORIENT cedex.
www.lorient-agglo.fr
Contact : tgauchet@agglo-lorient.fr
- **Communauté d'agglomération Cap Atlantique**, 3 avenue des Noëles, BP 64, 44503 LA BAULE-ESCOUBLAC
www.cap-atlantique.fr
Contact : emmanuel.lebreton@cap-atlantique.fr
- **Conseil général des Côtes-d'Armor**, Direction de l'agriculture et de l'environnement, 2 rue Jean Kuster, BP 2375, 22023 SAINT-BRIEUC cedex 1.
Contact : ebihanolivier@cg22.fr
- **Conseil Général d'Ille-et-Vilaine**, Hôtel du Département, 1 avenue de la Préfecture CS 24218, 35042 RENNES Cedex.
Service espace naturel.
Contact : conseil-general@cg35.fr
- **Conseil Général de Seine-Maritime**, Hôtel du Département, Quai Jean-Moulin, 76101 ROUEN Cedex 1.
Contact : severine.verdier@cg76.fr ou stephane.lemiere@cg76.fr

SYNDICATS MIXTES

- **Maison du littoral de Perros Guirec**, Sentier des douaniers, Ploumanac'h, 22700 PERROS-GUIREC
www.perros-guirec.fr
Contact : maisondulittoral@perros-guirec.com
- **Syndicat Mixte Espaces Littoraux de la Manche (SyMEL)**, Maison du Département, Rond Point de la Liberté, 50008 SAINT-LÔ.
www.symel.fr

Contact : littoral@manche.fr

- **Syndicat mixte pour l'aménagement et la protection de la Pointe du Raz et du Cap Sizun (SMAPPRCS)**, Cité Commerciale Pointe du Raz, 29770 PLOGOFF.
Contact : contact@pointeduraz.com
- **EDEN 62**, 2 rue Claude, BP 113, 62240 DESVRES.
EDEN62.org
Contact : contact@eden62.fr

ASSOCIATIONS

- **Aquacaux**, 70 chemin St Andrieux 76930 OCTEVILLE SUR MER.
www.aquacaux.fr
Contact : aquacauxbrigade@aol.com
- **Bretagne vivante, SEPNB**,
Siège : 186 rue Anatole France, 29200 BREST.
www.bretagne-vivante.org
Réserve du Cap Sizun Kerisit Bihan, 29770 GOULIEN.
Contact : reserve-cap-sizun@bretagne-vivante.asso.fr
- **Centre d'Etude et de Conservation des Ressources Végétales (C.E.C.R.V.)**, 1, allée André Feuillerat, Citadelle 2, 64100 BAYONNE
Contact : cecrv.bayonne@wanadoo.fr
- **LPO, Réserve naturelle des Sept-îles**, Ile Grande, 22560 PLEUMEUR-BODOU
www.lpo.fr
Contact : ile-grande@lpo.fr ou resnat7iles@lpo.fr
- **REVER, Réseau d'échange et de valorisation en écologie de la restauration**,
www.reseau-rever.org
Contact : reseautrever@gmail.com

BIBLIOGRAPHIE

Articles, ouvrages et rapports d'études scientifiques

- AFES, 2008. Référentiel pédologique. BAIZE, D., GIRARD, M-P (coord). Editions Quae, Versailles. 406p.
- ARONSON J., DILLION S., LE FLOC'H E., 1995. On the need to select an ecosystem of reference, however imperfect : a reply to Pickett & Parker. *Restoration Ecology*, 3 : 1-3.
- BARDAT J., BIORET F., BOTINEAU M., BOULLET V., DELPECH R., GÉHU J.-M., HAURY J., LACOSTE A., RAMEAU J.-C., ROYER J.-M., ROUX G. & TOUFFET J., 2004 - Prodrôme des végétations de France. Collection Patrimoines naturels, 61, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 171 p.
- BIORET F., BOUZILLÉ J.-B., GÉHU J.-M., GODEAU M., 1991. Phytosociologie paysagère du système pelouses-landes-fourrés des falaises des îles ouest et sud armoricaines. *Colloques Phytosociologiques*, XVII, Phytosociologie et paysages, Versailles, 1988 : 129-142.
- BIORET F., BRIGAND L., 1993. Fréquentation humaine et protection des espaces naturels littoraux : un exemple de diagnostic en vue d'une stratégie d'aménagement intégrée. *Bulletin d'Écologie*, 24 : 96-99.
- BIORET F., GÉHU J.-M., 1999. Les microtaxons : enjeu majeur de la typologie phytocœnotique et de la conservation du patrimoine végétal du littoral atlantique français. *Bulletin de la Société botanique du Centre-Ouest*, numéro spécial 19 : 171-188.
- BIORET F., GÉHU J.-M., 2008. Révision phytosociologique des végétations halophiles des falaises littorales atlantiques françaises. *Fitosociologica*, 45 (1) : 75-116.
- BIORET F., LAZARE J.-J., GÉHU J.-M., 2011. Évaluation patrimoniale et de la vulnérabilité des associations végétales du littoral atlantique français. *Journal de Botanique*, 56 : 39-67.
- DAGET P., POISSONNET J., 1971. Principes d'une technique d'analyse quantitative de la végétation des formations herbacées, *Doc. CEPE-CNRS*, 14: 85-100
- DESDOIGTS, J.-Y., 2000. L'extrémité du Cap Sizun : restauration de la nature et tourisme. L'opération grand site de la pointe du Raz, de la pointe du Vanet de la baie des Trépassés, *Norôis*, 186 : 283-293.
- European Commission DG Environment, 2013 - Interpretation Manual of European Union Habitats, 144p.
- GALLET S., ROZÉ F., 2002. Long-term effects of trampling on Atlantic Heathland in Brittany (France): resilience and tolerance in relation to season and meteorological conditions, *Biological Conservation*, 103 : 267-275.
- GALLET S., BIORET F., HELOU A., 2009. Quelles méthodes pour le suivi et l'évaluation des opérations de restauration écologique? Exemple de la Côte Sauvage de Quiberon, *Ingénierie-EAT, numéro spécial* : 73-81.
- GALLET S., HELOU A., 2009. Collaboration scientifiques/gestionnaires et évaluation des opérations d'aménagement. *Espaces Naturels*, 29 : 28-29.
- GALLET S., BIORET F., FICHAUT B., SAWTSCHUK J., 2011, La phytosociologie, un outil pertinent pour le suivi de la restauration écologique. *Revue Forestière Française*, 3-4 : 409-416.
- GALLET S., BIORET F., 2010. Restauration et réhabilitation de la végétation des falaises littorales des côtes Manche-Atlantique, Programme LITEAU II, rapport final, 49p.
- GALLET S., BIORET F., SAWTSCHUK J., 2011. La restauration des végétations des hauts de falaises du littoral atlantique, vers une évaluation globale. *Science, Eaux & Territoires*, 5 : 12-19.
- GÉHU J.-M., 1979. Pour une approche nouvelle des paysages végétaux : la symphytosociologie. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 126 (2) : 213-223.
- GÉHU J.-M., 1991. L'analyse symphytosociologique et géosymphytosociologique de l'espace. Théorie et méthodologie. *Colloques Phytosociologiques*, XVII, Phytosociologie et paysages, Versailles, 1988, 12-46
- GÉHU J.-M., 2006. Dictionnaire de sociologie et synécologie végétales. Amicale francophone de phytosociologie Fédération Internationale de Phytosociologie. Berlin Stuttgart : J. Cramer. 899p.
- GÉHU J.-M., GÉHU J., 1975. Apport à la connaissance phytosociologique des landes littorales de Bretagne. *Colloques Phytosociologiques* II, La végétation des landes d'Europe occidentale, Lille, 1973 : 193-212.
- GÉHU J.-M., GÉHU J., 1981a. Essai d'évaluation phytocœnotique de l'artificialisation des paysages. in Géhu J.-M. & Pelt J.-M. (Ed.). L'évaluation biologique du territoire par la méthode des indices biocœnotiques : 95-119, Institut Européen d'Ecologie, Metz.
- GÉHU J.-M., GÉHU J., 1981b. Essai d'objectivation de l'évaluation biologique des milieux naturels. Exemples littoraux. in Géhu J.-M. & Pelt J.-M. (ed.). L'évaluation biologique du territoire par la méthode des indices biocœnotiques: 75-94, Institut Européen d'Ecologie, Metz.
- GÉHU J.-M., FRANCK J., SCOPPOLA A., 1984. Les pelouses crayeuses du Boulonnais et de l'Artois (Nord de la France). Essai d'évaluation hiérarchisée de la valeur phytocœnotique à des fins conservatoires. *Colloques Phytosociologiques* XI, La végétation des pelouses calcaires, Strasbourg, 1982 : 587-600.

HARRIS J.A., HOBBS R.J., HIGGS E., ARONSON J., 2006. Ecological restoration and global climate change, *Restoration Ecology*: 170-176

LAZARE J.-J., 2009 - Phytosociologie dynamico-caténale et gestion de la biodiversité. *Acta Botanica Gallica* 156(1) : 49–61

LAZARE J.-J., ENOUL P., 2009. Evaluation de l'intégration du sentier littoral et des techniques de restauration écologique des habitats mises en oeuvre sur la Corniche basque (Pyrénées-Atlantiques). CERCV-EOLE

SAWTSCHUK J., 2010. Restauration écologique des pelouses et des landes des falaises littorales atlantiques : analyse des trajectoires successionales en environnement contraint. Thèse de l'université de Bretagne occidentale, 390p.

SAWTSCHUCK J., GALLET S., BIORET F., 2010. Evaluation of the most common engineering methods for maritime cliff-top vegetation restoration, *Ecological Engineering*, 45 : 45-53

TOULLEC H., DIQUÉLOU S., ROZÉ F., GLOAGUEN J.-C., 1999. Réponses d'une lande atlantique au piétinement expérimental, *CRAS - Science de la vie*, 322 : 809-815.

Retours d'expériences et guides méthodologiques sur la restauration écologique

ANDREU-BOUSSUT V., 2000. Évaluation de l'état de conservation d'un site littoral dans le cadre de la directive 92/43/CEE Habitats. Essai méthodologique. DEA Université de Brest.

ENOUL P., 1999. Restaurer nos espaces naturels. Bilan d'un savoir-faire en région Bretagne, guide méthodologique. IRPA Bretagne 55p.

KERAMBRUN L., RAGOT R., 2005. Réhabilitation des espaces terrestres dégradés : Bilan des actions réalisées en 2004. CEDRE, 37p.

BENSETTITI F., BIORET F., ROLAND J. (coord.), 2004. « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 2 - Habitats côtiers. MEDD/MAAPAR/ MNHN. Éd. La Documentation française, 399 p. + cédérom.

BOUZILLÉ J.-B., 2007. Gestion des habitats naturels et biodiversité : concepts, méthodes et démarches. Collection Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 332p.

LEBRAS G., 2007. Inventaire des opérations de restauration de restauration et de réhabilitation des végétations des falaises du littoral Manche-Atlantiques. EA 2219 Géoarchitecture - UBO, 506p.

LONCLE N., 2009. Mise au point d'une méthode cartographique d'évaluation globale de site. EA 2219 Géoarchitecture - UBO. 41p.

MNHN, 2006. Cartographie des habitats naturels et des espèces végétales appliquée aux sites terrestres du réseau Natura 2000: guide méthodologique, UMS 2699. 66p.

Réserves Naturelles de France, 2004-2005 – Etudes scientifiques en espaces naturels. Méthodes et expériences. 3 vol. 263p., 222p., 108p.

Réserves Naturelles de France, CHIFFAUT A., 2006. Guide méthodologique des plans de gestion de réserves naturelles, MEED/ ATEN, *Cahiers Techniques*, 79, 72 p.

SyMEL, 2005. Plan de gestion du Cap de Carteret 2003-2008, Bilan des travaux d'aménagement sur le secteur du Nez du Cap de Carteret (50), Côte des Isles. 25p.

A stylized map of the Atlantic coast of France, showing the coastline in black, the sea in light blue, and the land in light green. The map is positioned on the left side of the page.

Les espaces littoraux sont réputés pour l'originalité et la richesse de leurs paysages et leurs écosystèmes. Destinations privilégiées, ils sont devenus au cours des dernières décennies des espaces touristiques majeurs, attirant chaque année de très nombreux visiteurs.

Cet afflux touristique massif, principalement en période estivale, n'est pas sans conséquences sur les pelouses et les landes littorales. Le piétinement, la circulation des véhicules, les campements diffus et le développement de l'urbanisation entraînent la destruction et la dégradation des végétations des falaises, ils participent à la disparition d'habitats et d'espèces menacés, protégés au niveau régional, national ou européen.

Outre son impact écologique, ce phénomène a un impact paysager, social et économique. Le tourisme est un vecteur de développement important pour de nombreux territoires littoraux, et la qualité des paysages et des milieux naturels en sont les meilleurs garants.

Pour juguler ces dégradations, des opérations de restauration de la végétation sont mises en œuvre depuis les années 80. Cependant, les sites littoraux sont encore soumis à une très forte pression anthropique et certains sites sont encore aujourd'hui dégradés.

Ce guide s'adresse à l'ensemble des acteurs des espaces naturels littoraux. Il propose dans un premier temps, un retour d'expériences sur les opérations de restauration des végétations des hauts de falaises littorales menées sur le littoral Manche-Atlantique, puis développe une méthodologie opérationnelle pour la réalisation du diagnostic des sites, du choix des méthodes de restauration et des modalités de suivi et d'évaluation des programmes.

S'il concerne spécifiquement les végétations des hauts de falaises, les concepts et les principes méthodologiques présentés sont le plus souvent transférables à d'autres types de végétations.

Il ne s'agit pas de fournir des recettes universelles pour la restauration de végétation de hauts de falaises, mais de se placer dans le cadre du porté à connaissance accompagnant les opérations de restauration écologique.