



RESTAURATION ET REHABILITATION DE LA VEGETATION DES FALAISES LITTORALES DES COTES MANCHE-ATLANTIQUE

RESTORATION AND REHABILITATION OF ATLANTIC COASTAL CLIFF VEGETATION

Programme LITEAU II Rapport final

Institut de Géoarchitecture – EA
2219
Université de Bretagne Occidentale
Frédéric Bioret
Institut de Géoarchitecture – UBO
CS 93837
29238 Brest cedex 3
frederic.bioret@univ-brest.fr

N° de contrat : 0000188

Date de notification du contrat : 12/09/2006

Date de remise du rapport final : 12 Juin 2010.

TABLE DES MATIÈRES

RESTAURATION ET REHABILITATION DE LA VEGETATION DES FALAISES LITTORALES DES CÔTES MANCHE-ATLANTIQUE.....	1
Table des matières.....	2
Résumé Long.....	3
PUBLICATIONS ET VALORISATION.....	7
Résumés courts.....	9
En français.....	9
Mots clés.....	9
Abstract.....	10
Key words.....	10
RAPPORT SCIENTIFIQUE.....	11

RÉSUMÉ LONG

Les gestionnaires d'espaces naturels sensibles sont de plus en plus fréquemment confrontés à des problématiques de restauration de sites littoraux dégradés notamment par la fréquentation. Face à la diversité des contextes, les gestionnaires sont demandeurs d'une méthodologie permettant d'identifier les principes et les techniques les plus appropriés.

Dans ce cadre, ce programme vise à valider une méthodologie d'évaluation globale des suivis et des opérations de restauration, et à proposer aux gestionnaires un guide méthodologique pour la restauration des milieux de hauts de falaise.

Les principaux objectifs fixés pour ce programme sont les suivants :

- mettre au point une méthodologie de diagnostic 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 de nouvelles méthodes de restauration du tapis végétal ;
- identifier les méthodologies de suivis à moyen et long terme de la dynamique des milieux ;
- identifier, tester et valider une méthodologie d'évaluation globale des suivis et des opérations de restauration.

Afin de répondre à ces objectifs différentes études, expérimentations ou observations ont été menées, dont les principales sont résumées ici.

I. RECENSEMENT DES OPÉRATIONS DE RESTAURATION A L'ÉCHELLE DU LITTORAL MANCHE-ATLANTIQUE

Un recensement des opérations de restauration des végétations des hauts de falaises a été réalisé sur l'ensemble du littoral Manche-Atlantique français. Une enquête suivie par une phase de visites de terrain, a permis de rencontrer l'ensemble des gestionnaires ou maîtres d'œuvre des opérations identifiées et de recueillir l'ensemble des données disponibles sur les opérations menées sur le littoral.

L'analyse des données récoltées a permis de dresser un panorama des opérations de restauration des végétations des hauts de falaises littorales atlantiques françaises. Elle met en évidence d'une part la prépondérance des acteurs publics dans ces opérations et la complexité des statuts foncier et juridique des sites. En effet la multiplicité des acteurs (propriétaires, gestionnaires, bailleurs de fonds, administration) peut rendre complexe la mise en œuvre des opérations de gestion. Cette étude a également confirmé le manque de coordination de ces opérations et la volonté des gestionnaires de sites de voir se développer des échanges sur ce sujet.

II SUIVIS ET EXPÉRIMENTATIONS SUR LES SITES ATELIERS

1. ANALYSE DES DONNÉES À LONG TERME

Des suivis botaniques ont été mis en place sur un nombre restreint de sites ayant fait l'objet d'opérations de restauration. Les données acquise sur une période allant jusqu'à 15 ans ont pu être regroupées et analysées sur différents sites : Cap Fréhel , Pointes du Raz et Van, Belle Île.

L'analyse de ces données dans le cadre de cette étude a permis de mettre en évidence l'existence de groupes dynamiques d'espèces végétales communs aux trajectoires de restauration de plusieurs secteurs géographiques de Bretagne. Un modèle dynamique de restauration basée sur la composition floristique et le temps depuis la fin de la perturbation a été élaboré. Les différences de trajectoires de recolonisation mises en évidence semblent être liées à des variations locales dues à l'intensité de la dégradation initiale, ou à des variations des conditions mésologiques (sol, exposition aux vents et aux embruns...).

L'analyse de ces données à long terme a également montré que les différences initiales entre la restauration passive et la restauration active tendent généralement à s'atténuer, voire a disparaître après quelques années.

2. ANALYSE DES PARAMÈTRES ENVIRONNEMENTAUX

Plusieurs suivis complémentaires ont été réalisés afin de compléter la connaissance des trajectoires de restauration et d'identifier les paramètres biotiques et abiotiques qui les influencent et sur lesquels il serait possible d'agir afin d'améliorer l'efficacité des opérations de restauration.

Des dispositifs expérimentaux, couplés à des relevés floristiques, ont été mis en place au sein des sites ateliers de la Pointe du Raz, Pointe de Penhir, et Cap Fréhel afin d'estimer :

- les dépôts en sel par captage sur papier filtre ;
- la force du vent par la technique des « tatter flags » ;
- la pluie de graines par interception sur plaque engluée ; la banque de graines.

Sur le site de Pen-hir, une étude de l'influence des caractéristiques pédologiques sur les mécanismes de restauration a également été réalisée. L'objectif est de comparer les propriétés des sols dans des zones non dégradées et dégradées du site, afin d'analyser les processus de dégradation des sols et de fixer d'éventuels seuils de réversibilité.

Les différentes études ont montré que les dynamiques de restauration ne peuvent analysées en dehors de leurs contexte écologiques. De même l'évaluation du niveau de restauration et donc du succès d'une opération doivent toujours être relativisés par rapport aux potentialités et aux contraintes du site.

3. EXPÉRIMENTATIONS

Afin de compléter nos données sur les méthodes de restauration active, des expérimentations ont été mises en place sur le site de la Pointe de Pen Hir, ainsi que sur le site de Port Coton à Belle-Île. Ces sites sont apparus particulièrement bien adaptés à ce type d'expérimentations. De superficie limitée et particulièrement fréquenté par les touristes, ils présentent un large panel de végétations (landes et pelouses aérohalines), réparties le long

d'un gradient d'éloignement de la mer, et correspondant à divers stades de dégradation, depuis la végétation initiale jusqu'au substrat entièrement dénudé. De plus, ces sites n'ont pour l'instant fait l'objet que de peu d'aménagements, ce qui nous permet de disposer d'un état initial préalable à la restauration expérimentale.

L'efficacité des différentes méthodes expérimentées semble fortement influencée par les conditions contraignantes de salinité et de vent. La combinaison de méthodes, notamment l'association de la pose de filets biodégradables à d'autres méthodes telles que le transfert de biomasse a montré une efficacité équivalente ou supérieure à des méthodes plus destructives telles que le transfert de mottes.

III METHODES DE SUIVIS ET D'EVALUATION ECOLOGIQUE

1. ANALYSE COMPARATIVE DES METHODES DE SUIVIS

L'existence sur certains sites et notamment sur les sites de la Pointe du Raz et de la Pointe Van, de séries de données associant différentes méthodes de suivis (relevés phytosociologique et ligne de points-contacts) a permis une analyse comparative des résultats obtenus. Cette analyse a porté sur plusieurs aspects. Ainsi la capacité de diagnostic (rattachement à une référence) des deux méthodes est apparue similaire malgré la très forte perte d'informations floristiques liée à la méthode de la ligne permanente. La sensibilité des méthodes c'est-à-dire leur capacité à mettre en évidence les variations temporelles du recouvrement et de la composition floristique sont également comparables. Les divergences vont donc être d'ordre techniques, chacune pouvant d'appliquer plus ou moins facilement selon la physionomie de la végétation. D'autre part les capacités d'analyses complémentaires vont également être différentes. Ainsi les données de points quadrats permettent une analyse fine des transitions écologiques par point. En revanche la méthode phytosociologique donnera une vision plus précise de la diversité floristique présente.

2. MISE AU POINT D'UNE METHODE DE CARTOGRAPHIE SYNTHETIQUE

L'analyse de la dynamique de restauration d'un site ainsi que le succès de l'évaluation d'une opération nécessitent souvent la combinaison de méthodes de suivis écologique avec des méthodes cartographiques.

Les méthodes de cartographies généralement utilisés se fondent sur une approche phytoécologique ou phytosociologique. Elles consistent généralement à la définition d'unité homogènes au sein desquelles des relevés de végétations complet sont réalisés. À ces relevés, des indications complémentaires peuvent être associées. Cette méthodologie est efficace mais très longue et donc coûteuse. Ainsi ces cartographies ne sont vraiment réalisées que dans des cas spécifiques (par exemple pour les cartographies fines d'habitats des sites Natura 2000) et sont rarement répétées.

Devant ce constat, une méthode de cartographie synthétique fondée non pas sur la réalisation de relevés complets, mais sur la prise en compte d'indicateurs de restauration a été mise au point et testée sur différents sites.

3. INDICE PAYSAGER DE RESTAURATION

L'objectif de cette étude est la réalisation d'un diagnostic paysager permettant une évaluation globale de la dégradation ou de la conservation des habitats naturels et semi-naturels à l'échelle d'un site.

Le site étudié dans le cadre de ce programme de recherche est la côte sauvage de l'île de Groix. Une approche diachronique de l'état de conservation de la végétation de la côte sauvage est rendue possible, par la

comparaison de trois séries de synrelevés effectués à trois périodes différentes : 1989, 2000, et 2008. La méthode des indices paysagers de dégradation apparaît comme complémentaire des méthodes d'analyse fine de la végétation (points-contacts, quadrats permanents). Fiable et 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.

Dans le cadre de l'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.

IV ANALYSE SOCIO-ECONOMIQUE

Pour comprendre une partie des usages et envisager une mesure de la valeur économique des sites aynat fait l'objet de programmes de restauration, notre analyse a porté sur les formes de valeur d'un actif naturel à partir de la méthode d'évaluation contingente (MEC) sur trois sites : la Presqu'île de Quiberon (56), la Pointe du Raz (29) et le Cap Fréhel (22). Elle s'appuie sur les préférences des usagers obtenues par entretiens.

L'ensemble des informations acquise conforte plutôt les interventions sur les sites naturels protégés et les pratiques en cours des gestionnaires. Dans les réponses formulées au cours de nos entretiens, il n'est apparu aucune hostilité, ni même aucune contestation des mesures tendant à la protection des milieux. Les visiteurs acceptent plutôt largement de ne plus appréhender en toute liberté une nature fragilisée. Ils sont également favorables à une mobilisation de moyens pour assurer la préservation des milieux et sont disposés à apporter directement cette aide, même si elle reste à un niveau symbolique proche du référentiel qui est donné, par expérience, au prix du stationnement.

CONCLUSION

Conformément aux objectifs fixés, ce programme de recherche a permis de développer une connaissance plurielle de la restauration des végétations de falaises (pelouses et landes) du littoral Manche-Atlantique. Ces connaissances concernent :

- les opérations de restauration et leurs contextes, via l'inventaire national réalisé ;
- les processus de restauration et leur évaluation écologique ;
- les outils d'évaluation écologique et socio-économique.

Le transfert auprès des gestionnaires et la valorisation des connaissances est un élément important de ce programme ; il prend plusieurs formes. Tout d'abord, les résultats de ce programme ont été présentés en janvier 2010, lors d'un séminaire de restitution spécifique auquel l'ensemble des gestionnaires contactés au cours du programme ont été conviés. La participation à divers colloques et les publications dans des revues scientifiques ou à audience plus large (Espaces naturels, Ingénieries-EAT) s'inscrivent également dans cette volonté de diffusion et de partage de la connaissance scientifique. Enfin le guide méthodologique en cours de rédaction permettra traduire les résultats de ce programme en outils d'aide à la décision pour les gestionnaires d'espaces naturels.

PUBLICATIONS ET VALORISATION

Les documents précédés d'un astérisque (*) sont fournis en annexe. Les articles publiés dans des revues sont soumis à droits de reproduction.

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES PARUES

Publication dans des revues à comité de lecture.

*Gallet S., Bioret F., Hérou, A., 2009 Quelles méthodes pour le suivi et l'évaluation des opérations de restauration écologique? *Ingénieries*, n° spécial 2009: 73-81.

*Sawtschuk J., Bioret F., Gallet S., Long term natural restoration process of maritime cliff-top vegetation in Brittany, *Restoration Ecology*, 2010, sous presse. DOI :10.1111/j.1526-100X.2010.00653.x

Autres publications

*Gallet S., Hérou A., Collaboration scientifiques/gestionnaires et évaluation des opérations d'aménagement. *Espaces Naturels*, juillet 2009 : 28-29.

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES À PARAÎTRE

*Sawtschuk J., Bioret F., Gallet S., *Impact of various combinations of most common engineering methods on the vegetation in Western and Southern Brittany*. Soumis à Ecological Engineering.

Sawtschuk J. 2010. *Restauration écologique des pelouses et des landes des falaises atlantiques : analyse des successions en environnement contraint*. Thèse de l'Université de Bretagne Occidentale. Soutenance le 23 septembre 2010.

RAPPORTS

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

Atallah, J-K., 2008 *Etude de la relation entre dégradation de la végétation et état du sol : Cas de la pointe de Pen Hir*. 24p.

*Forget G., 2008. *Rôle de la banque de graines dans les processus de résilience des écosystèmes*. Master 2 Ethologie-Ecologie-Evolution (sous la direction de F; Rozé). Université de Rennes 1. UMR EcoBio., 35p.

*Droff, J., 2009. *Etude du consentement à payer (CAP) des visiteurs de sites naturels restaurés. Cas du Cap Fréhel, de la pointe du Raz et de la Presqu'île de Quiberon*. Institut de Géoarchitecture – EA 2219 – UBO 41p.

*Loncle N., 2009. *Mise au point d'une méthode cartographique d'évaluation globale de site*. Institut de Géoarchitecture – EA 2219 – UBO 73p.

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

PARTICIPATIONS À DES COLLOQUES

Présentation dans des colloques avec Actes

Sawtschuk J., Bioret F., Fichaut B., Gallet S., Perrin G., Ragot R., Rozé F., 2008 – *Restauration passive des végétations des hauts de falaises littorales de Bretagne : modélisation des processus de recolonisation*. in Bonis A. (Ed.) *Actualité de la recherche en écologie des communautés végétales*. Actes du quatrième colloque ECOVEG, Rennes, 12-14 mars 2008 : 137-144.

*Gallet, S., Bioret, F. & Sawtschuk, J. *La phytosociologie, un outil pertinent pour le suivi des opérations de restauration écologique ?* Colloque International « La phytosociologie face aux défis de la connaissance et de la gestion durable des espaces naturels » Nancy, septembre 2008. Actes à paraître dans la Revue Forestière Française, 2010.

Communications orales à des colloques, sans actes.

2006

5th European conference on Ecological Restoration, Greiswal, sept 2006.

Restoration and rehabilitation of coastal cliff vegetation of French atlantic coast.: A global evaluation. Gallet S. et al. (poster)

2007

Colloque ECOVEG 3, Bordeaux, mars 2007

Recolonisation des écosystèmes littoraux dégradés de Bretagne. Mise en place d'une méthodologie d'analyse des données et présentation des perspectives de travail. Sawtschuk J. et al.

2008

6^{ème} Conférence européenne d'écologie de la restauration, Gand (Belgique), septembre 2008

- *Long-term monitoring of maritime cliff-top vegetation restoration : a tool for assessing and modelling restoration process.* Sawtschuk J. et al.

- *Restoration operations of cliff vegetation along the French atlantic coast : where, who, why, how ?*

Gallet S., Bioret F., Lebras G.

2009

Avril 2009 - Communication orale, colloque ECOVEG 5 (Gembloux, Belgique)

Approche multi-critères de la restauration des végétations de haut de falaise littorale en Bretagne : La Pointe de Pen-Hir. Sawtschuk J., Atallah J. K., Bioret F., Gallet S.

Décembre 2009 - International Congress Ecological Engineering "from concepts to applications" :

- *Impact of various combinations of most common engineering methods on the vegetation in Western and Southern Brittany.* Sawtschuk J., Bioret F., Gallet S.

- *What Kind of surveys and evaluation for management and restoration operations.* Gallet S., Sawtschuk J. Bioret F.

2010

7^{ème} Conférence européenne d'écologie de la restauration, Avignon, Août 2010.

- *Surveys and evaluation of restoration operations.* Gallet, S. Sawtschuk, J. , Bioret, F.

— *Environmental filters effects in spontaneous succession. What implications for restoration of maritime cliff-top vegetation?* Sawtschuk, J., Bioret, F., Gallet, S.

- *Vegetation mapping methodology for monitoring and assessing success of ecological restoration operations.* Bioret, F. Gallet, S.

VALORISATION

ORGANISATION DE COLLOQUES

Séminaire de restitution du programme LITEAU 2 : Restauration et réhabilitation des végétations de falaises du littorale Manche-Atlantique. 27 Janvier 2010, Brest

Colloque REVER 2 : Rêver et partager. Colloque annuel du réseau d'Échanges et de Valorisation en Ecologie de la Restauration. 28-29 Janvier 2010, Brest.

AUTRE PUBLICATION

Guide méthodologique : la restauration des végétation de haute de falaise. à paraître, 2010.

RÉSUMÉS COURTS

En français

RÉSUMÉ

1/2 à 1 page

Confrontés à des problématiques de dégradation de sites littoraux, notamment par la fréquentation, les gestionnaires ont été amenés depuis une vingtaine d'années à mettre en place des aménagements et des opérations de restauration écologique. Face à la diversité des contextes, il apparaît nécessaire de proposer une méthodologie permettant d'identifier les principes et les techniques les plus appropriés.

Ce programme a été mis en place afin de répondre à cette demande. Ceci nécessite l'acquisition préalable de données de différentes natures. Ainsi, un état des lieux et une évaluation globale des opérations de restauration menées sur le littoral Manche-Atlantique ont été réalisés grâce à la collecte d'informations auprès des gestionnaires. Ces informations concernent à la fois les aspects techniques, écologiques mais aussi économiques des opérations. Elles permettent également de caractériser le cadre dans lequel ces opérations sont réalisées (statuts de protection et foncier, maîtrise d'œuvre, ...). Le contexte socio-économique et la perception de la valeur de ces opérations de restauration ont également été appréhendés via une approche « consentement à payer ».

Afin d'améliorer la connaissance des processus de restauration, cette approche est complétée par la mise en place et l'analyse de relevés écologiques sur un certain nombre de sites ateliers, ainsi que par la mise en place d'expérimentations sur ces mêmes sites. Cela a notamment permis de caractériser les facteurs influençant le succès des mécanismes de restauration et donc contribuer à optimiser les techniques utilisées.

De façon similaire une réflexion a été menée sur les outils d'évaluation écologique de la restauration des sites et notamment sur l'adéquation entre les méthodes proposées par les scientifiques et les besoins et les possibilités des gestionnaires. Ceci a notamment débouché sur la proposition d'une méthodologie d'évaluation cartographique.

La réalisation de ce programme en relation avec les gestionnaires d'espaces naturels a été un élément important de ce programme, de même que la valorisation de ses résultats et conclusions. Cette valorisation s'est traduite à la fois par des publications scientifiques, par l'organisation d'un séminaire de restitution et la participation à différents colloques. Ce programme débouchera également sur l'édition d'un guide méthodologique dans les mois à venir.

MOTS CLÉS

Restauration écologique, végétation des falaises maritimes, littoral Manche-Atlantique, évaluation pluridisciplinaire

In English

ABSTRACT

1/2-1 page

Faced to problems of degradation of coastal sites in particular due to recreation, managers were brought since about twenty years to set up management and ecological restoration operations. In front of the variety of contexts, it seems necessary to propose a methodology allowing to identify most suited principles and techniques.

This program was set up to answer to this aim. This requires the preliminary acquisition of data of various natures. An inventory and a global evaluation of top-cliff vegetation restoration operation was conducted along all the French atlantic coast. Informations collected in collaboration with sites managers, concern both technical, ecological and economical aspects. The framework of these operations (owner, protection status, project manager...) is also characterized. In order to highlight the socio-economical context and the public perception of restoration's value, a "Willigness to pay" approach was used.

These approach is completed with ecological surveys and experimentations set up on different sites, in order to characterise factors that influence the success of restoration mechanism and so to contribute to improve restoration methods.

In the same way, a reflexion was conducted about tools available for the ecological evaluation of site restoration, and notably about their adequacy between the methods proposed by scientists and the needs and the possibilities of the managers. This uncorked in particular at the suggestion of a methodology cartographic evaluation.

The realisation of this program in connection with the managers of natural sites was an important element of this program, as well as the valuation of its results and conclusions. This valuation was made both by scientific publications, by the organisation of a feedback seminar, and by the participation to various conferences. This program will also result in the edition of a methodological guide in the coming months.

KEY WORDS

Ecological restoration, maritime cliffs vegetation, Channel-Atlantic coasts, pluridisciplinary assessment

**RESTAURATION ET REHABILITATION DE LA
VEGETATION DES FALAISES LITTORALE DES CÔTES
MANCHE-ATLANTIQUE**

RESTORATION AND REHABILITATION OF ATLANTIC COASTAL CLIFF VEGETATION

Rapport Scientifique

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le littoral français et notamment celui de la façade Manche-Atlantique est soumis à de fortes pressions anthropiques qui revêtent plusieurs formes. Les littoraux sont de plus en plus convoités, et leur attractivité récréationnelle s'accompagne parallèlement d'une forte pression d'urbanisation. Par ailleurs, les milieux naturels littoraux attirent de nombreux visiteurs qui y recherchent une forme de nature préservée. Ceci n'est pas sans conséquence sur ces milieux, car l'absence d'une gestion de la fréquentation, conduit quasi inexorablement à une banalisation et une dégradation des écosystèmes littoraux. Pour juguler les conséquences de ces phénomènes, des opérations de restauration doivent être mises en œuvre, parallèlement à l'aménagement des sites. Les milieux naturels considérés dans cette étude (falaises littorales) ont subi une fréquentation touristique croissante au cours des dernières décennies, et les sites les plus visités ont été particulièrement dégradés. La mise en œuvre de méthodes de restauration adaptées nécessite notamment de prendre en compte la diversité de ces milieux et de considérer le contexte global dans lequel s'inscrivent les sites.

L'état général des connaissances relatives à la restauration des hauts de falaises dégradés apparaît comme très en décalage par rapport à la restauration des dunes littorales. En effet, concernant cette dernière thématique, les scientifiques et les gestionnaires disposent d'informations fiables sur les diagnostics, la dynamique des milieux, et l'évaluation des techniques de restauration.

Dans ce contexte, le programme de recherche développé s'était fixé de répondre à un certain nombre de questions autour de trois sous-thèmes complémentaires : *diagnostic, restauration, évaluation*.

1. diagnostic

- comment évaluer l'état de dégradation d'un site ?
- comment définir les seuils d'irréversibilité ?
- comment définir un état de référence ?
- comment définir un objectif de restauration ou de réhabilitation ?
- comment intégrer le contexte socio-économique ?
- comment évaluer les moyens disponibles ?

2. restauration

- quelles méthodes sont mises en oeuvre ?
- quelles nouvelles méthodes peuvent être envisagées ?
- les différentes méthodes induisent-elles des trajectoires de restauration différentes ?
- les résultats des différentes opérations sont-ils transposables d'un site à un autre ?

3. évaluation

- quel bilan coût-efficacité des différentes techniques de restauration ?
- quel bilan coût-efficacité des différentes méthodes de suivis ?
- comment évaluer l'atteinte de l'objectif de chaque opération de restauration ?

Pour répondre à ces interrogations, des études ont été mises en œuvre (inventaire, expérimentation, suivis,...). Un certain nombre d'entre-elles ont fait ou vont faire l'objet de publications dans des revues (*Restoration Ecology, Ecological Ingeneering, Ingéniéries-EAT*) ou de présentations à des colloques nationaux (REVER, ECOVEG) ou internationaux (SER Europe). Une part d'entre-elles est également intégrée à la thèse de Jérôme Sawtschuk (financement Région Bretagne ARED 2006) qui sera soutenue en septembre 2010.

L'un des objectifs principaux de ce programme étant une amélioration de pratiques des gestionnaires, ce travail a également été valorisé par l'organisation d'un séminaire de restitution à leur destination, en lien avec le colloque REVER 2 : Rever et partager (janvier 2010). Ce colloque a été organisé dans le cadre du Réseau d'Echanges et de Valorisation en Ecologie de la Restauration. Certains travaux, notamment concernant l'évaluation de l'état de restauration des sites ont également été valorisés par leur diffusion dans des revues destinées aux gestionnaires, comme *Espaces Naturels* et *Ingénieries*. D'autres publications de ce type sont en cours de préparation, de même qu'un guide méthodologique à l'usage des gestionnaires d'espaces naturels.

Ce rapport ne vise pas à présenter de manière exhaustive les résultats des études menées. Les principaux résultats sont présentés sous forme résumée selon quatre thématiques :

- Etat des lieux des opérations de restauration
- Suivis et expérimentations sur les sites ateliers
- Méthodes de suivis et d'évaluation écologique
- Analyse socio-économique

Ces différents travaux ont fait l'objet de valorisation à la fois scientifique (publications, colloques) mais aussi auprès des gestionnaires qui ont été associés à ce programme. Cette valorisation va se poursuivre dans les mois à venir, par la poursuite des publications et par l'édition d'un guide méthodologique à destination des gestionnaires.

I - ETAT DES LIEUX DES OPÉRATIONS DE RESTAURATION

1- Objectifs et réalisation de l'inventaire

Afin d'établir un état des lieux des opérations de restauration et de réhabilitation des végétations des falaises littorales des côtes Manche-Atlantique, un recensement a été effectué en 2007.

Après une phase de réflexion et de recherche bibliographique permettant notamment d'établir une fiche de collecte des informations sur chaque site, l'inventaire a été mené en trois étapes.

La première étape a consisté en une enquête (courriel et téléphone) auprès de l'ensemble des structures (collectivités, administrations, associations, espaces protégés...) concernées afin d'identifier les sites faisant ou ayant fait l'objet d'une opération de restauration.

Dans un deuxième temps, l'ensemble des sites identifiés ont été visités, afin de rencontrer les gestionnaires et de récolter les informations disponibles, notamment :

- caractéristiques du site : propriétaire, gestionnaire, statuts juridiques, types de milieux... ;
- descriptif de la nature des opérations de restauration et des suivis associés ;
- évaluation du succès des opérations ;
- données scientifiques et techniques disponibles.

Enfin, une synthèse des données a été réalisée comprenant notamment une fiche détaillée par site, avec un renvoi au gestionnaire pour validation et la réalisation d'un tableau synthétique reprenant la totalité des sites et permettant une analyse statistique des données (document en annexe).

Cet inventaire a permis d'identifier 31 sites, répartis sur 10 départements, concernés par les opérations de réhabilitation et de restauration des végétations de falaises.

2- Résultats

2.1. statuts et acteurs

Les sites du littoral Manche-Atlantique sont des secteurs soumis à de fortes pressions touristiques, tout en comportant des habitats d'intérêt communautaire, ce qui leur confère différents statuts d'inventaires et de protections. Ainsi, les gestionnaires doivent donc composer avec dans plus de la moitié des cas des une juxtaposition de 4 statuts de protections différents (ex : site classé + site Natura 2000 + Nds + ZNIEFF).

D'une manière générale, la propriété du littoral se répartit majoritairement entre le Conservatoire du littoral, les Conseils Généraux, les Communes et les propriétaires privés. Les communes sont en revanche les propriétaires majoritaires dans le secteur Atlantique. En secteur Manche, la propriété se répartit de façon équilibrée entre les Conseils Généraux, le Conservatoire du Littoral, et les propriétaires privés.

En ce qui concerne la gestion (gestionnaire et propriétaire différent souvent), les communes sont gestionnaires d'une très large majorité des sites du secteur Atlantique, alors qu'en secteur Manche, une forte majorité des sites est gérée par les Conseils Généraux. Dans le secteur Bretagne-Normandie on note trois types de gestionnaires majoritaires : Communautés de communes, Communes et Syndicats Mixtes.

2.2. Méthodes de restauration utilisées

Deux types de méthode de restauration s'offrent aux gestionnaires. Les premières méthodes, dite passives, consistent à protéger le milieu des dégradations extérieures et à favoriser sa restauration (pose de monofils ou de ganivelles destinées à la canalisation du public).

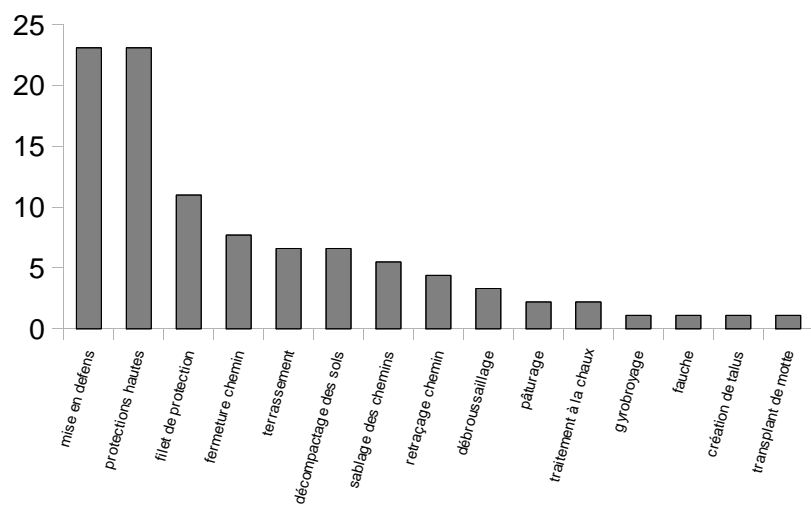


Figure 1. Méthodes utilisées au sein des sites identifiés

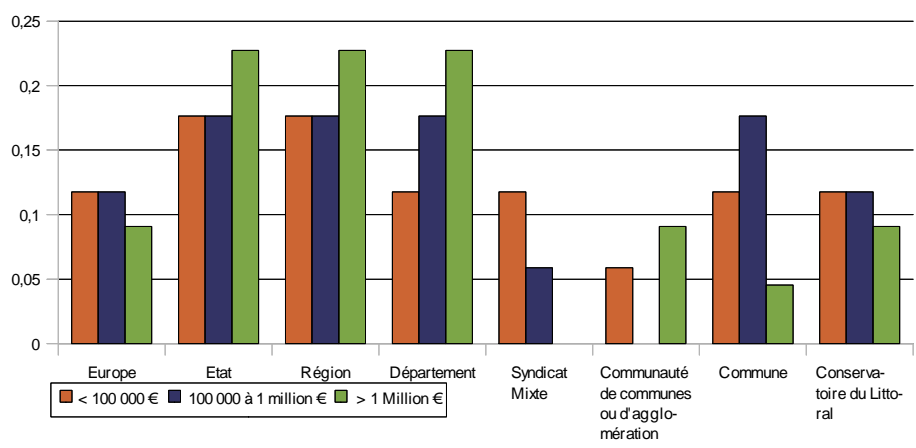


Figure 2. Part des principaux partenaires financiers selon le coût total du projet

Les secondes méthodes dites actives, sont fondées sur des actions plus lourdes (pose de filets biodégradables, terrassement, transfert de sol...) et permettent généralement une restauration plus rapide des milieux naturels.

Les méthodes de restauration passive (mise en défens, clôtures hautes) sont les plus employées par les gestionnaires. Les méthodes de restauration active, sont utilisées en complément sur de nombreux sites. Les plus utilisées sont les filets de protections biodégradables et le décompactage (terrassement) (Figure 2).

2.3. Caractérisation des financements des projets

Les moyens financiers mis en œuvre au cours d'une opération de restauration peuvent être élevés et demander le soutien de divers partenaires. L'analyse des données socio-économiques, récoltées au sein des 31 sites participant aux opérations de réhabilitation et de restauration, permet d'apprécier les enjeux financiers de la restauration des végétations sur les sites littoraux.

Les coûts globaux des opérations recensées sont très variables et s'inscrivent dans une fourchette allant de 100 000 à plusieurs millions d'euros. Dans ces dernier cas, il s'agit d'opérations relevant de la restructuration complète de site (exemple, la Pointe du Raz).

Les opérations de restauration des littoraux Manche-Atlantique s'effectuent majoritairement dans le cadre de programmes de type: Contrat Nature, Opération Grand Site, Natura 2000 et Contrat Plan Etat-Région. La participation à ce type de programme permet de mettre en place un réseau de partenaires financiers dont le poids est plus ou moins important selon l'ampleur du projet. Ainsi l'État, les Régions, les Départements et les Communautés de communes sont les principaux partenaires des opérations ayant un coût supérieur au million d'euros. Les syndicats mixtes interviennent préférentiellement sur les « petites » opérations. L'Union Européenne et le Conservatoire du Littoral participent au financement de tous types de projets.

Conclusion

Comme le montrent Les quelques résultats présentés ici, l'inventaire des sites a permis de mettre en avant les différentes techniques de réhabilitation et de restauration employées sur le littoral. Il était aussi 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 quels sont les enjeux et les pratiques à mettre en œuvre pour mener à bien la restauration de ces sites.

Cet état des lieux a en outre contribué à définir les manques existants, notamment en terme d'évaluation et de suivis écologiques des opérations de restauration mais aussi en terme de coordination des acteurs.

II - SUIVIS ET EXPÉRIMENTATIONS SUR LES SITES ATELIERS

I. ANALYSE DES DONNÉES À LONG TERME

Des suivis botaniques ont été mis en place sur un nombre restreint de sites ayant fait l'objet d'opérations de restauration. Les données acquises sur une période allant jusqu'à 15 ans ont pu être regroupées et analysées sur différents sites : Cap Fréhel, Pointes du Raz et du Van, Belle Île.

L'analyse de ces données dans le cadre de cette étude a permis de mettre en évidence l'existence de groupes dynamiques d'espèces végétales communs aux trajectoires de restauration de plusieurs secteurs géographiques de Bretagne. Un modèle dynamique de restauration fondé sur la composition floristique et le temps depuis la fin de la perturbation a été élaboré. Les différences de trajectoires de recolonisation mises en évidence semblent être liées à des variations locales dues à l'intensité de la dégradation initiale, ou à des variations des conditions mésologiques (sol, exposition aux vents et aux embruns...). Ces analyses ont notamment fait l'objet d'un article à paraître dans la revue *Restoration Ecology* (Sawtschuck et al. 2010 : *Spontaneous Succession as a Restoration Tool for Maritime Cliff-top Vegetation in Brittany, France*. DOI :10.1111/j.1526-100X.2010.00653.x)

L'analyse de ces données à long terme a également montré que les différences initiales entre la restauration passive et la restauration active tendent généralement à s'atténuer, voire à disparaître après quelques années.

2. ANALYSE DES PARAMÈTRES ENVIRONNEMENTAUX

Plusieurs suivis complémentaires ont été réalisés afin de compléter la connaissance des trajectoires de restauration et d'identifier les paramètres biotiques et abiotiques qui les influencent et sur lesquels il serait possible d'agir afin d'améliorer l'efficacité des opérations de restauration.

Des dispositifs expérimentaux, couplés à des relevés floristiques, ont été mis en place au sein des sites ateliers de la Pointe du Raz, Pointe de Penhir, et Cap Fréhel afin d'estimer :

2. les dépôts en sel par captage sur papier filtre ;
3. la force du vent par la technique des « tatter flags » ;
4. la pluie de graines par interception sur plaque engluée ;
5. analyse de la banque de graines.

Sur le site de Pen-Hir, une étude de l'influence des caractéristiques pédologiques sur les mécanismes de restauration a également été réalisée. L'objectif est de comparer les propriétés des sols dans des zones non dégradées et dégradées du site, afin d'analyser les processus de dégradation des sols, et de fixer d'éventuels seuils de réversibilité.

Les différentes études ont montré que les dynamiques de restauration ne peuvent être analysées en dehors de leurs contextes écologiques. De même, l'évaluation du niveau de restauration et donc du succès d'une opération doivent toujours être relativisés par rapport aux potentialités et aux contraintes du site.

2.1 Etude de la Banque de semences sur un site en cours de restauration : le Cap Fréhel

Pour comprendre les changements du couvert végétal impliqués dans les successions, l'étude des phases de germinations et d'établissement d'espèces est importante. À ce titre, la banque de semences est une caractéristique non négligeable des écosystèmes puisqu'elle constitue une végétation potentielle. Thomson et Grime (1979), puis Touzard (1999) ont utilisé la banque de semences afin

d'analyser les mécanismes régissant la biodiversité. Dans un objectif de restauration, Aronson & al (1995) ont intégré le stock de semences viables dans le sol comme faisant partie d'une liste des attributs vitaux nécessaires au fonctionnement d'un écosystème. De même, plusieurs auteurs se sont intéressés à cette végétation potentielle dans le cas de la restauration des dunes (Neffatti *et al.*, 1996), des prairies humides et sèches (Bakker *et al.* 1999), ou encore des prairies inondables.

L'objectif est ici de caractériser la banque de graines de différentes stations sur un site perturbé, le Cap Fréhel, afin de déterminer si une régénération par la banque de graines est envisageable.

Matériel et Méthodes

Sur le Cap Fréhel deux landes de référence, exposées respectivement Est (L1) et Ouest (L2), sont choisies et comparées à une zone perturbée au sein de laquelle trois stades dynamiques sont étudiés. Ces stades correspondent à une pelouse pionnière (S1), un stade prairial pouvant constituer un stade de blocage (S2) et un stade de lande en restauration (S3).

Au sein de chaque stade, la banque de graines étudiée par mise en germination d'échantillons de 10*10*10cm (Ter Heerdt *et al.*, 1996; Touzard, 2002) et des relevés floristiques sont réalisés par quadrats aléatoires (10 quadrats de 50*50 par stade).

Les diversités spécifiques du couvert végétal et de la banque de graines sont estimées à l'aide de l'indice de Shannon (tableau 1). Les résultats obtenus par les analyses des banques de semences sont confrontés à la végétation en place, grâce au coefficient de Jaccard (tableau 1).

Les descripteurs de la végétation et de la banque de graines (richesse spécifique, densité...) sont traités par ANOVAs et test de comparaison de moyenne de Tukey.

Résultats - discussion

Au cours de l'étude, 538 germinations appartenant à 22 espèces différentes ont été observées. Parmi ces espèces, seules 7 d'entre elles se trouvent dans la banque de graines des landes de références. Les banques de graines des stades de dégradation 2 et 3 sont les plus riches avec respectivement 15 et 14 espèces. Le stade le plus dégradé présente 10 espèces différentes au sein de sa banque de graines.

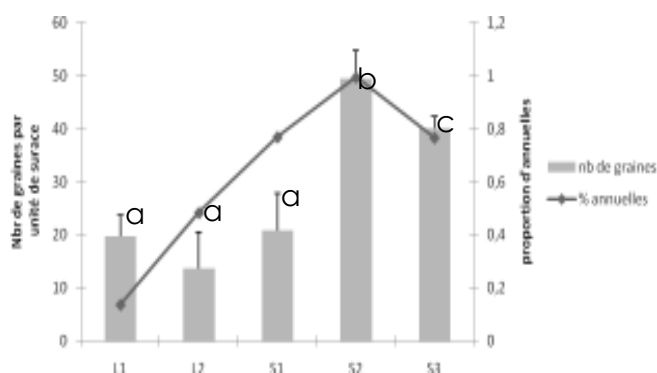


Figure 3. Comparaison de la densité de semences et de la proportions d'annuelles dans la banque de semences des cinq stations étudiées (les lettres indiquent les groupes homogènes en terme de densité ($p < 0,05$))

L'analyse des banques de graines montre une très grande similarité entre le stade S1 et S3 (64%), ce qui semble indiquer une dynamique potentielle vers un système de lande littorale (Tableau 1).

Cependant, il apparaît que la composition de la banque de graines des stades S1 et S2 est très dissemblable à la végétation des landes de référence. Cela implique donc que la banque de graines n'est pas un réservoir pouvant servir seule à la régénération de la lande dans ces zones. La similarité la

plus forte se trouve au sein du stade S3, avec 24% de concordance entre sa banque de graines et la végétation des landes L1 et L2. Cette augmentation de la similarité vient de la présence de graines d'*Ulex gallii* et d'*Erica cinerea* dans le stade S3. Ces graines font partie de la banque de graines profonde et peuvent rester à l'état de dormance pendant de nombreuses décennies. Il a ainsi été montré que les semences d'*Ulex gallii* gardent leur pouvoir de germination 42 ans après une implantation dans le sol (Stokes *et al.*, 2003).

Outre des variations d'ordre qualitatif de la banque de graines (richesse et composition), des variations de nature quantitative sont observées. La densité de la banque de graines est significativement inférieure dans les deux systèmes de références d'un stade dynamique plus mature (figure 3). Cette densité est largement supérieure dans les stades S2 et S3, du fait de plantes annuelles. Ces dernières sont favorisées par des perturbations liées à l'ouverture du couvert végétal, qui sont favorables à l'arrivée et à la germination des graines (Touzard, 1999). De fortes densités de graines dans le sol peuvent être reliées à des forts niveaux de contraintes ou de perturbation comme le piétinement (Pélissier *et al.*, 2006).

Tableau 1. Indices de similarité de Jaccard entre les compartiments végétation (« v ») et banque de graines (« bg ») des différents stades étudiés.

zones	L1v	L1bg	L2v	L2bg	S1v	S1bg	S2v	S2bg	S3v	S3bg
L1v	100	*	*	*	*	*	*	*	*	*
L1bg	23	100	*	*	*	*	*	*	*	*
	23.									
L2v	8	23.8	100	*	*	*	*	*	*	*
L2bg	33	50	23.8	100	*	*	*	*	*	*
S1v	14	23	23.5	3.7	100	*	*	*	*	*
S1bg	5.8	12.5	7.7	7.7	30.7	100	*	*	*	*
S2v	2.5	4.3	6.2	5.2	14.2	18.1	100	*	*	*
S2bg	10	10	10.3	12.5	15.1	26.3	25	100	*	*
	15.									
S3v	3	20	29	28	21	23	15.1	24.1	100	*
	23.									
S3bg	5	31.2	24	13	27.1	64.2	16	35	25	100

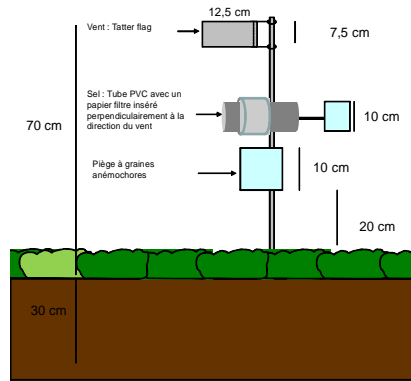
Cette étude a permis d'améliorer la connaissance des processus de résilience par la banque de graines des landes atlantiques. Il a ainsi été montré que dans le cas d'une perturbation ancienne et soutenue, la banque de graines constitue un faible réservoir d'espèces permettant une régénération correcte de la lande. On constate notamment une presque totale disparition des espèces *Erica cinerea* et *Ulex gallii* au sein de la banque de graines de la zone perturbée. Il est apparu que cette zone a suivi des trajectoires différentes selon les endroits considérés, aboutissant à patchs différents.

Le stade de végétation prairiale a une origine probablement anthropique. Il contient en effet des espèces qui ne sont pas caractéristiques des différentes trajectoires primaires menant à une lande atlantique (Gimingham, 1992) ; de plus, il serait en pleine expansion (Enoul, 1995). Des opérations de restauration pourraient donc être en mises en place pour limiter son recouvrement.

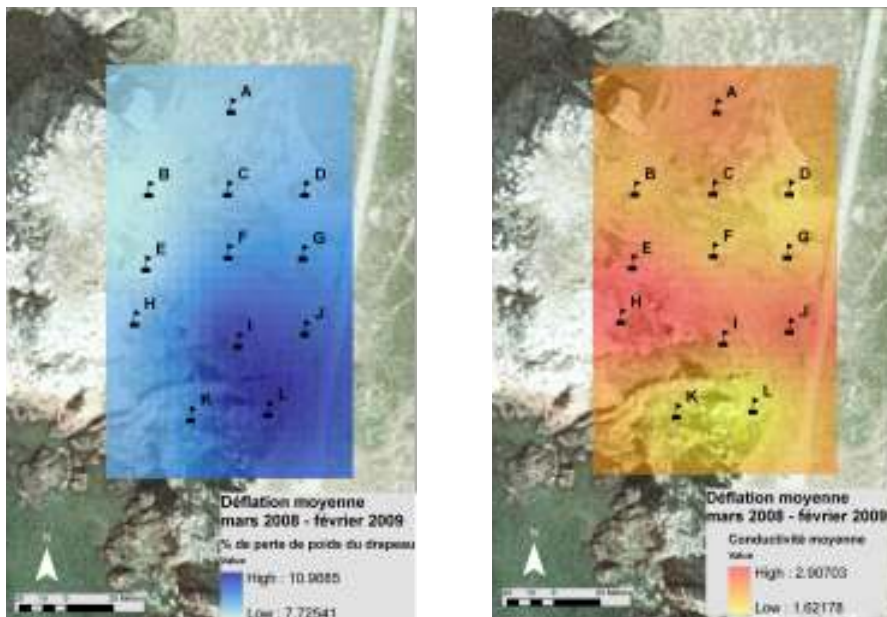
2.2 Analyse de la répartition et de l'influence des contraintes littorales : sel et vent

Le dépôt de sel et l'intensité du vent ont été suivis sur 3 sites situés à l'ouest de la Bretagne dans le département du Finistère.

Le premier site est la Pointe de Pen-Hir qui est un des caps de la presqu'île de Crozon. Sur cette pointe, la zone étudiée correspond à un secteur exposé à l'ouest et au sud-ouest qui commence au rebord de la falaise par une pente forte dominée par une pelouse aérohaline formant une micro-vallée entourée et entrecoupée de parois rocheuses et qui se termine au niveau du plateau sommital où la



lande est présente. Ce site correspond à une zone dégradée par la fréquentation qui a été mise en défens en février 2008. Douze stations de mesures ont été réparties régulièrement et espacées d'une



treintaine de mètres dans la zone mise en défens afin de décrire la variation spatiale des contraintes en relation avec la végétation.

Les deux autres sites sont la Pointe du Raz et la Pointe du Van : situés plus au sud, ils constituent les deux caps les plus à l'ouest du Cap-Sizun. Les stations de mesures présentes sur

Figure 4. Dispositif de mesure des contraintes liées au vent et au sel.

Figure 5. Cartographie des contraintes moyennes par mois pour la déflation et de dépôt de sel

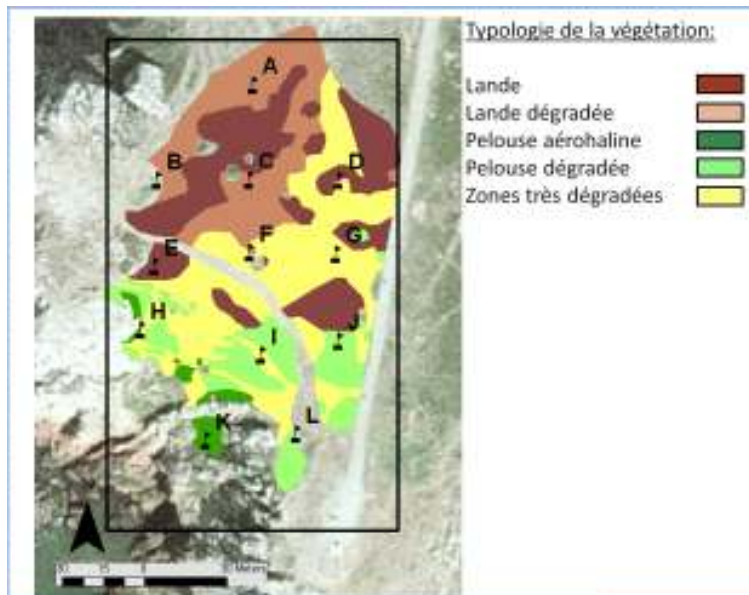


Figure 6. Cartographie de la végétation, le cadre correspond à zone d'extrapolation des contraintes

ces deux sites sont réparties de manière moins régulière, leur localisation correspond majoritairement à des sites en cours de restauration, sur lesquels des données historiques sont disponibles.

Dans chaque station, un dispositif (figure 4) permet de mesurer les dépôts de sels (par dépôt sur filtre papier) et d'évaluer l'effet du vent par la méthode des tatter-flags. À l'aide de ces dispositifs, différentes analyses sur les relations entre la végétation en place et le niveau de contraintes ont été conduites. Elles ont permis notamment de mettre en corrélation la présence de certaines espèces avec le niveau de stress liés au vent ou au dépôt de sel. Tous les résultats ne peuvent être développés ici. Ils feront l'objet de publications en cours de rédaction et sont développés au sein de la thèse de J. Sawtschuk.

Cette mise en relation entre végétation et contraintes est particulièrement importante dans la définition des écosystèmes de référence. En effet, lorsque la végétation est totalement détruite, il devient possible de définir objectivement le type de végétation potentiellement adapté.

L'une des difficultés rencontrée reste la spatialisation des données. En effet, il apparaît que les stress considérés peuvent présenter de fortes variations à courte distance. Ainsi, les dispositifs mis en place sur la pointe de Pen-Hir sont suffisamment proches les uns des autres (30 m) pour tenter de cartographier les variations des contraintes. Les outils d'interpolation spatiale d'un logiciel de SIG (Arcview) ont ainsi été utilisés pour fabriquer des cartes recouvrant l'ensemble de la zone quadrillée et non seulement limitée à des points. La méthode du krigage a été utilisée dans ce but en utilisant une taille de pixel de 5m x 5m, cette méthode fabrique une nouvelle couche d'information raster. Chaque pixel a une valeur attribuée en fonction de sa position et des valeurs des points de mesures.

Les cartes ainsi obtenues peuvent être mises en parallèle avec une cartographie de la végétation (Fig 5 et 6). Cette comparaison permet de mettre en évidence la relation entre la végétation et les contraintes. Même si la végétation comporte une grande proportion de végétation dégradée, on observe que la pelouse aérohaline a sa limite nord qui correspond au couloir de dépôt de sel identifié. Bien que situé clairement en contexte de pelouse, les stations K et L présentent un dépôt de sel inférieur avec cependant pour L une déflation importante. Les stations E, F et G dont la végétation potentielle posait question, sont en effet situées en bordure du couloir de remontée de sel. Ces végétations peuvent donc correspondre à des situations intermédiaires entre pelouse et lande. La station J semble être dans un contexte de pelouse aérohaline ; en effet les valeurs de dépôt de sel montrent que cette station reçoit du sel en quantité du fait de son alignement avec le couloir. Cette station située quasiment au niveau du plateau semble donc marquer ainsi la limite naturelle de la pelouse. La station B en contexte de lande présente aussi une pelouse située à quelques mètres à l'ouest du point de mesure, cette station se trouve pourtant dans un contexte peu exposé, la présence de la formation végétale herbacée semble donc être avant tout liée à la présence d'un placage sableux très localisé qui évolue vers la lande au niveau de B du fait d'un substrat moins sableux.

3. EXPÉRIMENTATIONS

Les opérations de restauration menées sur les végétations de hauts de falaises sont très largement fondées sur des méthodes de restauration passive, c'est-à-dire sur la mise en défens et sur l'expression des capacités internes d'auto-restauration. Néanmoins, celles-ci sont souvent complétées à plus ou moins large échelle par des méthodes de restauration active. Il s'agit notamment de la pose de géotextile, d'opérations de décompaction de sol, ou plus localement de transfert de biomasse, de sol ou de résidus de fauche. Si des suivis à long terme existent sur certains des sites concernés, ceux-ci ne permettent généralement pas d'évaluer l'efficacité de ces méthodes, faute de comparaison avec des témoins.

De même, si les expérimentations de restauration de landes ou de pelouses sont nombreuses dans la littérature, elles concernent généralement des sites non littoraux et ayant subi des transformations liées à des usages agricoles et non à une surfréquentation.

Afin de pallier le manque de données sur les méthodes de restauration actives, des expérimentations ont été mises en place sur les sites de Pen-Hir (Presqu'île de Crozon) et de Port-Coton (Belle-Île).

3.1 Protocole expérimental

Dans chacun des sites, différentes techniques de restauration ont été testées seules ou en combinaison dans deux contextes d'exposition (Tableau 2). Sur le site de Pen-Hir l'accent a été porté sur la pose de géotextile (filet coco) en combinaison avec les autres méthodes et sur le site de Port-Coton, sur la décompaction du sol.

Tableau 2. Techniques expérimentées au sein des deux sites (PH/PC) en conditions exposées (+) ou plus abritées (-)

Pointe de Pen-Hir = PH	PH -	PH +
Contrôle	x	x
Décompaction	x	x
Transfert de litière	x	x
Transfert de mottes	x	x
Création de pièges (trous)	x	
Geotextile	x	x
Décompaction/ Geotextile	x	x
Transfert de litière/ Geotextile	x	x
Transfert de mottes/ Geotextile	x	x
Piège/ Geotextile	x	
Transfert de biomasse / Geotextile	x	
Port Coton / Belle île = BI	PC -	BI +
Contrôle	x	x
Transfert de mottes	x	x
Transfert de biomasse	x	x
Décompaction	x	x
Décompaction / Transfert de mottes	x	x
Décompaction / Transfert de biomasse	x	x

3.2 Résultats et analyses

Les résultats précis ne peuvent être présentés ici, ils seront publiés dans un article à paraître dans la revue *Ecological Engineering*, ainsi que dans la thèse de J. Sawtschuk.

Plusieurs paramètres ont été pris en compte afin de comparer les techniques testées :

1. recouvrement total ;
2. richesse spécifique ;
3. composition floristique (distance au témoin).

Sur le site de Pen-Hir, les relevés floristique ont également pu être comparés avec des relevés de référence réalisés au sein du site.

Les résultats des différents paramètres étudiés ont pu être synthétisés sous forme graphique et présentés dans la figure 1 pour le site de Pen-Hir.

3.3 Conclusion

Par l'utilisation de différents indicateurs, cette étude a permis d'obtenir une vue d'ensemble de l'efficacité des techniques testées. Sans surprise le transfert de mottes donne le meilleurs résultats pour le couvert de végétation, la richesse spécifique et la distance au contrôle. Cependant, ces résultats doivent être contrebalancés par le problème de l'origine du matériel, qui induit la destruction d'écosystèmes intacts. Cette technique doit donc être évitée ou limitée à de petites surfaces. De plus,

d'autres méthodes moins destructives semble être autant voire plus efficaces. C'est le cas, par exemple, de la combinaison litière/geotextile, en zone faiblement exposée à Pen-Hir.

Tableau 3. Comparaison globale des méthodes de restauration

Type	Techniques	Avantages	Inconvénients	Bilan
Passive	Mise en défends	Cout limité Favorable à l'installation d'une végétation locale et adaptée	Temps de restauration parfois long. Efficacité limitée si la dégradation est très 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 oeuvre doit tenir compte des circuits de circulation « spontanés » existant sur le site via la réalisation d'un diagnostic de fréquentation. Doit être mis en place avant que la dégradation ne soit trop forte.
	- par systèmes bas (monofil)	Intégration paysagère, Canalisation efficace	peut facilement être traversé, marquage symbolique	Méthode de canalisation efficace, globalement bien respectée.
	- par systèmes hauts (ganivelle)	Canalisation efficace des visiteurs	intégration paysagère	Peut être utile pour marquer fortement les aménagements.
Active	Pose de filet biodégradable	facilite germination limite l'érosion disparaît en quelques années	Cout important 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 la 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	A 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	Efficace 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 couteuse (récolte, transfert,...)	Permet d'apporter une source locale de graines et d'orienter la restauration vers le système de référence.
	Décompactation	Accélère la recoloniation	Risque de favoriser l'installation d'espèces indésirables (rudérales ou invasives) Efficacité parfois limitée sans respects de la mise en défends	En combinaison avec la pose de filet, permet une accélération des processus initiaux de recolonisation en cas de sol très fortement compacté.
	Semi (non testé)	Végétalisation rapide Effet couvre sol	Source des graines (origine géographique, cultivar) artificialisation du milieu	a éviter en dehors d'aménagements paysagers et privilégier les graines de provenance locales

L'effet du géotextile est particulièrement net en zone abritée où il augmente significativement la richesse spécifique et le couvert de végétation en comparaison au contrôle. Ce résultat peut être expliqué par les effets protecteurs du filet face aux stress, particulièrement en préservant l'humidité (Rickson 1995; Mitchell *et al.* 2003; Magnin 2003). Paradoxalement, cet effet est moins net en zone exposée, sans doute du fait de l'adaptation des végétations cibles aux fortes contraintes. La pose de géotextile a également un effet de protection physique face au vent. Il permet ainsi de maintenir en place la litière ou la biomasse apportées quand ces techniques lui sont combinées. Il évite également que les jeunes pousses soient abruties par les lapins. Ces différents effets permettent notamment aux germinations d'éricacées ou d'ajoncs de se développer en grand nombre.

Les effets de la décompaction apparaissent mitigés. Son effet est néanmoins positif lorsqu'elle est combinée avec la pose de géotextile.

Dans cette étude, il apparaît en outre que les apports de litière ou de biomasse, méthodes moins destructrices que le transfert de mottes sont des sources intéressantes à la fois de diaspores et de matière organique et permettent une accélération des processus de restauration, notamment lorsqu'ils sont combinés à la pose de géotextile.

Enfin, cette étude a montré que l'efficacité des techniques de restauration est largement conditionnée par le niveau de stress. En situation très exposée, l'efficacité des traitements est largement amoindrie. Néanmoins, des dynamiques de restauration sont clairement initiées, et des suivis à plus long terme seront nécessaires pour les caractériser.

CONCLUSION

Les différentes observations et expérimentations menées ont mis en avant l'influence de différents paramètres et facteurs environnementaux sur les dynamiques de restauration et donc sur l'efficacité des techniques de restauration. Ainsi, la banque de graines qui est elle-même liée au niveau de dégradation initiale (Thèse de J. Sawtschuk), apparaît être un élément important de détermination des potentialités de restauration. Les contraintes spécifiques au milieu littoral (salinité, vent) vont quand à elles contribuer à organiser spatialement la végétation. Ces contraintes vont également conditionner l'efficacité des méthodes de restauration. Ainsi dans les zones très exposées, l'effet de la pose de filet biodégradable, par exemple, sera largement amoindri.

Les expérimentations menées sur la pointe de Pen-Hir, ont permis de réaliser une comparaison entre les différentes méthodes de restauration écologique, mais uniquement sur les premiers stades de recolonisation. Des différences très nettes apparaissent entre les méthodes. Ainsi ces expérimentations ont montré que la combinaison de méthodes non destructrices (exemple : filet biodégradable + apport de litière de landes) sont autant, voire plus efficaces que les techniques nécessitant la destruction d'un site donneur (transferts de motte ou de sol).

Pour une analyse à plus long terme, la difficulté principale vient du faible nombre de données disponibles. De plus, lorsque des suivis ont été mis en place, ils ont rarement été accompagnés de suivis de témoins ou de zones en restauration passive, suffisamment proches et similaires pour être considérés comme témoins. Les quelques données disponibles à long terme, montrent néanmoins que dans des conditions initiales de dégradation moyenne et en dehors des zones les plus exposées, la mise en œuvre de techniques actives de restauration, notamment le filet biodégradable ou la décompaction, permet généralement une accélération des processus de restauration. En revanche, au bout de quelques années, les différences avec les zones restaurées passivement disparaissent.

Le choix des méthodes utilisées doit donc tenir compte de l'état de dégradation, du contexte écologique et notamment du niveau de contraintes, mais aussi des objectifs temporels (restauration rapide, à moyen terme). Le tableau 3 donne les premières indications pouvant permettre d'orienter ces choix.

C'est notamment cette démarche de choix qui sera détaillée dans le guide méthodologique préparé à destination des gestionnaires d'espaces naturels.

III METHODES DE SUIVIS ET D'EVALUATION ECOLOGIQUE

La problématique du suivi et de l'évaluation des opérations de restauration nous semble aujourd'hui majeure. En effet, lors de l'inventaire mené sur le littoral Manche-Atlantique il s'est avéré que la majorité des opérations de restauration écologique ne font pas l'objet de suivis écologiques.

Cela pose différents problèmes en terme en terme d'évaluation des techniques mises en œuvre, d'acquisition de données sur les dynamiques de restauration, de transfert entre gestionnaires ou encore de communication vers le public. Il semble néanmoins qu'il y ait aujourd'hui une prise de conscience de l'intérêt de généraliser la mise en place de suivis.

D'un point de vue purement scientifique, une réelle évaluation globale de la restauration d'un écosystème nécessite la prise en compte d'un grand nombre de paramètres à la fois structuraux et fonctionnels, abiotiques et biotiques. Différents auteurs ont proposé des listes d'indicateurs plus ou moins facilement mesurables, du simple relevé de végétation à la mesure de la variabilité génétique des populations présentes, ou à la mesure des flux de nutriments au sein de l'écosystème (Aronson *et al.*, 1993 ; Cairns *et al.*, 1993) . Cette analyse complète s'avère impossible à mettre en œuvre à une large échelle, du fait des coûts engendrés et des compétences scientifiques spécifiques à mobiliser.

Dans le cas du suivi d'opérations de restauration, l'objectif principal va généralement être d'évaluer l'évolution du couvert végétal, considéré comme un indicateur des conditions stationnelles et de l'état de l'écosystème. Les méthodes utilisées doivent pouvoir être reproduites à intervalles plus ou moins resserrés et concerner l'ensemble des secteurs aménagés. Leur coût, notamment lié au temps nécessaire à leur réalisation doit être raisonnable. Les résultats doivent être facilement interprétables et compréhensibles, à la fois par les gestionnaires mais aussi par les élus, voire le grand public. Il peut également être intéressant que les méthodes puissent être mises en œuvre par le gestionnaire lui-même.

Ainsi, avant d'envisager la généralisation de la mise en place de suivis, il paraît important de mener une réflexion sur les méthodes utilisées. En effet, les différentes techniques disponibles, cartographies, relevés phytosociologiques, points-quadrats, quadrats permanents ou aléatoires (Bouzillé, 2007) vont chacune correspondre à une échelle et à une finesse d'observation différentes. Elles vont, en outre, présenter des difficultés plus ou moins grandes et nécessiter des temps de réalisation plus ou moins longs. Le choix de la méthode devra également prendre en compte les objectifs de suivis, purement liés à la gestion ou plus scientifique.

Dans le cadre de ce programme, cette problématique a été abordée selon plusieurs échelles. La première repose sur la comparaison des méthodes de suivis les plus couramment utilisées, à savoir lignes permanentes et relevés phytosociologiques. La seconde est une réflexion sur les méthodes cartographiques de suivis avec, d'une part, la définition d'une méthode de cartographie simplifiée, et d'autre part la mise en œuvre d'une méthode d'analyse paysagère de la dégradation.

I. ANALYSE COMPARATIVE DES METHODES DE SUIVIS

Afin d'effectuer une comparaison, nous avons analysé des données acquises dans le cadre des opérations de restauration de la végétation des pointes du Raz et du Van (Finistère) où pendant plusieurs années, ont été réalisées, sur les mêmes stations, des relevés phytosociologiques et des lignes permanentes de points contacts. Sur la vingtaine de lignes permanentes de points contacts (Daget et Poissonnet 1971) mises en place en 1991, 8 ont été suivies jusqu'à ce jour. Depuis 2002, ces lignes sont complétées par des relevés phytosociologiques réalisés sur une surface d'environ 25m² autour de la ligne.

1.1 Recouvrement global

L'approche du recouvrement global de la végétation diffère entre les deux méthodes : estimation directe du recouvrement pour les relevés phytosociologiques (Rtot) et indirecte (inverse de la fréquence du sol nu (100-%Sn) et la somme des fréquences spécifiques, ΣFr) pour les lignes permanentes. Les analyses de corrélation réalisées entre ces paramètres montrent une bonne corrélation ($R^2=0,74$, $p<0,001$) entre Rtot et ΣFr. Cette corrélation est atténuée pour les valeurs de ΣFr fortes du fait d'un plafonnement des valeurs de Rtot. En revanche, la corrélation n'est pas significative entre le recouvrement et «100-%Sn ».

L'observation de l'évolution temporelle de trois paramètres issus des relevés : Rtot, Σfr et 100-%Sn (Fig.7) montre des variations généralement très similaires entre ces paramètres, à la fois en terme de tendance et d'amplitude.

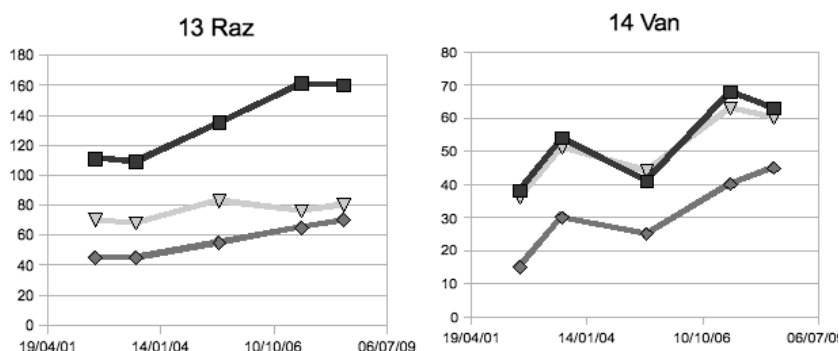


Figure 7. Evolution de Rtot (◆), Σfr (■) et 100-%Sn(▼) sur 2 des 8 lignes au cours de l'étude

1.2 Richesse spécifique

En terme de richesse spécifique, deux résultats peuvent être mis en avant. Tout d'abord, il existe une corrélation significative entre les valeurs de diversité spécifique enregistrée par les deux méthodes ($R^2=0,51$, $P<0,05$). En revanche, la diversité enregistrée par la méthode des lignes permanentes est toujours beaucoup plus faible que celle mise en évidence par les relevés phytosociologiques, avec seulement 58% (+/- 18,3%) des espèces relevées. Il existe donc une perte importante d'informations floristiques dans le cas de la lignes permanentes.

1.3 Cohérence des données floristiques

Pour chaque espèce observée au sein de chaque station, il est possible d'analyser la cohérence entre les résultats des deux méthodes utilisées (tableau 4). Les données apparaissent cohérentes entre les deux méthodes, notamment aux faibles fréquences. On note néanmoins une légère divergence aux fortes fréquences et une proportion importante d'espèces présentant le coefficient directement inférieur à celui attendu au vu de leur fréquences sur les lignes permanentes. L'analyse confirme également que les espèces non enregistrées par les lignes permanentes sont presque exclusivement des espèces présentes ponctuellement (+) dans les relevés phytosociologiques.

Tableau 4 : Répartition des coefficients d'abondance-dominance (A/D) en fonction de la fréquence observée. Les cases grisées correspondent aux valeurs pouvant être considérées comme cohérentes.

Fr (nb de données)	A/D				
	0 (espèce absente)	+	1	2	3
1 (88)	7%	78%	15%	0	0

2 à 5 (111)	6 %	33%	50%	11%	6%
6 à 25 (125)	5%	7%	45%	38%	5%
25 à 50 (18)	5%	0	6%	63%	25%

1.4 Discussion

Cette étude, fondée sur l'analyse d'un jeu de données existant, permet de comparer les résultats de deux méthodes de relevés couramment utilisées en écologie et notamment en écologie de la restauration. Le fait que ces données n'aient pas été spécifiquement réalisées à cet effet nous paraît un atout. En effet cette comparaison n'est pas de l'ordre de l'expérimentation, mais bien de la pratique courante. Elle intègre ainsi les erreurs minimales de relevés ou de report pouvant exister dans ce type d'étude.

Les résultats obtenus montrent que la sensibilité des deux méthodes est similaire. En effet, les variations de couvert suivent les mêmes tendances et les variations relatives sont du même ordre de grandeur.

En terme de capacité de diagnostic, plusieurs aspects sont à prendre en compte. Ainsi la cohérence des données spécifique apparaît relativement bonne, même s'il existe des décalages entre les deux méthodes, les résultats des lignes ayant globalement tendance à surévaluer les recouvrements. En terme de diversité, l'utilisation de la ligne permanente conduit très clairement à une perte d'informations, une grande partie des espèces à faible recouvrement étant alors « oubliée ». Néanmoins, cette perte d'information est à relativiser car une « traduction » des résultats des lignes en relevés phytosociologiques semble conduire à des diagnostics similaires, c'est-à-dire au même rattachement à une unité phytosociologique. Les deux méthodes de relevés apparaissent donc permettre un diagnostic du milieu par rapport notamment aux références telles que la Directive européenne « Habitats-faune-flore » ou les « cahiers d'habitats ».

La méthode phytosociologique permet un diagnostic efficace et transférable du fait notamment de l'existence de références auxquelles peuvent être confrontés les résultats. Elle comporte néanmoins des contraintes. Ainsi, certaines analyses statistiques simples ne sont pas réalisables avec cette méthode. Même en cas de réplification des relevés il n'est pas possible de calculer de relevé moyen ou de quantifier la variabilité spatiale du recouvrement des espèces, celui-ci étant défini par classe. En revanche, ceci est possible avec les lignes permanentes, chacune constituant un échantillon. De plus, dans le cadre de recherches plus fondamentales, il est possible d'utiliser les lignes de points-contacts mais comme bases pour des analyses des dynamiques de remplacement à l'échelle du point de relevé (Godron, M., *comm. pers.*). La ligne permanente semble donc être un complément utile lorsque l'objectif des suivis sort du cadre strict de la gestion et intègre une composante de recherche.

Cette étude a permis de confronter les résultats issus de deux des méthodes couramment utilisées en écologie. Elle a montré que le choix de la méthode ne modifie pas fondamentalement le résultat du suivi et l'évaluation écologique de l'état du couvert végétal. La démarche entamée dans cette étude doit se poursuivre par la mise en parallèle avec d'autres méthodes de relevés tels que les quadrats ou encore avec les méthodes cartographiques dont l'échelle d'application sera plus large afin d'analyser les complémentarités entre ces approches.

2. MISE AU POINT D'UNE MÉTHODOLOGIE DE CARTOGRAPHIE SYNTHÉTIQUE

La deuxième approche mise en oeuvre repose sur une problématique d'évaluation globale de l'état ou de la dynamique de restauration d'un site. En effet, les méthodes analysées précédemment donnent une information fiable mais ponctuelle.

L'évaluation globale de l'évolution d'un site nécessite la mise en œuvre de méthodes de type cartographique. Des entités homogènes sont déterminées au sein de l'espace considéré, chaque unité étant caractérisée par différents paramètres. L'image donnée est donc plus globale mais va dépendre des paramètres choisis. La cartographie est un outil largement utilisé dans le cadre de la gestion des espaces naturels. Tous les sites du réseau Natura 2000 font ainsi l'objet d'une cartographie des habitats naturels et semi-naturels.

Les méthodologies de cartographie généralement mises en œuvre sont en revanche assez lourdes et nécessitent une connaissance approfondie en écologie et botanique. De ce fait leur utilisation est généralement ponctuelle et non répétée dans le temps. L'objectif est donc ici de définir une méthode simplifiée qui soit à la fois fiable et sensible permettant un suivi dans le temps et une réelle évaluation de l'état de restauration.

2.1 Méthodologie

La méthode retenue ici pour l'évaluation globale de la restauration du site est fondée sur une cartographie des zones aménagées. Néanmoins, afin que cette évaluation puisse être répétée et transférée facilement à d'autres sites, le principe d'une cartographie fine de type phytosociologique n'a pas été retenu.

Une liste de paramètres à prendre en compte pour répondre à la problématique d'évaluation a ainsi été établie.

Les paramètres retenus doivent permettre d'une part de décrire la zone considérée (Tableau 5), et d'autre part d'analyser l'état du couvert végétal et des sols (Tableau 6). La plupart des descripteurs sont déclinés sous forme d'indices correspondant à des classes de valeurs, facilitant la prise de notes.

Tableau 5. Paramètres de description de l'entité

Paramètre	Secteur	Polygone	Type d'aménagement	Substrat	Pente
Information, valeur ou codage	Le site est découpé en 16 secteurs correspondant aux photographies aériennes	Au sein de chaque secteur les polygones sont numérotés	<i>Mono</i> : Monofil <i>Bif</i> : Bifils <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>Rank</i> : Ranker <i>PS</i> : Placage Sableux <i>DP</i> : Dune perchée <i>Sorg</i> : Sol organique et arène	0 : Plat I : pente faible II : pente moyenne III : pente forte

Tableau 6. Paramètres de description de l'état de l'entité

Paramètre	Sol nu	Hauteur de la végétation	Érosion	Type de végétation /Espèces dominantes	Remarques
Information, valeur ou codage	0 : pas de sol nu I : 1-10% II : 10-50 % III : >50%	0 : pas de végétation I : <10cm II : 10-30 cm III : >30 cm	0 : Pas d'érosion apparente 1 : Ébauche de ravines 2 : Ravines Marquées 3 : Forte érosion	Selon liste pré-établie	Notamment présence d'invasives. Autres éléments

Concernant la composition floristique, le type de végétation est défini à partir d'une liste pré-établie, et contrôlé par le relevé des espèces dominantes.

Les relevés de terrain et le contournage des différentes entités de végétation homogène sont réalisés à l'aide des photographies aériennes les plus récentes disponibles et transférés dans un système d'information géographique. Chaque entité est ensuite renseignée pour chacun des paramètres.

2.2 Résultats - Discussion

Cette méthode a été testée sur différents sites. Le premier site testé a été la Côte sauvage de Quiberon (Gallet *et al.*, 2009). C'est en effet en collaboration avec les gestionnaires de ce site que la méthode a été discutée et mise au point. Elle a ensuite été reproduite sur 9 autres sites : Cap d'Erquy et Cap Fréhel (Côtes d'armor), Pointes du Van, Pointe du Raz et Pointe de Pen-Hir (Finistère), sites de Pen Men et Trou de l'Enfer (île de Groix, Morbihan) et le site de Port Coton (Belle-Île, Morbihan).

La réalisation de ces différentes cartographies ont permis d'affiner la méthodologie notamment en ajustant la déclinaison des paramètres relevés. Elles ont également permis de caractériser les atouts de cette méthodes notamment en terme de temps de réalisation (moins d'une heure par hectare sur le terrain) mais aussi certaines de ses limites (notamment disponibilité des photographies aériennes récentes).

L'effet observateur a pu être testé lors de la cartographie menées à Port Coton où les mêmes secteurs ont été cartographiés par des groupes différents. Des divergences apparaissent bien entendu en terme de délimitation des entités homogènes et de l'espace à cartographier, ainsi que sur l'estimation de certains paramètres. Concernant les habitats, sur l'exemple présenté dans la figure 8 on note quelques différences entre « lande basse » et « lande moyenne ». De même l'interprétation peut changer entre « végétation de falaise » et « pelouse hyperhalophile ». Sur les critères physionomiques, tels que le niveau de sol nu, des différences peuvent exister mais entre des gammes d'indices proches : 0/1 ou 2/3.

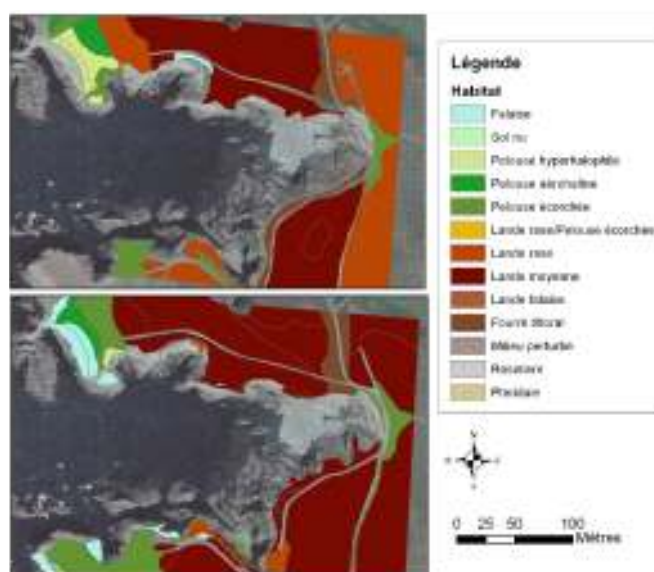


Figure 8: exemple de mise en évidence de l'effet observateur sur un secteur cartographié à Port-Coton.

2.3 Conclusion

Les acteurs de la restauration écologique et de l'écologie de la restauration semble convaincus de la nécessité de disposer d'une évaluation des opérations de restauration écologique. Néanmoins, la mise en œuvre de cette évaluation est confrontée à plusieurs difficultés. D'une part, les moyens nécessaires sont rarement prévus dans les budgets des opérations de restauration écologique, et cette évaluation paraît souvent anecdotique voire accessoire aux yeux des décideurs politiques, soucieux de

ne pas investir dans des « dépenses inutiles ». D'autre part, il existe parfois un décalage important entre les modalités d'évaluation idéale imaginée par les scientifiques, et les moyens dont disposent les gestionnaires du site. En effet, s'il est possible de mettre en place des dispositifs très lourds de suivis comprenant de multiples analyses physico-chimiques voire génétiques au sein de sites ateliers ou dans le cadre de grands programmes de recherche, cela est tout simplement inimaginable scientifiquement et techniquement sur la plupart des sites. Il convient donc d'envisager des méthodes de suivis fondées scientifiquement et qui permettent une réelle évaluation de la restauration du système, tout en restant accessibles à la plupart des gestionnaires. En effet, si la connaissance précise des mécanismes intervenant sur certains sites est fondamentale, elle doit être complétée par l'acquisition de données plus globales sur un nombre maximal d'autres sites.

Tableau 5. 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 6. Echelle de dégradation (d'après Bioret et al., 1991).

	<i>stade de dégénération</i>	<i>structure de la végétation</i>	<i>cortège floristique</i>	<i>recouvrement</i>
1	groupement initial	tapis végétal originel, fermé	espèces du groupement originel	100 % (<i>peut être inférieur dans le cas des pelouses écorchées</i>)
2	faciès de superposition	voile de superposition, sans déstructuration du tapis végétal originel	espèces du groupement originel + espèces nitrophytes	100 %
3	groupement déstructuré <i>ou</i> <i>groupement de substitution</i>	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% <i>50 à 100% pour le groupement de substitution</i>
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 7. Valeurs de coefficient de dégradation, en fonction de l'échelle de dégénération.

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

La méthodologie proposée nous semble répondre à cet objectif : elle est en effet relativement simple à mettre en œuvre, permet de couvrir d'assez grands territoires tout en permettant un réel suivi du système. L'évaluation de la restauration par cette méthode permet en outre d'intégrer plusieurs échelles de réflexion. En effet, l'état de restauration peut-être observé à l'échelle de l'entité cartographie (station), d'un secteur particulier du site, ou de l'ensemble de celui-ci.

3. DIAGNOSTIC PAYSAGER ET ÉVALUATION DE LA DÉGRADATION.

L'objectif de cette étude est la réalisation d'un diagnostic paysager permettant une évaluation globale de la dégradation ou de la conservation des habitats naturels et semi-naturels à l'échelle d'un site.

Le site étudié dans le cadre de ce programme de recherche est la côte sauvage de l'île de Groix, de la pointe de l'Enfer à la pointe de Pen-Men. Il correspond à des falaises micaschisteuses très pentues et exposées, d'une altitude maximale de 30 à 40 mètres. Le site subit une fréquentation touristique, localement très importante en période estivale. Une approche diachronique de l'état de conservation de la végétation de la côte sauvage est rendue possible, par la comparaison de trois séries de synrelevés effectués à trois périodes différentes : 1989 (Bioret *et al.*, 1991), 2000 (Andreu Boussut, DEA UBO), et 2008 (dans le cadre de ce programme LITEAU).

La méthode suivie, mise au point par Bioret *et al.* (1991), est fondée sur l'approche symphytosociologique et le principe des relevés symphytosociologiques (Géhu, 1979, 1991) et sur la méthode d'évaluation de l'artificialisation des paysages (Géhu & Géhu-Franck, 1981, 1991). L'objet d'étude est le geosigmetum, qui correspond à un territoire géomorphologiquement homogène. Le principe consiste à réaliser un synrelevé rassemblant l'ensemble des associations végétales (syntaxons) présents sur le site, en distinguant les différents états de dégradation. La zone d'étude a été subdivisée en 13 tronçons ou secteurs, géomorphologiquement homogènes et correspondant à autant de geosigmeta, depuis la pointe de l'Enfer au sud-ouest, à la pointe de Pen-Men au nord-est.

Pour chaque syntaxon, les informations suivantes sont relevées :

1. Forme spatiale : En suivant géhu & Géhu-Franck (1981), les symboles suivants ont été retenus : . ponctuelle, / linéaire, 0 frange, o petit spatial, O grand spatial

2. Coefficient d'abondance (CAD)

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

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 & Géhu-Franck (1981) (Tableau 5).

4. Stade de dégradation

Une échelle de dégradation permettant d'identifier 7 stades (Tableau 6) a été mise au point.

5. Coefficient de dégradation : CD

Le coefficient de dégradation est proportionnel à l'échelle de dégradation. Il varie de 1 à 64 (Tableau 7).

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.

$ESD = COS \times CD$

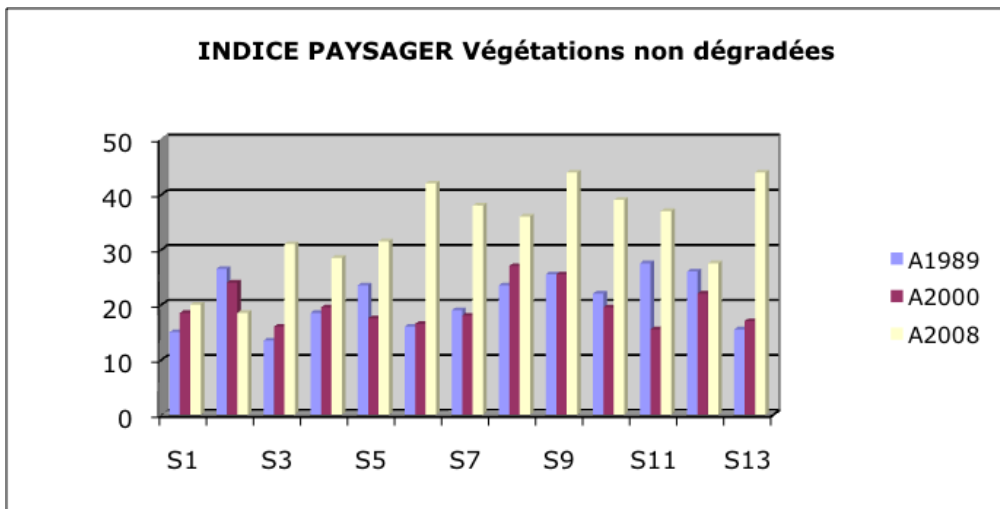


Figure 8. Variations de l'indice paysager des végétations non dégradées de 1989 à 2008 sur les 13 secteurs du site d'étude.

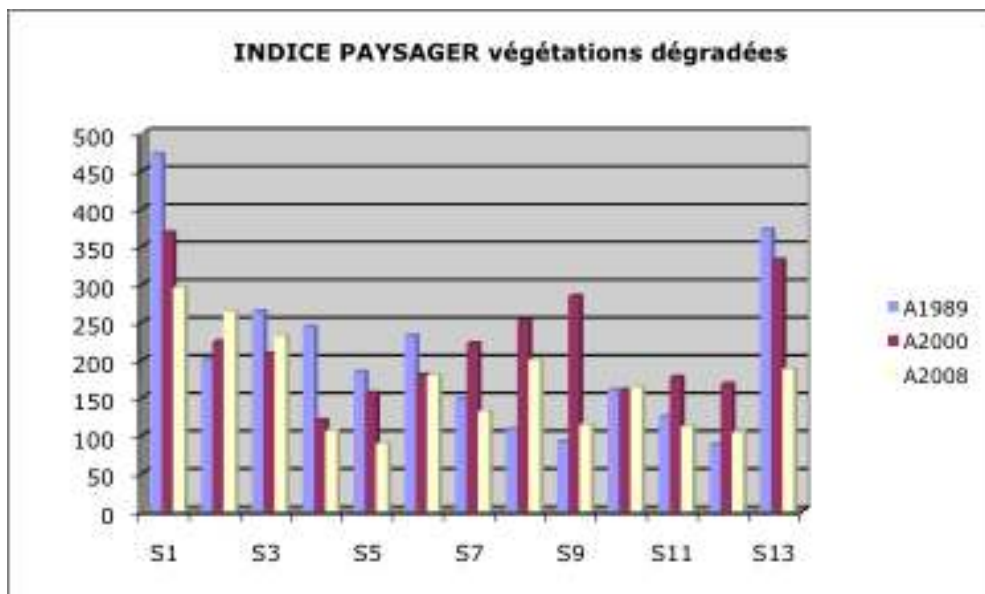


Figure 9. Variations de l'indice paysager des végétations dégradées de 1989 à 2008 sur les 13 secteurs du site d'étude.

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).

À l'échelle de l'ensemble du site d'étude, l'indice paysager des végétations non dégradées (IPND) (Figure 8) 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 9) : 5 secteurs montrent une diminution constante de l'indice. Sur 5 autres secteurs, l'indice augmente entre 1989 et 2000 puis diminue à nouveau 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.

Conclusion

La méthode des indices paysagers de dégradation apparaît comme complémentaire des méthodes d'analyse fine de la végétation (points-contacts, quadrats permanents). Fiable et 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.

Dans le cadre de l'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.

CONCLUSION SUR LES MÉTHODES DE SUIVIS

Les différentes méthodes de suivis permettent une analyse de la dynamique de restauration à des échelles différentes. Les méthodes classiques d'écologie vont donner une image fine des trajectoires de restauration et, si chacune d'entre elles permet une exploitation scientifique différente, le choix de la méthode ne modifie pas le diagnostic. Le point majeur reste la mise en place des suivis dès l'initiation du programme d'aménagement et de restauration, et le maintien dans le temps des suivis au-delà de quelques saisons.

Les méthodes cartographiques quant à elles permettent d'avoir une image plus globale des processus de restauration, ainsi qu'une évaluation, non pas de telle ou telle méthode, mais plutôt de l'opération en elle-même. Même si ces méthodes peuvent s'appliquer *a posteriori*, il apparaît fondamental de généraliser la réalisation d'un état des lieux précis avant aménagement. C'est d'ailleurs sur cet état des lieux que devraient se définir les modalités de restauration et les objectifs de celles-ci.

Les deux approches sont donc complémentaires et le choix d'une méthodologie de suivi va largement dépendre des objectifs et du contexte. Ainsi, en l'absence de d'objectifs scientifiques précis, et dans une optique de suivi et d'évaluation de l'état de conservation d'un site, les méthodes cartographiques nous semblent devoir être privilégiées. Celles-ci peuvent être complétées par des relevés locaux (quadrats, lignes ou relevés phytosociologique), si certains secteurs présentent des enjeux de conservation ou de restauration particulier. En revanche, si l'opération de restauration s'accompagne d'une problématique de recherche (analyse des dynamiques, comparaisons de techniques de restauration...), les méthodes d'écologie scientifique devront être privilégiées.

IV ANALYSE SOCIO-ECONOMIQUE

L'une des originalités de notre programme de recherche est établie par le croisement entre les questionnements écologiques et environnementaux et les questionnements économiques. Cette analyse économique a porté sur plusieurs thèmes attachés aux sites protégés et à leur mode de gestion. Les préoccupations étaient les suivantes :

- la nécessité d'un bilan analytique des coûts des opérations de restauration et de réhabilitation ;
- une analyse des usages et une définition économique de la valeur des sites et l'éventualité d'une mesure des valeurs.

Le bilan des coûts des opérations a permis d'étudier les modalités des opérations de restauration et de tester l'hypothèse d'un lien entre l'état initial d'un milieu et les coûts de restauration. Cette hypothèse peut être complétée par d'autres considérations comme le caractère touristique du site, la proximité d'activités anthropiques, etc. Il n'en demeure pas moins qu'en termes de politique publique, la maîtrise des coûts et leur confrontation avec les objectifs assignés pour mener la dépense sont des impératifs régulièrement rappelés. C'est pourquoi la fréquentation est aujourd'hui une préoccupation grandissante.

La plupart des réseaux d'espaces protégés mettent aujourd'hui en place des instruments de protection et de restauration. Or en France, les espaces naturels protégés, supports d'activités récréatives (en particuliers les espaces littoraux) sont, à des degrés divers, généralement ouverts au public. Ces accès libres peuvent conduire à des situations de surfréquentation qui s'apparentent à la *tragédie des communs*, largement connue des économistes, et qui affecte les ressources naturelles. Ces risques sont d'autant plus importants que la fréquentation des sites connaît une très forte augmentation du nombre de leurs visiteurs depuis une vingtaine d'années. Les espaces littoraux sont donc sujets à des tensions et à divers conflits d'usage en raison d'un espace de plus en plus sollicité et de plus en plus rare.

Pour comprendre une partie des usages et envisager une mesure de la valeur des sites, notre analyse a porté sur les formes de valeur d'un actif naturel à partir de la méthode d'évaluation contingente (MEC) sur trois sites : la Presqu'île de Quiberon (56), la Pointe du Raz (29) et le Cap Fréhel (22). Elle s'appuie sur les préférences des usagers que l'on définira comme les individus utilisant l'actif naturel comme support de leurs activités respectives sur le site. Les données socio-économiques ont été obtenues par entretiens.

Des dispositifs d'aménagement, de restauration et de mise en protection ont été mis en place sur ces trois sites dont les modes de gestion sont différents. Deux questions sont envisagées :

- les usagers des trois sites retenus sont-ils prêts à payer directement la collectivité pour l'entretien du site ?
- les usagers seraient-ils disposés à verser davantage à la collectivité pour assurer l'entretien de ces dispositifs ?

Plusieurs résultats intéressants ont été obtenus sur la perception qu'ont les usagers des opérations de restauration, d'aménagement et de protection. La première leçon est de constater que si les trois sites retenus présentent des modes de gestion différents, l'analyse comparative que nous avons menée démontre une bonne prise en compte du contexte par les visiteurs interrogés dont les réponses tendent à se rejoindre pour qualifier les principes et les objectifs attendus. La plupart des visiteurs ont connaissance des dispositifs et organismes existants en matière de protection des sites. Les « parcs nationaux », les « parcs régionaux » et le « Conservatoire du littoral » sont connus respectivement de 83 %, 84 % et 81 % des personnes interrogées.

Cette étude est particulièrement utile pour décrire plus précisément les visiteurs et leurs comportements. En effet, pour les échantillons interrogés, les réactions relatives aux mesures de protection ont été mesurées. 97,3 % de l'échantillon total affirme respecter les mesures de protection,

en particulier les monofils, et près de la moitié estime que ces mesures ne les gênent pas et paraissent des mesures efficaces pour protéger les sites. Par ailleurs, les deux tiers expriment une totale

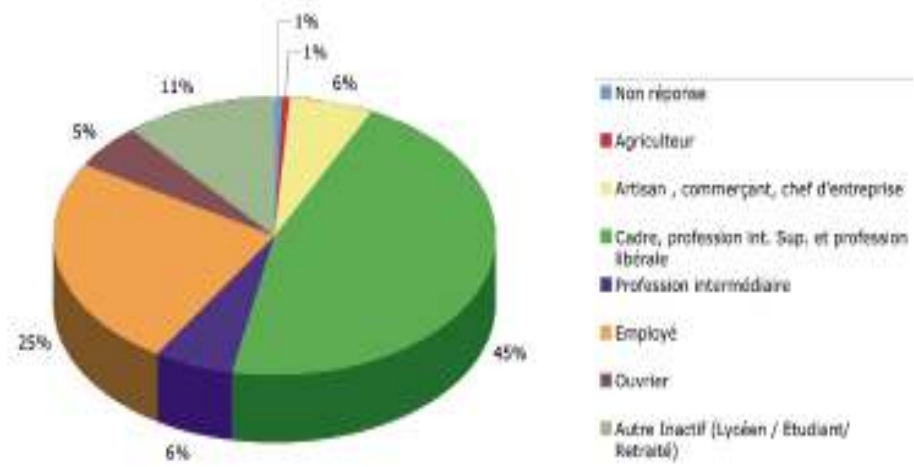


Figure 10. répartition des personnes interrogées par CSP

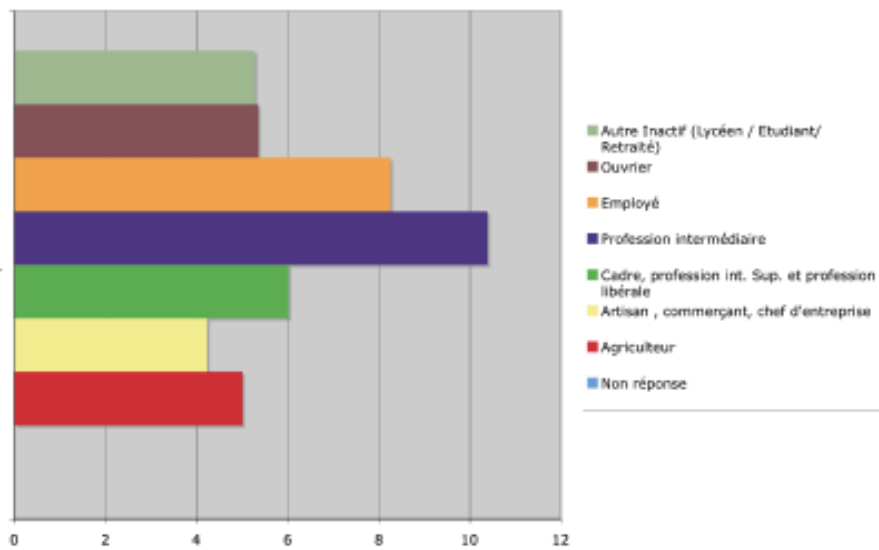


Figure 11. Dépenses sur site (en euros) selon la CSP

satisfaction de la qualité actuelle du site. L'ensemble de ces tendances est confirmé par la très forte approbation de l'intervention comme mode de gestion du milieu naturel. Le résultat est favorable à plus de 91,0 %.

Il n'est pas surprenant de constater ensuite un avis favorable majoritaire pour ne contribution des visiteurs. Ce consentement à payer est par ailleurs directement sensible à une série de variables explicatives qui ont été précisément étudiées : l'âge, le revenu, la catégorie socioprofessionnelle (Figure 10) , le diplôme et la durée de la visite. Ainsi, environ un tiers des visiteurs a entre 35 et 49 ans et un autre tiers entre 50 et 65 ans. Corrélé à l'âge, le revenu annoncé est également supérieur à la moyenne nationale : 14,7 % des personnes interrogées vivent dans un ménage qui gagne plus de 4 500 €, 17,9 % ont entre 3 500 € et 4 000 € et 24, % entre 2 500 € et 3 500 €. La vie en couple est également très représentée (trois quarts environ des situations).

Le calcul d'un consentement à payer moyen (CAP moyen) peut donc avoir un intérêt en termes de mises en place d'une politique pour solliciter la contribution des usagers à l'effort de maintien du littoral. L'estimation statistique d'un CAP pourrait servir de base au calcul d'une VAN (Valeur Actualisée Nette) et ainsi de comparer à long terme la « rentabilité », ou plutôt les coûts réels que doit supporter la collectivité pour préserver, restaurer et aménager des sites naturels dans une perspective d'ouverture touristique. Ainsi, le CAP moyen par visiteur est estimé à 1 euro pour la Presqu'île sauvage de Quiberon, à 6,87 euros pour la Pointe du Raz et à 2,89 euros pour le Cap Fréhel.

La faiblesse de ces valeurs est à mettre en relation avec d'une part la faiblesse des dépenses moyennes réalisées sur les sites (généralement moins de 25 €, dont la moitié est consacrée à la nourriture, Figure 11) et d'autre part le sentiment que l'espace naturel est un bien public et qu'il appartient donc à l'État de financer sa gestion.

L'ensemble de ces informations conforte plutôt les interventions sur les sites naturels protégés et les pratiques en cours des gestionnaires. Dans les réponses formulées au cours de nos entretiens, il n'est apparu aucune hostilité, ni même aucune contestation des mesures tendant à la protection des milieux. Les visiteurs acceptent plutôt largement de ne plus appréhender en toute liberté une nature fragilisée. Ils sont également favorables à une mobilisation de moyens pour assurer la préservation des milieux et sont disposés à apporter directement cette aide, même si elle reste à un niveau symbolique proche du référentiel qui est donné, par expérience, au prix du stationnement.

CONCLUSION GENERALE

Conformément aux objectifs fixés, ce programme de recherche a permis de développer une connaissance plurielle de la restauration des végétations de falaises (pelouses et landes) du littoral Manche-Atlantique.

Le premier domaine d'acquisition de connaissance concerne les opérations de restauration elles-mêmes et leur cadre de réalisation. L'inventaire mené a ainsi permis d'établir un état des lieux de ces opérations, tout d'abord en les identifiant puis en les caractérisant. Les acteurs et les dispositifs législatifs ou financiers impliqués ont ainsi pu être identifiés. De même, cet inventaire a permis de caractériser les techniques de restauration utilisées et les méthodologies de suivis mises en œuvre. C'est notamment le constat des faibles connaissances disponibles et du manque de recul sur les méthodologies utilisées qui ont conduit à développer le deuxième axe de ce programme.

Le deuxième axe concerne l'analyse et l'évaluation des processus de restauration. Il s'agit de mettre en œuvre des méthodologies d'écologie végétale afin d'analyser les dynamiques de restauration et l'influence de différents facteurs écologiques et, bien entendu, des techniques de restauration utilisées. Ces analyses ont notamment pu être réalisées grâce à l'apport de la thèse de Jérôme Sawtschuk, dont la partie salariale a été financée par la Région Bretagne dans le cadre du programme ARED. Cette analyse écologique est fondée sur d'une part l'utilisation de jeux de données à long terme (jusqu'à 17ans) disponible au sein de l'équipe, et d'autre part sur la mise en place d'expérimentations en collaboration avec les gestionnaires d'espaces naturels, notamment à Crozon et à Belle-Île. Le partenariat entre les différents chercheurs de l'équipe a permis l'élargissement du champ des situations prises en compte.

Le troisième axe de recherche concerne les outils d'évaluation des opérations de restauration et notamment d'évaluation écologique. En effet, l'une des causes apparentes de l'absence de suivis est la complexité et la lourdeur des dispositifs classiques de suivis (phytosociologie, lignes de points-contacts). La réflexion a donc porté sur la mise au point de méthodes cartographiques simplifiées permettant d'avoir une vision fiable de la dynamique du milieu sans demander d'investissements humains trop lourds pour les gestionnaires.

L'évaluation d'une opération de restauration ou plus généralement d'aménagement ne peut être seulement écologique et doit également intégrer des composantes socio-économiques. Cette approche a été développée d'une part par l'analyse des coûts des opérations et des montages financiers, mais aussi par une analyse de la valeur accordée aux aménagements et aux sites par les usagers. Les constats et réflexions menés ont également ouvert des perspectives et des interrogations nouvelles notamment sur la perception sociologique des aménagements et sur les processus décisionnels impliqués. Ceci a conduit à l'initiation d'une thèse sur ces thématiques, financée par la Région Bretagne et réalisée en partenariat avec les gestionnaires d'espaces naturels.

Enfin le transfert auprès des gestionnaires est un élément important de ce programme ; il prend plusieurs formes. Tout d'abord, les résultats de ce programme ont été présentés lors d'un séminaire de restitution auquel l'ensemble des gestionnaires contactés au cours du programme ont été conviés. De façon plus large, la participation et l'organisation de colloque au sein de réseaux comme REVER, ouverts aux gestionnaires, permet de diffuser nos réflexions et d'échanger avec les différents acteurs de terrain : gestionnaires, bureaux d'étude, services de l'État, usagers.... La publication de certains résultats, notamment ceux concernant les suivis dans des revues à audience large (Espaces naturels, Ingénieries-EAT) s'inscrivent également dans cette volonté de diffusion. Enfin le guide méthodologique en cours de rédaction permettra traduire les résultats de ce programme en outils d'aide à la décision pour les gestionnaires d'espaces naturels.

