



**HAL**  
open science

# Caractérisation des mesures compensatoires : développement d'une grille de lecture pour rationaliser la prise en compte des incertitudes liées aux techniques d'ingénierie écologique et au délai de réalisation

Pierre Mazoyer

## ► To cite this version:

Pierre Mazoyer. Caractérisation des mesures compensatoires : développement d'une grille de lecture pour rationaliser la prise en compte des incertitudes liées aux techniques d'ingénierie écologique et au délai de réalisation. [Stage] IRSTEA - Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture, 2 Rue de la Papeterie, 38402 Saint-Martin-d'Hères; AgroCampus Ouest, Rennes. 2018, pp.1-67. hal-03745347

**HAL Id: hal-03745347**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03745347>**

Submitted on 4 Aug 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0  
International License

Année universitaire 2017-2018

**Spécialité :**

Génie de l'Environnement

**Spécialisation (et option éventuelle) :**

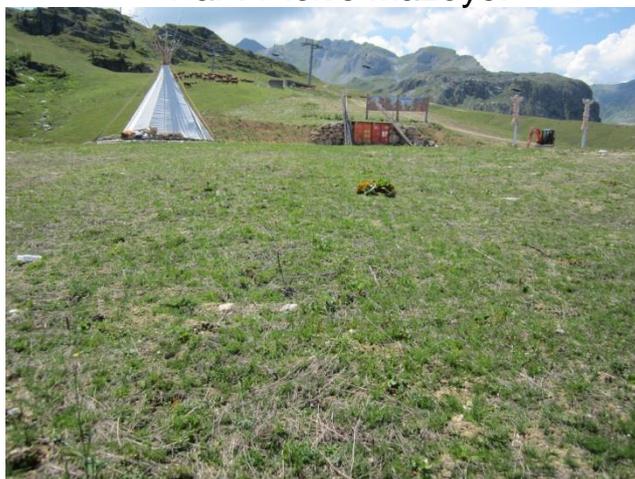
Préservation et Aménagement des Milieux  
– Ecologie Quantitative

**Mémoire de fin d'études**

- d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

**Caractérisation des mesures compensatoires :  
développement d'une grille de lecture pour  
rationaliser la prise en compte des incertitudes  
liées aux techniques d'ingénierie écologique et  
au délai de réalisation**

Par : Pierre Mazoyer



Crédit photo : Alice Dupré la Tour

Résultat d'une  
revégétalisation par transfert  
de foin vert à Courchevel  
après 1 an

**Soutenu à Rennes le 20/09/2018**

**Devant le jury composé de :**

Président : Yannick Outreman

Maître de stage : Stéphanie Gaucherand

Enseignant référent : Ivan bernez

Autres membres du jury : Paul Bernard, Chargé  
de mission Ingénieur agricole/ Ecologue

*Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST*



## Fiche de confidentialité et de diffusion du mémoire

### Confidentialité

Non  Oui si oui :  1 an  5 ans  10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible <sup>(1)</sup>.

Date et signature du maître de stage <sup>(2)</sup> :  
(ou de l'étudiant-entrepreneur)

**A la fin de la période de confidentialité**, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant à renseigner).

### Droits d'auteur

L'auteur<sup>(3)</sup> **Mazoyer Pierre**

autorise la diffusion de son travail (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui  Non

Si oui, il autorise

- la diffusion papier du mémoire uniquement(4)
- la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé
- la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

(Facultatif)  accepte de placer son mémoire sous licence Creative commons CC-By-Nc-Nd (voir Guide du mémoire Chap 1.4 page 6)

Date et signature de l'auteur :

### Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui  Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.

Si oui, il autorise

- la diffusion papier du mémoire uniquement(4)
- la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé
- la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant :



(1) L'administration, les enseignants et les différents services de documentation d'AGROCAMPUS OUEST s'engagent à respecter cette confidentialité.

(2) Signature et cachet de l'organisme

(3).Auteur = étudiant qui réalise son mémoire de fin d'études

(4) La référence bibliographique (= Nom de l'auteur, titre du mémoire, année de soutenance, diplôme, spécialité et spécialisation/Option)) sera signalée dans les bases de données documentaires sans le résumé

***Dépôt numérique de mémoire***

**ATTESTATION DE CONFORMITE DE LA VERSION NUMERIQUE**

Je, soussigné(e),

Nom : Mazoyer

Prénom : Pierre

Ci-après désigné « l'Auteur »

Atteste que la version numérique de mon mémoire de fin d'études dans sa version définitive (incluant les corrections demandées par le jury de soutenance),

Intitulé :

.....  
.....  
.....

correspond à la version imprimée du document, déposé à la bibliothèque générale d'AGROCAMPUS OUEST (CFR de référence).

A... le.....

Signature

***Dépôt numérique de mémoire***

**CONTRAT DE DIFFUSION NUMERIQUE DE MEMOIRE**

Entre

AGROCAMPUS OUEST, Institut supérieur des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage dont le siège est basé 65 rue de Saint-Brieuc, 35042 RENNES, représenté par son Directeur Général, Grégoire THOMAS

et

L'auteur du mémoire : Pierre Mazoyer

Nom : Mazoyer

Prénom : Pierre

Adresse personnelle 10 rue des violettes 69720 Saint Laurent de Mure:

Intitulé du mémoire :

.....  
.....  
.....  
.....

Ci-après désigné auteur,

### **Article 1**

Le présent contrat ne concerne que les mémoires de fin d'études des cursus de formation d'AGROCAMPUS OUEST, déposés suite à la soutenance dans leur version validée par le jury. La diffusion de ces mémoires est conditionnée au visa du responsable de spécialisation/ option, garantissant la prise en compte de l'avis du jury.

### **Article 2**

L'auteur autorise AGROCAMPUS OUEST à diffuser le mémoire sur le site Internet de l'établissement ou sur les plateformes choisies par AGROCAMPUS OUEST en conformité avec la fiche de diffusion correspondante. Le présent contrat a pour objet de permettre à AGROCAMPUS OUEST de diffuser le mémoire dans le respect des droits de propriété intellectuelle de son auteur.

Le présent contrat n'implique pas l'obligation pour AGROCAMPUS OUEST de faire usage de l'autorisation qui lui est donnée. La diffusion effective, tout comme son éventuelle suppression, n'implique en aucun cas une appréciation au bénéfice de l'auteur ou des tiers et n'est pas source de responsabilité à l'égard des tiers.

### **Article 3**

L'auteur demeure responsable du contenu de son œuvre. L'auteur garantit à AGROCAMPUS OUEST qu'il détient tous les droits nécessaires à la diffusion de son œuvre, en particulier les autorisations écrites des titulaires des droits sur les œuvres reproduites, partiellement ou intégralement. En cas de non respect de cette clause, AGROCAMPUS OUEST se réserve le droit de refuser, suspendre ou arrêter la diffusion des parties du mémoire intégrant des documents ou parties de documents pour lesquels les droits de reproduction et de représentation n'auraient pas été acquis.

AGROCAMPUS OUEST ne pourra être tenu responsable de représentations illégales de documents, pour lesquels l'auteur n'aurait pas signalé qu'il n'en avait pas acquis les droits.

### **Article 4**

L'auteur pourra à tout moment retirer l'autorisation de diffusion qu'il accorde par le présent contrat. Pour cela, il devra en aviser formellement AGROCAMPUS OUEST par lettre recommandée avec accusé de réception. AGROCAMPUS OUEST aura alors l'obligation de retirer l'œuvre lors de la plus prochaine actualisation du site de l'établissement et du portail documentaire.

### **Article 5**

L'auteur autorise AGROCAMPUS OUEST à procéder, le cas échéant, au reformatage de son mémoire en vue de l'archivage, de la diffusion ou de la communication dans le respect des autorisations de diffusion définies par lui précédemment.

### **Article 6**

Les autorisations de diffusion données à AGROCAMPUS OUEST n'ont aucun caractère exclusif et l'auteur conserve toutes les autres possibilités de diffusion de son mémoire.

### **Article 7**

L'auteur autorise, à titre gracieux, la cession des droits de diffusion, concernant le mémoire qui lui appartient. Cette autorisation, dans la durée maximale définie par le droit patrimonial, est strictement réservée à la diffusion du mémoire à des fins pédagogiques et de recherche.

Fait à \_\_\_\_\_, le \_\_\_\_\_

Pour AGROCAMPUS OUEST,.....

L'auteur,

Pour Le Directeur Général



## Remerciements

Mes remerciements s'adressent tout d'abord à Mme Arlot, directrice régionale de l'IRSTEA, pour m'avoir accueilli dans le centre de recherche IRSTEA Grenoble pendant ces six mois qui furent très riches tant sur le plan professionnel que personnel.

Je souhaite ensuite bien évidemment remercier Stéphanie Gaucherand qui fut mon encadrante de stage au sein de l'IRSTEA. Je la remercie particulièrement pour son temps lorsqu'il fallait me réexpliquer un concept encore et encore ainsi que pour ses remarques pertinentes qui m'ont permis d'avancer dans la bonne voie.

Merci également à Ivan Bernez pour avoir été mon tuteur de stage à AGROCAMPUS OUEST, pour ses retours sur mon rapport et nos échanges.

J'aimerais également remercier Renaud Jaunâtre pour ses précieux conseils sur R, ses conseils sur mon sujet ainsi que pour les sorties terrain très enrichissantes.

Je tiens également à remercier Lucie Bezombes et Camille Ollivier pour leur soutien et leur aide durant ce stage ainsi que pour avoir supporté mes allers et retours dans leur bureau.

Merci à Marie pour sa bonne humeur, ses histoires de pas de chance et les nombreux moments où nous nous sommes soutenus et aidés durant ces six mois.

Merci bien évidemment à toute la team des écureuils disruptifs pour tous les repas partagés et leur bienveillance en espérant que chacun réussisse les années à venir.

Enfin je remercie les PAMs et particulièrement Clémentine pour leur humour qui m'a régulièrement changé les idées et permis de relativiser sur l'avancée de mon travail.

Bien entendu je remercie ma très chère Camille pour son soutien quotidien et son courage qui fut très inspirant.



# Table des matières

<b>A. INTRODUCTION .....</b>	<b>1</b>
<b>1) Contextualisation.....</b>	<b>1</b>
a) Origine de la séquence ERC.....	1
b) La compensation écologique.....	2
c) Le projet et les partenaires .....	3
<b>2) Les incertitudes dans la compensation écologique.....</b>	<b>3</b>
a) Les différents types d'incertitudes écologiques.....	3
i. Les incertitudes temporelles.....	4
ii. Les incertitudes techniques .....	4
b) Prise en compte des incertitudes écologiques par le dimensionnement.....	5
c) La notion de réussite en écologie de la restauration et dans le cadre de la compensation écologique....	6
<b>B. METHODOLOGIE.....</b>	<b>6</b>
<b>1) Travail préliminaire.....</b>	<b>6</b>
a) Restriction de l'étude à des milieux, espèces et actions précises .....	6
i. Milieux et espèces retenus .....	6
ii. Actions écologiques retenues.....	7
b) Développement de la grille de caractérisation .....	8
i. Critères caractérisant la complexité .....	8
ii. Critères caractérisant la temporalité.....	8
iii. Critères caractérisant la réussite .....	8
<b>2) Application de la grille aux retours d'expérience et rédaction des fiches par action.....</b>	<b>9</b>
a) Les ressources bibliographiques .....	9
b) Entretiens avec les acteurs de la restauration .....	9
i. Sélection des acteurs.....	9
ii. Questionnaire et entretiens.....	10
c) Création des fiches par action.....	10
<b>3) Etude statistique du jeu de donnée recueilli .....</b>	<b>10</b>
<b>C. RESULTATS.....</b>	<b>12</b>
<b>1) Milieux, espèces et actions retenues.....</b>	<b>12</b>
<b>2) Grille de caractérisation des actions.....</b>	<b>13</b>
a) Critères caractérisant la complexité.....	14
b) Critères caractérisant la temporalité .....	15
c) Critères caractérisant la réussite.....	15
<b>3) Application de la grille aux retours d'expérience .....</b>	<b>16</b>
a) Entretiens avec les acteurs.....	16

b) Fiches par action.....	16
4) Etude statistique de la grille appliquée aux retours d'expérience .....	17
<b>D. DISCUSSION .....</b>	<b>24</b>
1) Milieux, espèces et actions écologiques retenus.....	24
2) Grille de caractérisation des actions écologiques.....	24
3) Etude de la grille appliquée aux retours d'expérience.....	25
a) Discussion sur l'analyse statistique .....	25
b) Limites de l'étude statistique.....	27
4) Fiches par action .....	28
5) Perspectives.....	28
<b>E. CONCLUSION.....</b>	<b>29</b>
<b>F. BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>30</b>

## Table des illustrations

Figure 1 : Représentation schématique de la séquence « Eviter, Réduire, Compenser » (ERC). .....	2
Figure 2 : Structure générale des méthodes d'évaluation de l'équivalence écologique (adapté de Bezombes, 2017) .....	4
Figure 3 : Extrait d'une fiche action : Revégétalisation de milieux par transfert de foin vert.....	17
Figure 4 : Nombre de retours d'expérience par action écologique .....	18
Figure 5 : Proportion des retours d'expérience en fonction des notes de succès .....	18
Figure 6 : Représentation du succès des actions.....	19
Figure 7 : Projection des modalités des critères de complexité et de temporalité des actions écologiques sur les deux premiers axes de l'ACM. ....	20
Figure 8 : Projections des retours d'expériences sur les deux premiers axes de l'ACM et habillage selon le critère d'entretien.....	21
Figure 9 : Projection des retours d'expérience sur les deux premiers axes de l'ACM et habillage selon le critère d'expertise .....	21
Figure 10 : Classification des retours d'expérience sur les résultats de l'ACM.....	21
Figure 11 : Résultat des tests de corrélation de Spearman sur les critères quantitatifs .....	22
Tableau 1 : Ratio de compensation appliqué par le CNPN selon les cas rencontrés lors de demandes de dérogation d'après Barnaud et Coïc, 2011.....	5
Tableau 2 : Milieux étudiés, adapté de la classification EUNIS .....	12
Tableau 3 : Liste des espèces étudiées .....	12
Tableau 4 : Liste des actions étudiées .....	13
Tableau 5 : Critères de la grille de caractérisation des actions écologiques .....	14
Tableau 6 : p-valeur du test du $\chi^2$ entre les variables qualitatives (exemple du critère Entretien) .....	23
Tableau 7 : Rapports de corrélation entre la certitude de la note de succès attribuée à l'action et les variables qualitatives.....	23

## Table des annexes

Annexe 1 : Questionnaire d'entretien

Annexe 2 : Actions écologiques initialement retenues

Annexe 3 : Fiches par actions

## Abréviations et sigles

- ACM : Analyse des Correspondances Multiples
- AFB : Agence Française pour la Biodiversité
- BBOP : Business and Biodiversity Offsets Program
- BE : Bureau d'Etudes
- CAH : Classification Ascendante Hiérarchique
- CBNA : Conservatoire Botanique National Alpin
- CEN : Conservatoire d'Espaces Naturels
- CEREMA : Centre d'études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement
- DEB : Direction Eau Biodiversité
- DGALN : Direction Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature
- DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
- ERC : Eviter, Réduire, Compenser
- EUNIS : European Nature Information System
- IRSTEA : Institut de Recherches en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture
- LPO : Ligue pour la Protection des Oiseaux
- MNEFZH : Méthode Nationale d'Evaluation des Fonctions des Zones Humides
- MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle
- MTES : Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire
- ONCFS : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage
- ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (maintenant rattaché à l'AFB)
- ONF : Office Nationale des Forêts
- SIG : Système d'Information Géographique
- SM3A : Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Abords
- SPN : Service du Patrimoine Naturel
- SYMBHI : SYndicat Mixte des Bassins Hydrauliques de l'Isère

# A. INTRODUCTION

## 1) Contextualisation

### a) Origine de la séquence ERC

Le déclin de la biodiversité et des milieux naturels en France est d'environ 60.000ha/an (d'après les résultats de l'outil Teruti et Teruti-Lucas (Béchet *et al.*, 2017)). Ce déclin peut s'expliquer par plusieurs causes. Nous pouvons ainsi citer l'artificialisation des terres due aux aménagements anthropiques sur le territoire (Spangenberg, 2016 ; Serranito *et al.*, 2016), la surexploitation des ressources naturelles (Tisdell, 2011), les différentes formes de pollutions (air, sol, eau...), le changement climatique (PNUe, 2002 & PNUe 2007), les invasions biologiques ou encore plus généralement l'augmentation des activités humaines (Vitousek *et al.* 1997) ....

Les conférences internationales de Rio en 1992 et de Nagoya en 2010 ont conduit à une prise de conscience mondiale de l'enjeu de la protection de la nature (Calvet, 2016).

Dans ce contexte, des outils de protection de la nature émergent et se superposent en Europe et en France. En France, la protection de la nature passe notamment par une législation qui s'est progressivement mise en place dès 1976 avec notamment la loi relative à la protection de la nature puis la mise en place du code de l'environnement en 2000 (Ordonnance n° 2000-914 du 18 septembre 2000), et par la création d'espaces protégés (Parcs Nationaux, parcs naturels régionaux, sites « classés »), etc.

La loi relative à la protection de la nature de 1976 introduit quant à elle la séquence ERC :

« Les travaux et projets d'aménagement qui sont entrepris par une collectivité publique ou qui nécessitent une autorisation ou une décision d'approbation ainsi que les documents d'urbanisme doivent respecter les préoccupations d'environnement.  
Les études préalables à la réalisation d'aménagements ou d'ouvrages qui, par l'importance de leurs dimensions ou leurs incidences sur le milieu naturel, peuvent porter atteinte à ce dernier, doivent comporter une étude d'impact permettant d'en apprécier les conséquences.  
Le contenu de l'étude d'impact qui comprend au minimum une analyse de l'état initial du site et de son environnement, l'étude des modifications que le projet y engendrerait et les mesures envisagées pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables pour l'environnement »

*(Extrait de l'article 2 de la loi n°76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature)*

D'autres engagements suivent cette loi qui vont consolider la séquence Eviter, Réduire, Compenser dont notamment la loi n°2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages qui complète l'article L.110-1 du code de l'environnement qui fixe le principe d'action préventive et de correction, par priorité à la source, des atteintes à l'environnement, en utilisant les meilleures techniques disponibles à un coût économiquement acceptable :

« Ce principe implique d'éviter les atteintes à la biodiversité et aux services qu'elle fournit ; à défaut, d'en réduire la portée ; enfin, en dernier lieu, de compenser les atteintes qui n'ont pu être évitées ni réduites, en tenant compte des espèces, des habitats naturels et des fonctions écologiques affectées. Ce principe doit viser un objectif d'absence de perte nette de biodiversité, voire tendre vers un gain de biodiversité »

*(Extrait de l'article 2 de la loi n°2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages)*

Les problématiques environnementales doivent donc être prises en compte dès la phase de conception au même titre que les autres éléments techniques ou financiers. En dernier lieu de la séquence ERC, s'appliquant dans le cadre des procédures administratives d'autorisation des projets d'aménagement (étude d'impacts ou étude d'incidences thématiques i.e. loi sur l'eau, Natura 2000, espèces protégées, etc...), la phase de compensation est appliquée à condition que la conception du projet ait au préalable évité et réduit les impacts sur l'environnement (MEDDTL, 2012 ; Figure 1). Dans le contexte de cette compensation il est possible d'envisager la notion d'équivalence écologique correspondant à un état où le gain de biodiversité est au moins égal à la perte de biodiversité engendrée par l'impact (Quétier *et al.*, 2012).

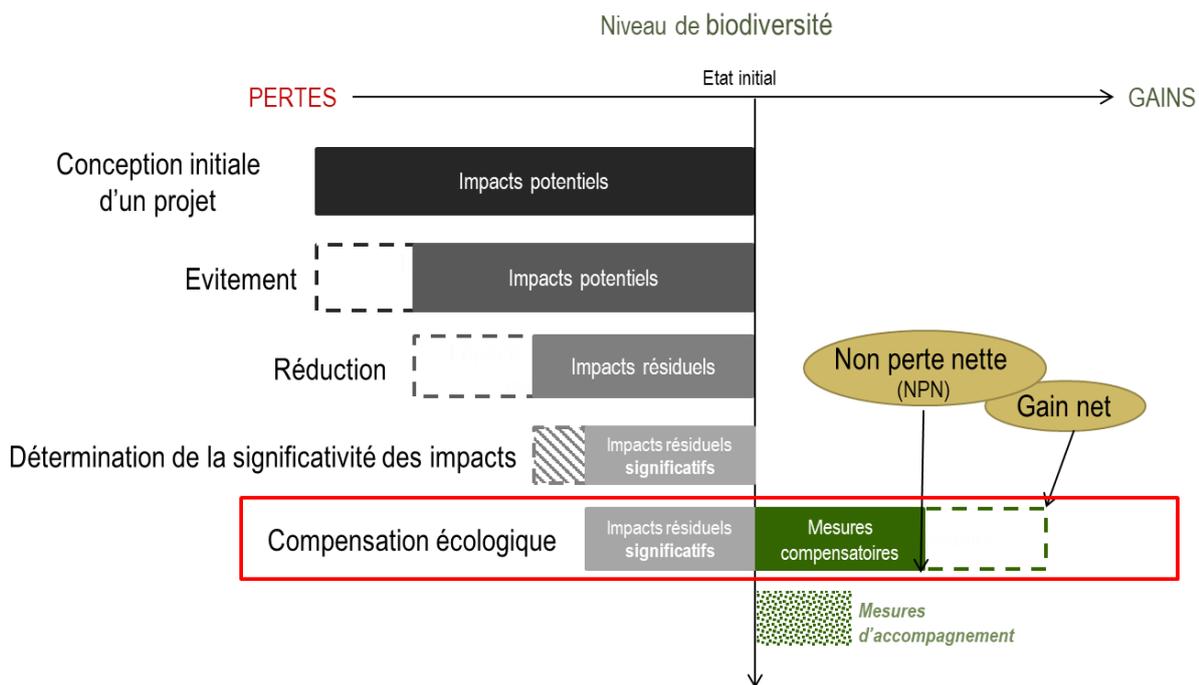


Figure 1 : Représentation schématique de la séquence « Eviter, Réduire, Compenser » (ERC). (Bezombes, 2017 adapté de Quétier & Lavorel, 2011)

### b) La compensation écologique

Les mesures compensatoires doivent permettre de maintenir, malgré les aménagements et à l'échelle d'un territoire donné, la qualité environnementale globale des milieux naturels (MEDDTL, 2012).

De plus, elles doivent être efficaces, faisables et au moins équivalentes. L'efficacité des mesures compensatoires signifie qu'elles doivent être associées à un objectif de résultat (Soyer *et al.*, 2011 ; CGDD, 2013). La faisabilité des mesures compensatoires signifie que le maître d'ouvrage doit s'assurer de la possibilité de mettre en place les mesures (coût, localisation, faisabilité technique). Enfin, l'équivalence des mesures compensatoires comme présenté précédemment est l'obtention à minima d'un gain écologique équivalent aux pertes (Quétier & Lavorel, 2011 ; CGDD, 2013).

Quel que soit le programme de compensation considéré, les mesures compensatoires doivent s'additionner aux actions publiques en matière de protection de l'environnement et ne doivent pas s'y substituer (CGDD, 2013).

En dehors de l'acquisition d'unités de compensation (Article 69, L. 163-1.-II, Loi n°2016-1087 du 8 août 2016, Soyer *et al.*, 2011), les modalités de mise en œuvre et de gestion des mesures compensatoires font appel à une ou plusieurs actions écologiques : restauration ou réhabilitation de milieux, création de milieux et/ou, dans certains cas, évolution des pratiques de gestion permettant un gain substantiel des fonctionnalités du site de compensation (CGDD, 2013).

Ces actions écologiques sont complétées par des suivis et des mesures de gestion adaptatives afin d'assurer le maintien dans le temps de leurs effets. Néanmoins, malgré les efforts mis en œuvre pour réussir la compensation, de nombreuses mesures sont insuffisantes et/ou ne conduisent pas à une équivalence écologique sur le long terme (Longeot & Dantec, 2017). Ainsi, à l'heure actuelle, les mesures compensatoires mises en place en France et à l'international ne permettent pas de compenser les pertes de biodiversité générées par les aménagements (Regnery *et al.*, 2013).

### c) Le projet et les partenaires

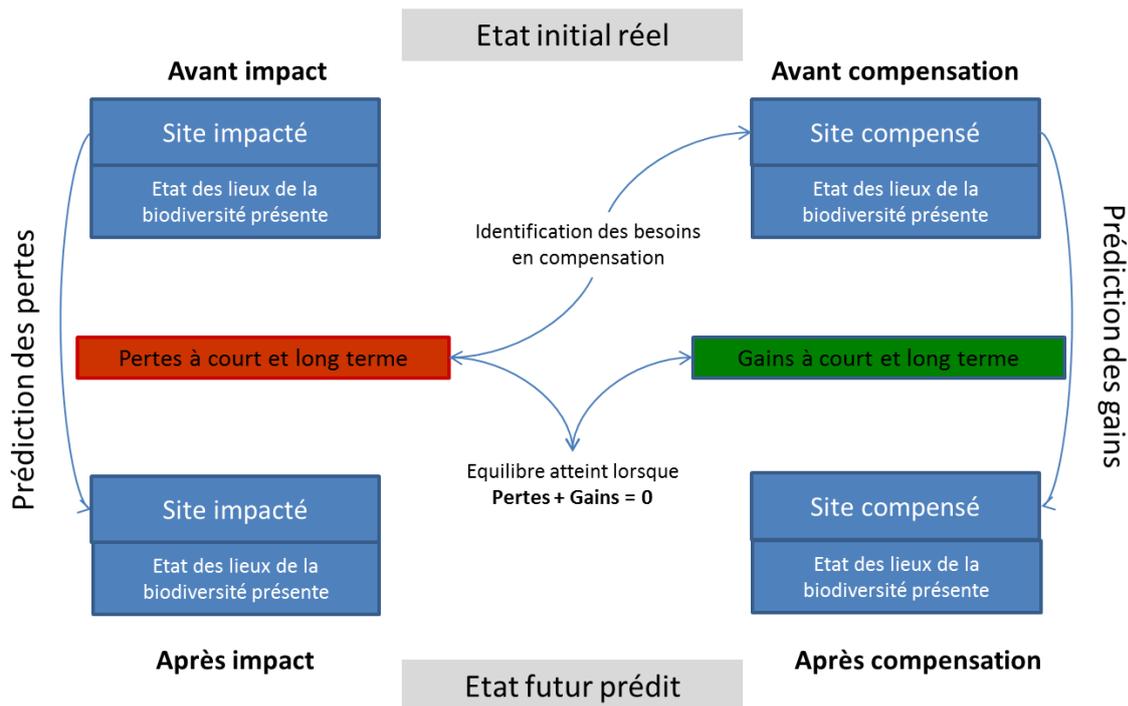
La Direction Eau Biodiversité (DEB) est rattachée à la Direction Générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature (DGALN) du ministère de la transition écologique et solidaire. Elle a pour objectif de concevoir, d'évaluer et de mettre en œuvre les politiques de l'eau, des espaces naturels, de la biodiversité et des ressources minérales non énergétiques afin de préserver ces ressources (MTES, 2017). Dans ce cadre, elle finance le projet COMPENS-DEB (2015-2018), étude en deux volets porté par IRSTEA. Le premier volet s'intéresse aux retombées économiques de la séquence ERC. Le second volet a pour objectif d'améliorer la prise en compte des incertitudes associées aux projets de compensation écologique, en particulier les incertitudes techniques. C'est dans ce second volet que s'insère mon travail de recherche.

L'objectif de celui-ci est de **caractériser les incertitudes associées aux actions écologiques effectuées dans le cadre des mesures compensatoires en France métropolitaine**. Un travail similaire ayant été entamé par le SPN (Service du Patrimoine Naturel, MNHN-AFB) pour les milieux humides, une collaboration visant à fournir des résultats complémentaires a été mise en place.

## 2) Les incertitudes dans la compensation écologique

### a) Les différents types d'incertitudes écologiques

Les études montrent aujourd'hui que le processus de compensation comprend de nombreuses incertitudes conduisant à des imprécisions lors du calcul de l'équivalence écologique (Moilanen *et al.*, 2009) dont la mesure de la biodiversité (Pärtel *et al.*, 2011). Or, c'est sur la base de ces mesures (effectuées sur le site impacté avant impact et sur le site compensé avant compensation) que les besoins en compensation sont identifiés et que l'autorisation de travaux est donnée (Figure 2). Il existe donc des incertitudes sur le devenir des sites pour lesquels on effectue des prédictions (Regnery *et al.*, 2013). Ces incertitudes doivent donc être réduites au maximum pour que le respect de l'objectif d'« absence de perte nette de biodiversité » (loi n°2016-1087 du 8 août 2016) soit atteint.



**Figure 2** : Structure générale des méthodes d'évaluation de l'équivalence écologique (adapté de Bezombes, 2017)

### i. Les incertitudes temporelles

En théorie, les mesures compensatoires devraient s'effectuer avant l'impact pour tenir compte du temps de réussite de l'action. Dans ce cas, la compensation serait effective dès le début des travaux (Gibbons & Lindenmayer 2007) et le temps pendant lequel la perte d'habitat n'est pas compensé serait inexistant. Cette perte d'habitat temporaire peut en effet conduire la population d'une espèce en dessous de son seuil critique d'extinction. Cependant, les contraintes opérationnelles entraînent un début des travaux de compensation au même moment, voire après le début de l'impact.

Le calcul de l'équivalence écologique devrait donc tenir compte de ce délai or ce n'est pas toujours le cas, entraînant par conséquent des incertitudes temporelles sur l'atteinte de l'équivalence (Bezombes, 2017).

Ces incertitudes temporelles concernent également les écosystèmes que l'on cherche à restaurer dont l'évolution (très longue dans le cas de forêts matures, tourbières...) peut différer de celle d'un écosystème naturel (Curran *et al.*, 2013)

### ii. Les incertitudes techniques

La difficulté technique des mesures réalisées est également une source d'incertitude. Le manque de connaissances et d'expertises des maîtres d'ouvrage ou le manque de compétences mobilisées (Longeot & Dantec, 2017) laissent place à ces incertitudes sur le succès de l'opération d'autant plus que certaines mesures réalisées sont expérimentales.

De plus, les incertitudes techniques concernent les contraintes sur l'acquisition du foncier (Leproust *et al.*, 2009) qui conduisent à une inadéquation du site retenu par rapport aux besoins des espèces et des milieux visés.

Ainsi, la sous-estimation de ces incertitudes conduit à une surestimation du gain prédit après la mise en œuvre des mesures compensatoires. Cette surestimation entraîne donc une faible fiabilité des mesures effectuées. D'autre part elle est à l'avantage des maîtres d'œuvre et favorise les projets non pas sur leur qualité environnementale mais sur des considérations plus économiques. (Walker *et al.*, 2009) Finalement, les projets ainsi favorisés ne seront pas plus enclins à atteindre l'équivalence écologique.

b) Prise en compte des incertitudes écologiques par le dimensionnement

Le dimensionnement des mesures compensatoires correspond au nombre ou à l'ampleur des mesures à effectuer afin d'atteindre l'équivalence écologique (CGDD, 2013). Ce dimensionnement peut se traduire sous forme de ratios de compensation prenant en compte les pertes et gains estimés. Le ratio ainsi évalué est un coefficient, généralement surfacique, appliqué lors de la réalisation des mesures compensatoires. Ce coefficient permet d'atteindre en théorie les objectifs fixés.

Cependant, ces ratios surfaciques tendent à devenir la seule forme de compensation pour les maîtres d'ouvrages (CEGDD, 2015). De plus, ils sont en réalité assez mal estimés en raison d'une prise en compte insuffisante des espèces et des fonctionnalités des milieux (Longeot & Dantec, 2017).

Les ratios doivent être les résultats d'une démarche analytique prenant en compte les écosystèmes passés, actuels et futurs. Néanmoins les ratios de compensation sont parfois prévus au niveau des documents cadres et constituent une donnée d'entrée, sans prise en compte des écosystèmes. Par exemple pour 1 unité de surface détruite, 1,5 à 2 unités sont restaurées (Tableau 1).

Cas	Ratio de compensation
Destruction de nature ordinaire mais importante pour la préservation de la biodiversité du type haies	1 pour 1
<b>Destruction de zones humides « ordinaires »</b> (SDAGE) Destruction habitat ou espèce à enjeu moyen (habitat ou espèce ou habitat d'espèce patrimoniaux mais pas en liste rouge)	2 pour 1
Destruction d'habitat, d'espèce ou d'habitat d'espèce à enjeu fort : espèces ou habitat protégé <sup>11</sup> et en liste rouge	5 pour 1
Destruction d'habitat, d'espèce ou d'habitat d'espèce à enjeu majeur : habitat prioritaire, liste rouge ou concentration d'habitats, d'espèces ou d'individus	10 pour 1
Pas de maintien en l'état de conservation d'une population espèces dans son aire de répartition géographique	Autorisation impossible

Tableau 1 : Ratio de compensation appliqué par le CNPN selon les cas rencontrés lors de demandes de dérogation d'après Barnaud et Coïc, 2011

c) La notion de réussite en écologie de la restauration et dans le cadre de la compensation écologique

En écologie de la restauration, la sauvegarde de la biodiversité passe par la récupération de communautés viables et d'écosystèmes fonctionnels. La réussite de ces actions ambitieuses s'évalue donc à moyen et à long terme (Barnaud & Chapuis, 2004).

Cependant, la réussite en compensation écologique s'évalue généralement sur du court terme (moins de 5 ans de suivis) en raison de contraintes opérationnelles (durée des contrats, des financements...)

Nous cherchons ainsi à caractériser les incertitudes associées aux actions écologiques effectuées dans le cadre des mesures compensatoires en France métropolitaine afin de permettre aux acteurs de la compensation écologique (et notamment aux services instructeurs) de disposer d'éléments pour évaluer la fiabilité des actions écologiques proposées dans le cadre de la compensation.

Pour répondre au mieux à cette question, nous présenterons dans un premier temps la méthodologie adoptée pour répondre à cette question, les différentes étapes parcourues pour créer l'outil d'aide à la décision. Nous présenterons ensuite les résultats obtenus avant de proposer une discussion autour des incertitudes et de leur caractérisation. Enfin nous aborderons les limites et les perspectives de ce travail de recherche.

## **B. METHODOLOGIE**

Nous distinguons trois parties dans cette méthodologie. Nous abordons dans un premier temps la sélection des milieux, espèces et actions écologiques dédiées à leur restauration réalisée sur la base d'un travail bibliographique. Le développement de la grille de caractérisation des incertitudes liées aux actions écologiques et les fiches détaillant les actions écologiques seront abordés dans une seconde partie. Pour finir, nous détaillerons la méthodologie statistique appliquée pour l'étude de la grille complétée.

### **1) Travail préliminaire**

a) Restriction de l'étude à des milieux, espèces et actions précises

i. Milieux et espèces retenus

Si on ne considère que la France métropolitaine, de nombreux types de milieux et d'espèces peuvent être impactés par les aménagements et donc faire l'objet d'actions de compensation. Cette diversité très importante a conduit à ne sélectionner que quelques milieux et espèces cibles dans le cadre de ce stage.

Nous avons ainsi recentré les recherches sur les espèces et habitats remarquables hors zones humides.

Nous avons également écarté les milieux spécifiques à des zones biogéographiques limitées tels que les milieux méditerranéens pour lesquels les personnes ressources susceptibles d'être mobilisées se trouvaient plus éloignées.

Finalement, nous nous sommes concentrés sur les milieux et espèces les plus fréquemment impactées en Rhône-Alpes. Une grande partie de ces espèces n'étant pas spécifiques à la région, le travail engagé conserve une portée nationale.

Les rapports de stage effectués en 2012 et 2016 à l'IRSTEA sur le sujet de la compensation écologique (Laroche, 2012 ; Potiron-Briot, 2016) ainsi que l'étude de documents réglementaires (demande de dérogation espèces protégées, suivis de mesures compensatoires, dossiers d'aménagement ...) ont permis d'identifier les milieux et espèces les plus fréquemment impactés et les plus fréquemment visés par les mesures compensatoires en Rhône-Alpes.

Pour l'identification des milieux, nous avons eu recours à la typologie EUNIS (European Nature Information System) publiée dans Davies *et al*, 2004. Cette typologie est une classification hiérarchisée élaborée à partir de classifications existantes (CORINE Biotopes) (Devillers *et al*, 1991). Le choix de cette classification a pour but d'utiliser une nomenclature internationale standard.

## ii. Actions écologiques retenues

Nous définissons ici l'action écologique comme une action ponctuelle et technique réalisée dans le cadre ou non des mesures de compensation. Ces actions peuvent être de l'ordre de la restauration, de la réhabilitation, de la création ou encore de la gestion de milieux (CGDD, 2013). Nous incluons également dans les actions écologiques des actions ponctuelles comme la pose de gîtes artificiels qui ne modifient pas le milieu mais favorisent la reproduction de certaines espèces.

Nous avons réalisé un important travail bibliographique dans le but de répertorier les actions écologiques mises en œuvre dans des études scientifiques publiées. Nous avons également consulté des guides techniques (Dupré la Tour, 2017a et 2017b ; Paule *et al.*, 2017, Bonin *et al.*, 2013 ; etc.) et des bases de données mises à disposition sur internet par différents organismes (Sutherland *et al.*, 2017 ; CBNA, 2018).

A ce travail s'est ajoutée la consultation de dossiers de demande de dérogation d'espèces protégées, qui décrivent les mesures de réduction et de compensation des impacts mises en œuvre sur les sites compensatoires.

Les échanges avec les ingénieurs et chercheurs du centre IRSTEA ont également permis de répertorier des actions écologiques.

Ce travail a permis d'établir une première liste d'actions écologiques pour lesquelles des données étaient disponibles et susceptibles d'être mobilisées dans le cadre de la compensation écologique.

Nous avons alors consulté les agents réalisant l'instruction des dossiers de demande de dérogation espèces protégées à la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Auvergne Rhône-Alpes. L'objectif de cette rencontre était de recueillir leur regard critique sur la liste d'action préalable. Leurs retours nous ont permis de sélectionner les actions prioritaires, car régulièrement proposées, et pour lesquelles un besoin de retour d'expérience était particulièrement nécessaire.

Nous avons alors retenu une liste finale d'actions écologiques ciblant des espèces ou des milieux régulièrement impactés. Afin de garder une cohérence avec les autres guides accompagnant les acteurs de la compensation écologique, nous avons adopté la nomenclature proposée par le CEREMA en 2018 (Alligand, 2018) pour classer les actions écologiques.

#### b) Développement de la grille de caractérisation

L'objectif de cette grille est de caractériser la fiabilité des actions écologiques recensées sur la base de critères précis. La sélection de ces critères doit permettre de déceler les incertitudes dans la mise en œuvre des actions écologiques. Les différents critères formant la grille sont issus de travaux initiés dans le domaine de la compensation écologique, de lectures de dossiers réglementaires et de documents techniques et scientifiques.

Le choix des différents critères provient d'une réflexion personnelle sur la thématique de stage, dirigée notamment par des lectures de suivis scientifiques et par des échanges avec les chercheurs du centre IRSTEA. Les lectures croisées ont permis de sélectionner des critères faciles à renseigner et applicables à tous les contextes. Ces critères, en cohérence avec les travaux menés par le SPN sur les milieux humides, sont regroupés sous trois notions : complexité, temporalité et succès.

##### i. Critères caractérisant la complexité

La complexité d'une action se définit, dans le cadre de notre étude, par les modalités techniques et scientifiques à utiliser pour déployer et maintenir l'action. Cette notion caractérise les incertitudes techniques et regroupe quatre critères avec deux modalités (oui ou non) et un cinquième critère quantitatif.

Les critères retenus doivent être objectifs afin de ne pas introduire de biais opérateur dans la récolte de données.

##### ii. Critères caractérisant la temporalité

La notion de temporalité est complexe. Les mesures compensatoires sont considérées comme réussies après des suivis très courts (2 à 5 ans). Dans cette étude, nous avons distingué deux délais. Le délai nécessaire pour obtenir les premiers résultats de l'action écologique qui est souvent court (ex : mise en eau d'une mare, survie et reprise des plantes transplantés) et le délai nécessaire pour atteindre l'objectif réel de l'action qui est généralement plus long (ex : constatation de la reproduction des amphibiens dans une mare, croissance du nombre de pieds transplantés suffisante pour considérer que l'espèce s'est bien implantée dans le milieu). Encore une fois, ces critères doivent être objectifs et simples à renseigner.

##### iii. Critères caractérisant la réussite

Dans l'objectif de caractériser les incertitudes de réalisation des actions écologiques, nous avons également retenu la notion de réussite d'une action. Cette notion nous permet d'estimer le succès général des actions. En effet, une grande hétérogénéité dans la réussite des actions peut signifier une plus grande incertitude de leur succès.

Les critères associés à cette notion, au nombre de 3, sont traduits sous forme de note (entre 0 et 4) nous permettant de mieux appréhender la réussite. Ces critères sont remplis d'après des suivis effectués à la suite de la mise en œuvre des actions écologiques. Ils dépendent donc du moment où les suivis ont été réalisés.

Enfin, nous avons retenu des critères informatifs plus généraux nous permettant d'identifier les actions selon les caractéristiques du projet et de détailler leur mise en œuvre.

Au final, nous avons identifié une trentaine de critères dont la majorité sont purement descriptifs et ont pour but d'apporter des informations sur le contexte de mise en œuvre des actions écologiques. Tous les critères ne seront pas réutilisés lors de l'étude de la grille de caractérisation des actions : seuls les critères les mieux renseignés sont gardés.

## 2) Application de la grille aux retours d'expérience et rédaction des fiches par action

Nous avons appliqué notre grille aux actions retenues précédemment. Pour cela, nous avons besoin de retours d'expérience sur la mise en œuvre de ces actions. Nous avons utilisé principalement deux sources d'information : la bibliographie et les entretiens avec les acteurs ayant mis en œuvre ces actions écologiques.

### a) Les ressources bibliographiques

Dans un premier temps, nous avons appliqué la grille aux actions écologiques renseignées dans la bibliographie. Grâce à des publications de suivis scientifiques, de guides techniques ou de documents de vulgarisation scientifique nous avons renseigné nos premières données.

Cependant, nous avons fait face à la difficulté de renseigner certains critères par cette approche. En effet, les informations disponibles ne permettaient pas de compléter systématiquement toutes les notions (complexité, temporalité et réussite). Nous avons ainsi fait le choix de ne recenser que les actions dont les informations étaient suffisantes afin de rester précis dans notre inventaire.

### b) Entretiens avec les acteurs de la restauration

#### i. Sélection des acteurs

Dans un second temps, nous sommes entrés en contact avec différents acteurs susceptibles d'avoir réalisé les actions écologiques que nous avons retenues. Ces acteurs sont ciblés de façon à recueillir des retours d'expérience d'opérations de restauration les plus complets possible. C'est-à-dire que ces personnes doivent avoir du recul sur des actions qu'ils ont personnellement effectuées ou encadrées. Ils doivent également connaître les résultats des actions et donc avoir connaissance des données de suivi.

Les structures cibles sont des associations naturalistes comme la Ligue pour la Protection des oiseaux (LPO), la fédération Rhône-Alpes de Protection de la Nature (FRAPNA), les Conservatoires d'Espaces Naturels (CENs) et le Conservatoire Botanique National Alpin (CBNA).

Ce sont également des bureaux d'études ou bien des syndicats mixtes tels que le SYndicat Mixte des Bassins Hydrauliques de l'Isère (SYMBHI).

Enfin, les structures cibles peuvent être des centres de recherche (IRSTEA).

## ii. Questionnaire et entretiens

En amont des entretiens, nous avons réalisé un questionnaire (Annexe 1) transmis aux acteurs avant l'entretien. Ce questionnaire a pour objectif de récolter de façon standardisée les retours d'expérience transmis. Il a également pour objectif de guider la discussion de sorte à compléter la grille de caractérisation des actions de façon la plus complète possible.

Ces entretiens permettent par ailleurs de retenir des éléments non présents dans la bibliographie comme des points de vigilance révélés lors d'un projet particulier. Ils permettent également de récolter des retours plus informels absents des dossiers standards de suivis et souvent essentiels dans la compréhension de la réussite des actions.

Ces questionnaires seront ensuite traduits dans la grille de caractérisation.

## c) Création des fiches par action

La création de fiches par action a pour objectif de résumer les données techniques nécessaires à la réalisation de l'action en question. C'est une source d'information pour les destinataires du projet qui met en évidence les points d'incertitude.

La méthodologie générale de création des fiches par action reprend les critères les plus pertinents de la grille de caractérisation au vu de l'objectif des fiches, à savoir diffuser les retours d'expérience et les points de vigilance aux acteurs concernés par les mesures compensatoires.

Ainsi, ces fiches techniques présentent dans un premier temps les objectifs généraux de l'action. Elles présentent ensuite les milieux concernés par l'action considérée et les espèces cibles lorsque c'est le cas.

L'itinéraire technique réalisé pour l'action en question est présenté à la suite. Cet itinéraire technique est le processus opérationnel à réaliser pour effectuer l'action selon les retours d'expérience collectés.

Les fiches par action reprennent également les notions de complexité, de temporalité et de réussite. L'objectif étant de vulgariser des connaissances, la notion de réussite prend alors le terme de validité de l'action qui résume les différents succès recueillis pour une action donnée.

Enfin, elles mettent en avant des points de vigilance généraux comme un ordre de grandeur du coût de l'action, la spécificité de l'action (reproductible sur des contextes différents ou non) et les observations pointées par les retours d'expérience.

## 3) Etude statistique du jeu de donnée recueilli

Cette étude porte sur les actions écologiques qui ont été complètement renseignées afin de pouvoir étudier de façon précise (mais non exhaustive) les renseignements collectés.

Nous cherchons à expliquer la réussite des actions, leur complexité et temporalité. Nous supposons ainsi que les actions les plus complexes auront un taux de réussite moindre. De la même façon, nous pouvons émettre l'hypothèse que les actions avec une longue temporalité seront mieux réussies car plus « stables ».

Nous cherchons également à discriminer les actions pour en sortir des tendances. Existe-t-il des actions ou des groupes d'actions pour lesquels la réussite est plus importante ? Existe-t-il une relation entre les critères ? Est-il possible d'effectuer une typologie des retours d'expérience sur la base de leurs caractéristiques ?

Toutes les analyses ont été effectuées avec les logiciels RStudio (version 3.4.4) et Excel 2010.

Dans un premier temps, nous avons cherché à réaliser une typologie des projets pour lesquels nous avons eu un retour d'expérience selon les critères de complexité technique et de temporalité. Pour ce faire, nous avons fait une Analyse en Correspondances Multiples (ACM) sur l'ensemble des données issues de l'application de la grille aux retours d'expérience sur les actions écologiques (en excluant les critères liés au succès, quantitatifs) grâce au package FactoMineR du logiciel R, dédié à l'analyse exploratoire multidimensionnelle de données

A la suite de cette ACM nous avons réalisé une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH). La classification utilise la méthode d'agrégation de Ward (Ward, 1963 in Wishart, 1969).

Dans un second temps afin de repérer d'éventuels critères redondants et de ne conserver que les critères les plus informatifs, nous avons effectué le test du coefficient de Spearman (Siegel, 1957) et de test du coefficient du khi<sup>2</sup>. Le premier s'applique entre les critères quantitatifs tandis que le second s'effectue entre les critères qualitatifs. Le résultat de ces tests nous permet de conclure sur leur indépendance.

La relation entre les variables quantitatives et qualitatives est étudiée par le calcul d'un rapport de corrélation entre deux variables données par la relation ci-après :

$$\eta^2 = \frac{\sum_{k=1}^p n_k (\bar{x}_k - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$
 Avec p le nombre de modalités de la variable qualitative et n le nombre d'individus

Si le rapport est proche de 0, les deux variables ne sont pas liées mais s'il est proche de 1 alors elles le sont (Dufour & Royer, 2014).

## C. RESULTATS

### 1) Milieux, espèces et actions retenues

Après avoir recueilli les retours d'expérience nous avons établi la liste finale des milieux et espèces sur lesquels nous avons travaillé. Cette liste (Tableaux 2,3) est issue des retours d'expérience complets qui ont été recueillis et qui seront par la suite étudiés.

Les milieux considérés sont résumés dans le tableau suivant :

<b>Milieux</b> (D'après la typologie EUNIS)				
<b>Niveau 1</b>	<b>Niveau 2</b>			
<b>Prairies et terrains dominés par des herbacées non graminoides, des mousses ou des lichens (E)</b>	Pelouses sèches	Prairies mésiques	Pelouses alpines et subalpines	Ourlets, clairières forestières et peuplements de grandes herbacées non graminoides
<b>Boisements, forêts et autres habitats boisés (G)</b>	Forêts de feuillus caducifoliés	Formations mixtes d'espèces caducifoliées et de conifères		
<b>Eaux de surface continentales (C)</b>	Eaux dormantes de surface	Zones littorales des eaux de surface continentales		

Tableau 2 : Milieux étudiés, adapté de la classification EUNIS

<b>Espèces</b>					
Fétuque du Valais <i>Festuca valesiaca</i>	Petite massette <i>Typha minima</i>	Primevère du Piémont <i>Primula pedemontana</i>	Tétras lyre <i>Lyrurus tetrix</i>	Sterne pierregarin <i>Sterna hirundo</i>	Oedicnème criard <i>Burhinus oedicnemus</i>

Tableau 3 : Liste des espèces étudiées

En lien avec les milieux et les espèces présentés, nous avons recueilli des retours d'expérience sur des actions écologiques présentées ci-dessous. Ces actions sont issues de nos actions initialement sélectionnées (Annexe 2) pour lesquelles il n'y a pas eu de retour d'expérience systématique conduisant à une liste finale réduite (Tableau 4).

<b>Intitulé général</b>	<b>Intitulé précis</b>
Aménagement ponctuel en faveur de taxons particuliers	Pose de gîte artificiel
	Création d'habitat
Ouverture de milieu	Déboisement
Lutte contre les espèces invasives	
Travail du sol	Etrepage-replaquage
Déplacement d'espèces végétales protégées en milieu favorable	Translocation mécanique
	Translocation manuelle
Création/Renaturation de milieux	Transfert de foin vert
	Ensemencement par mélange grainier issu de mix commercial
	Ensemencement par mélange grainier issu d'espèces locales
	Bouturage et ajout de fertilisants
	Création de mare
	Restauration de mare
Modification de la gestion de fréquentation	Mis en défens

Tableau 4 : Liste des actions étudiées

## 2) Grille de caractérisation des actions

La grille de caractérisation des actions est constituée d'une trentaine de colonnes (Tableau 5). Nous différencions les éléments relatifs à un projet donné et les éléments propres à l'action écologique. Parmi ces derniers, nous distinguons les éléments d'identification de l'action tels que les objectifs visés, les milieux concernés et les espèces cibles et les éléments caractérisant la fiabilité de l'action écologique. Ces éléments sont appelés « critères » et nous distinguons 3 types de critères : ceux caractérisant la complexité de l'action, ceux caractérisant sa temporalité et ceux décrivant la réussite à attendre suite à la mise en œuvre de l'action.

	<b>Critères</b>
<b>Objectifs</b>	Objectif opérationnel, objectif final
<b>Milieu</b>	Milieu avant la dégradation, avant la restauration et milieu visé par l'action
<b>Détails espèce</b>	Taxon, communauté, espèce cible
<b>Catégorie</b>	Restauration, gestion
<b>Itinéraire technique</b>	
<b>Complexité de l'action</b>	Nombre d'étapes
	Présence d'experts
	Utilisation de machines spécifiques
	Formation des opérateurs nécessaire
	Entretien, fréquence, persistance
<b>Réussite de l'action</b>	<u>Succès</u> de l'action, <u>homogénéité</u> de la réussite, <u>certitude</u> du succès, <u>critère</u> de succès
<b>Temporalité de l'action</b>	Temps avant réalisation de l' <u>objectif opérationnel</u>
	Temps avant réalisation de l' <u>objectif final</u>
<b>Caractéristiques du projet</b>	<u>Localisation</u> , <u>Altitude</u> , <u>nature du sol</u> , <u>superficie</u> des travaux
	Suivis, durée des suivis
<b>Temporalité du projet</b>	Durée des travaux
	Délai entre la restauration et suivi
	Délai entre la dégradation et la restauration
<b>Éléments de vigilance</b>	Cout et superficie de l'action
	Spécificité de l'action
	Points de vigilance
<b>Origine de la donnée</b>	Guide technique reconnu, bibliographie grise, dire d'expert, retour d'expérience

Tableau 5 : Critères de la grille de caractérisation des actions écologiques

a) Critères caractérisant la complexité

Les critères relatifs à la complexité de l'action sont au nombre de cinq. L'utilisation de machines spécifiques lors de la réalisation de l'action, distinctes de machines de BTP ou de jardinage classique, est un premier critère. La présence d'experts lors de la mise en œuvre des actions et la formation des intervenants lors de la réalisation des actions sont deux autres critères. La nécessité d'entretien à la suite de la réalisation de l'action est le quatrième critère retenu.

Ces quatre critères présentent deux modalités : 0 ou 1 selon s'ils sont nécessaires ou non lors de la réalisation de l'action.

Nous intégrons également dans cette notion le nombre d'étapes nécessaires à la bonne mise en œuvre de l'action. Nous pouvons citer en exemple l'action de poser un géotextile ou de creuser une dépression dans le cas de la création d'une mare.

#### b) Critères caractérisant la temporalité

Nous distinguons également les critères relatifs à la temporalité de l'action. Ces critères correspondent au délai d'obtention des premiers résultats de l'action (objectif opérationnel) et au délai d'obtention de l'objectif de l'action. Ces deux délais prennent trois modalités correspondant à trois intervalles de temps. Ces classes sont de 0 à 2 ans (classe 1), de 2 à 8 ans et supérieures à 8 ans (classe 3).

#### c) Critères caractérisant la réussite

Enfin, les critères relatifs à la réussite de l'action sont au nombre de trois : succès de l'action, certitude du succès et homogénéité du succès. Ces trois critères ont 5 modalités possibles correspondant à une note entre 0 et 4.

Une note de 0 pour le succès de l'action correspond à un échec total tandis qu'une note de 4 correspond à une réussite parfaite selon les objectifs fixés. De façon similaire, une note de 0 pour la certitude du succès correspond à une incertitude totale sur le succès de l'action et une note de 4 correspond à une absolue certitude sur le succès. Ainsi par exemple, un retour d'expérience sur une action de création de mare peut avoir un succès de 4 (la mare est en eau, les amphibiens sont présents et se reproduisent) et une certitude de 4 (le suivi a été fait de façon très précise et est récent).

Enfin, une note de 0 pour l'homogénéité du succès correspond à un résultat hétérogène sur la superficie de l'action et une note de 4 correspond à un résultat 100% homogène sur la superficie de l'action. Ainsi par exemple, un retour d'expérience sur une action de revégétalisation par transfert de foin vert peut avoir une note d'homogénéité de succès de 2, correspondant à un succès de l'action sur 50% de la superficie.

Les critères présentés précédemment sont les critères les mieux renseignés par les retours d'expérience. Ils seront étudiés lors de l'étude statistique effectuée sur la grille de caractérisation complétée.

Les autres critères quant à eux seront principalement réutilisés dans la création des fiches par actions présentées en B.2.

### 3) Application de la grille aux retours d'expérience

#### a) Entretiens avec les acteurs

Finalement, 15 entretiens ont été réalisés. Trois entretiens ont été effectués dans des structures de recherche, les données sont exclusivement issues d'expérimentations scientifiques. Les suivis effectués et donc les retours d'expérience collectés sont très précis. Cependant, ces actions sont réalisées sur des faibles superficies et les coûts sont très élevés ce qui rend difficile leur réalisation à grande échelle. Neuf entretiens ont été réalisés auprès d'associations environnementales, deux entretiens auprès de bureaux d'études et un dernier entretien auprès d'un syndicat mixte. Les données recueillies proviennent généralement de mesures compensatoires qui ont été suivis par les structures contactées.

Les données récoltées sont insérées dans la grille de caractérisation des actions écologiques. La plupart des informations issues de ces entretiens seront réutilisées dans la création des fiches par action.

#### b) Fiches par action

Actuellement 6 fiches actions ont été créées (Annexe 3). Elles portent sur les actions de transfert de foin vert, étrépage et replaquage, translocation mécanique et manuelle d'une espèce protégée en Rhône-Alpes : la fétuque du valais, création de mare et bouturage en milieu contaminé.

Elles reprennent les critères importants pour estimer l'incertitude de la réalisation de l'action, à savoir les milieux et espèces concernés, l'itinéraire technique couramment utilisé, la complexité de l'action en termes de compétences, de connaissances, d'entretien et de suivi, sa temporalité, sa validité et enfin les points de vigilance à retenir pour la mise en œuvre de l'action.

De façon standardisé, les fiches précisent si les actions nécessitent des compétences d'expertises et /ou une formation des intervenants ainsi que l'utilisation de matériel particulier, c'est-à-dire hors matériel agricole et BTP classique (Figure 3). Le type d'entretien et de suivi qu'il est conseillé d'effectuer est précisé sur les fiches lorsque l'action s'y prête.

L'aspect temporel des actions est présenté sur les fiches en deux temps : le temps d'attente moyen avant l'obtention des premiers résultats de l'action et celui avant l'obtention des objectifs de l'action écologique. Ces détails permettent de fournir une indication aux acteurs de la compensation sur ce à quoi ils peuvent s'attendre avant même de débiter les travaux.

Afin de poser des limites en ce qui concerne la création des fiches, la rubrique « Validité » permet de détailler sur combien de cas d'études elle a été créée et ainsi de donner des précisions sur la fiabilité des informations.

Les retours d'expérience et la consultation de la bibliographie permettent de mettre en avant des indications cruciales nécessaires à la bonne réussite des actions, regroupées dans la rubrique « Vigilance ». Ce sont en général des données empiriques pertinentes, parfois négligées, mais sans lesquelles l'action peut aboutir à un échec.

<b>Itinéraire technique</b>	récolte précoce.	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Préparation du sol</b> par griffage/hersage perpendiculairement à la pente afin de limiter la perte de graines et pour favoriser leur germination.</li> <li>- <b>Épandage</b> manuel ou mécanique sur 2cm d'épaisseur précédé et suivi d'<b>arrosage</b>.</li> <li>- <b>Pose de grillage/géotextile</b> envisageable pour éviter la dispersion du foin par le vent ou la pluie.</li> </ul>	
<b>Complexité</b>	- <b>Compétences</b> : Connaissances de la phénologie des espèces pour assurer une récolte optimale.	✓
	- <b>Matériel spécifique</b> : Matériel agricole classique et matériel plus spécifique comme un aspirateur à feuille.	✗
	- <b>Entretien</b> : <b>Mise en défens</b> pour limiter le pâturage ou la fréquentation pendant les premières années. <b>Fauche ou pâturage</b> 1 à 2 fois par an tant qu'on veut garder le milieu ouvert.	✓
	- <b>Suivi</b> : Nécessaire pour surveiller la reprise de la végétation et s'assurer de l'atteinte des objectifs de retour des espèces attendues. Suivi chaque année par cliché photographique ou relevé de végétation.	✓
<b>Temporalité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtention <b>très rapide</b> des résultats de l'action : 6 mois avant de constater une reprise de la végétation.</li> <li>- Obtention <b>rapide</b> de l'objectif de restauration : 2 ans avant présence d'un recouvrement suffisant et</li> </ul>	

Figure 3 : Extrait d'une fiche action : Revégétalisation de milieux par transfert de foin vert

#### 4) Etude statistique de la grille appliquée aux retours d'expérience

##### *Nombre de retours d'expérience par action écologique*

Nous avons appliqué notre grille à 38 retours d'expériences sur des actions écologiques menées dans des projets différents.

Nous n'avons retenu que les retours d'expérience pour lesquelles toutes les données recherchées étaient disponibles. Par conséquent de nombreux articles scientifiques ou rapports ne contenant pas suffisamment d'information ont été écartés. Pour cette raison, nous n'avons souvent qu'un seul retour d'expérience pour une action écologique donnée (Figure 4). Au total, 18 actions écologiques bénéficiant de retours d'expériences satisfaisant ont été conservées, dont 11 avec un seul retour d'expérience.

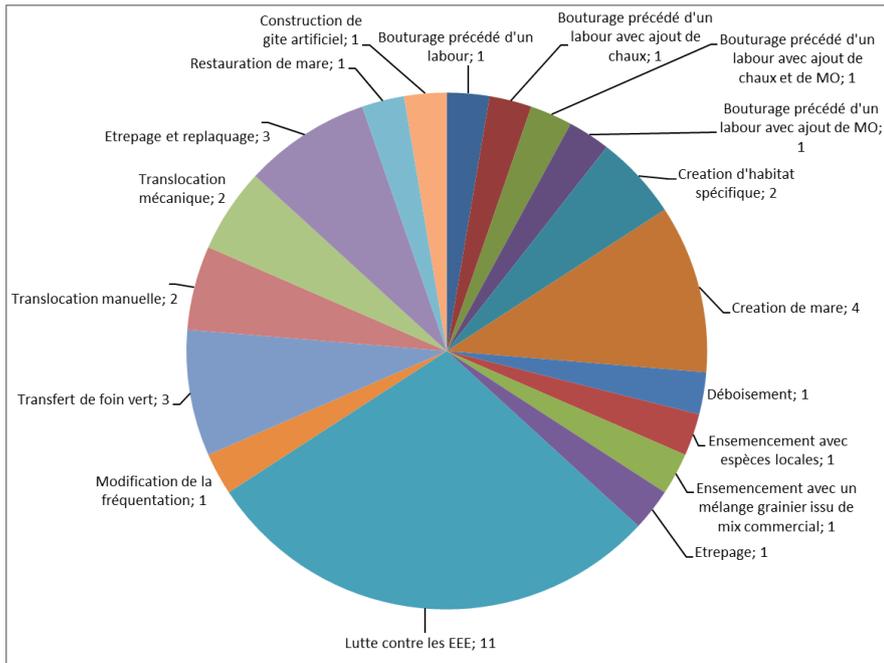


Figure 4 : Nombre de retours d'expérience par action écologique

### Retours d'expérience et succès des actions

Parmi les retours d'expérience recueillis, 61% sont associés à des actions bien ou très bien réussies (Figure 5). Nous pouvons citer un retour d'expérience sur une action de création de mare où la mise en eau s'est faite en moins d'un an et où les premières constatations de reproductions d'amphibiens se sont faites au bout d'un an.

A l'opposé, 15% des retours d'expérience sont associés à des actions ayant mal ou très mal réussies. Nous pouvons citer un retour d'expérience sur une action de lutte contre la renouée du Japon qui n'a pas abouti. En effet, dans ce retour d'expérience la renouée du Japon a percé la bâche qui avait été utilisée. L'objectif d'éradication de l'espèce invasive n'a absolument pas été atteint pour ce cas.

En résumé, le succès des actions est généralement bien noté dans les retours d'expérience où seuls 6 sur 38 sont des échecs (note de 1 ou de 0).

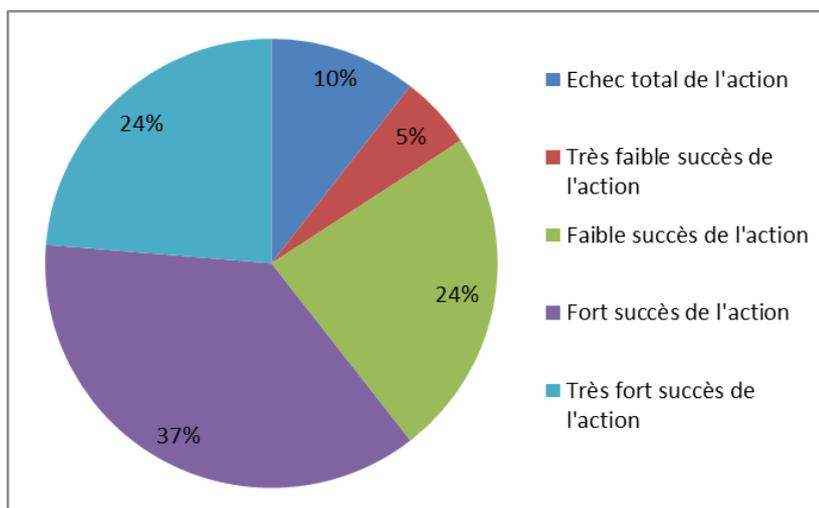


Figure 5 : Proportion des retours d'expérience en fonction des notes de succès

En détail, pour les 11 actions ne bénéficiant que d'un seul retour d'expérience, une seule valeur de succès a été attribuée (Figure 6). En ce qui concerne l'action de création d'habitat spécifique, deux retours d'expérience ont été recueillis avec une note de succès de 3. Parmi ces 11 actions, la restauration de mare, la modification de la fréquentation et la construction de gîte artificiel ont très bien réussi. A l'inverse, le bouturage avec labour seul a été un échec.

Pour les 6 actions bénéficiant de plusieurs retours d'expérience, nous constatons que le succès est très variable pour 3 d'entre elles : transfert de foin vert, translocation mécanique et création de mare.

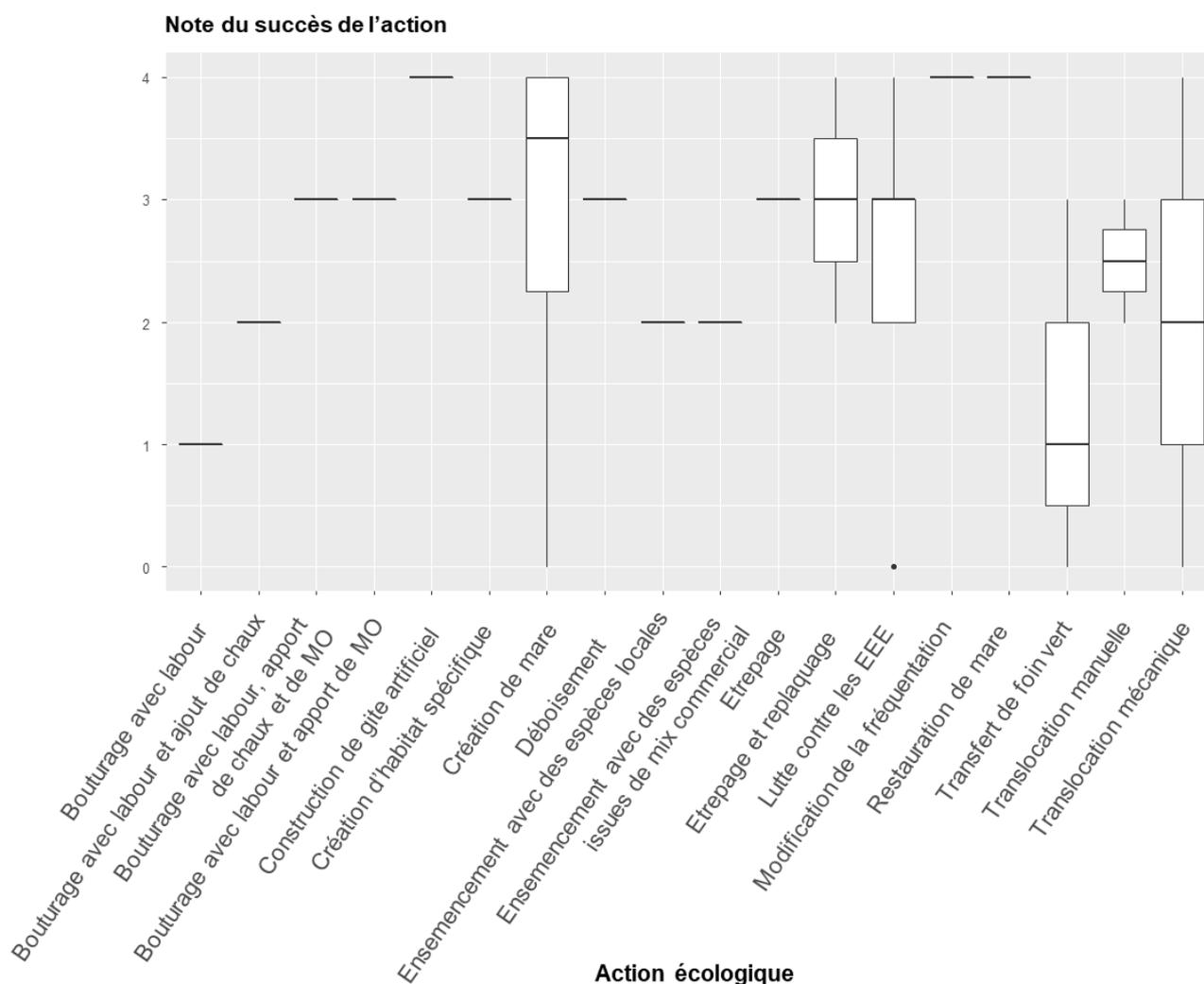


Figure 6 : Représentation du succès des actions

A la suite de cette description des actions et de leur succès, nous cherchons à identifier des liens existants entre les notions étudiées : complexité et temporalité. L'étude des relations entre la notion de réussite des actions et les notions de complexité et de temporalité sera abordée dans un second temps.

### Visualisation des relations entre les critères

La réalisation d'une Analyse en Correspondances Multiples nous permet de visualiser la proximité entre les critères qualitatifs. Dans notre étude statistique, le délai d'obtention des premiers résultats de l'action (appartenant à la notion de temporalité) n'a pas été gardé car il n'était pas discriminant : tous les retours d'expérience ont montré une obtention très rapide des premiers résultats.

L'examen de l'histogramme des valeurs propres nous permet de sélectionner les deux premiers facteurs grâce au critère de Kaiser. Leur pourcentage d'inertie cumulé étant égal à 47% (Figure 7)

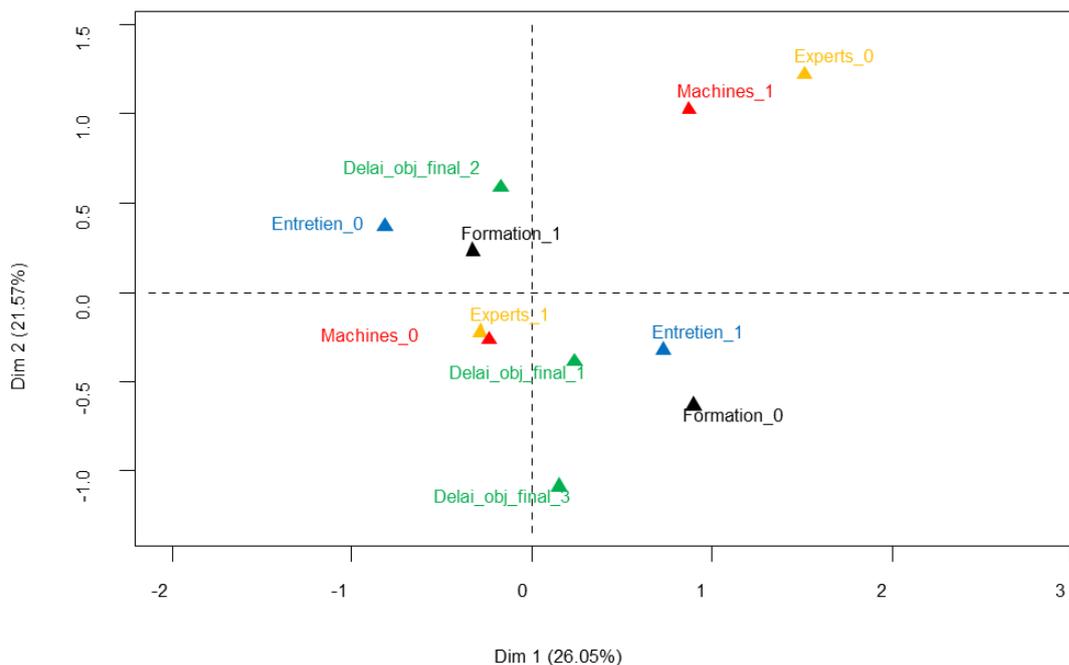


Figure 7 : Projection des modalités des critères de complexité et de temporalité des actions écologiques sur les deux premiers axes de l'ACM.

Les critères qui contribuent le plus à la création du premier axe sont l'absence d'experts lors de la mise en œuvre des actions écologiques et la nécessité d'entretien (ou non) à la suite des actions.

Les critères qui contribuent le plus à la formation du second axe sont les délais d'obtention des objectifs finaux, l'utilisation de machines spécifiques et l'absence d'experts.

L'étude des retours d'expérience nous permet de distinguer deux axes. Le premier axe (Figure 8) oppose les retours d'expérience sur des actions nécessitant ou non un entretien. Le second axe (Figure 9) oppose les retours d'expérience sur des actions nécessitant ou non la présence d'experts lors de la réalisation des actions écologiques.

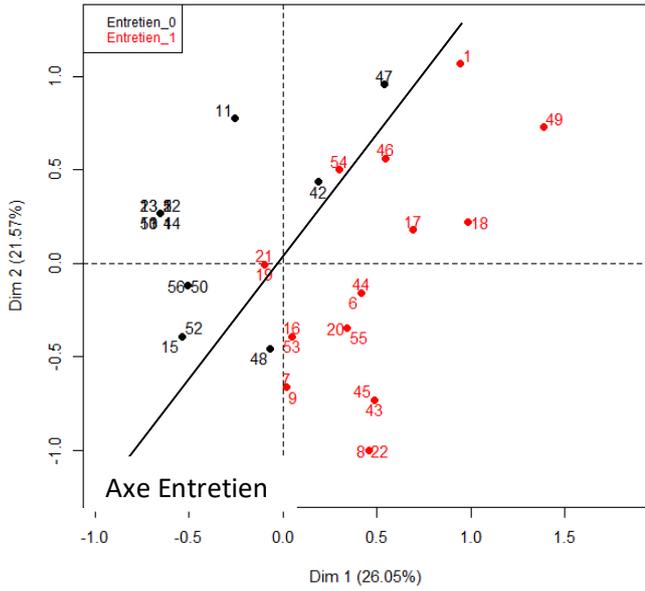


Figure 8 : Projections des retours d'expériences sur les deux premiers axes de l'ACM et habillage selon le critère d'entretien

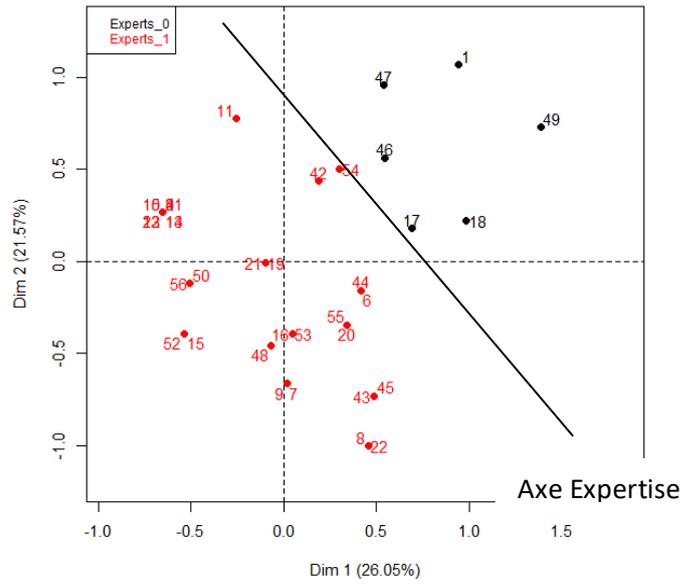


Figure 9 : Projection des retours d'expériences sur les deux premiers axes de l'ACM et habillage selon le critère d'expertise

La Figure 10 présente les résultats de la CAH réalisée sur les critères de complexité et de temporalité des actions écologiques. Chaque individu représenté dans la Figure 10 est un retour d'expérience sur une action.

### Factor map

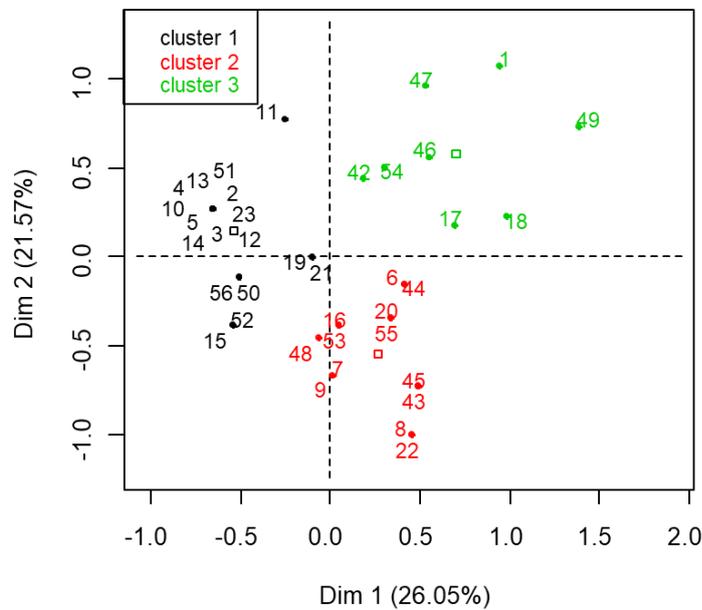


Figure 10 : Classification des retours d'expérience sur les résultats de l'ACM

La première classe se distingue des autres car elle ne regroupe que des retours d'expérience sur des actions où une formation des intervenants et une présence d'experts lors de la réalisation des actions sont nécessaires. En effet, c'est la seule classe où les retours d'expérience ne font pas mention d'une absence d'experts et/ou d'une absence de formation des intervenants. Nous notons également une très forte dominance du critère d'absence d'entretien dans cette classe.

La seconde classe regroupe majoritairement les retours d'expérience faisant mention d'actions nécessitant un entretien.

La troisième classe se distingue des autres car elle regroupe tous les retours d'expérience faisant mention d'une absence d'experts lors de la réalisation des actions écologiques.

*Etude des redondances entre les critères*

La Figure 11 nous montre une absence significative de corrélation entre les critères quantitatifs : réussite de l'action et nombre d'étapes de l'action (p-valeur>0,05 symbolisée par une croix superposée aux valeurs des corrélations).



Figure 11 : Résultat des tests de corrélation de Spearman sur les critères quantitatifs

Les critères qualitatifs (complexité et temporalité) ne sont également pas corrélés. Nous pouvons voir dans le Tableau 6 un exemple de résultat obtenu par le test effectué (p-valeurs>0,05). Les critères de complexité et de temporalité sont donc tous indépendants.

<u>Variabiles testées</u>	<u><math>\chi^2</math> test p-valeur</u>
Entretien + Experts	0,23
Entretien + Machines	0,81
Entretien + Formation	0,09
Entretien + Delai_obj_final	0,29

Tableau 6 : p-valeur du test du  $\chi^2$  entre les variables qualitatives (exemple du critère Entretien)

Les résultats des tests de redondance entre les critères nous permettent de conclure sur une absence de répétition entre eux. Chaque critère est donc informatif.

*Relation entre les critères caractérisant les incertitudes et les critères caractérisant la réussite des actions écologiques*

De plus, les résultats de l'étude des relations entre les critères quantitatifs et qualitatifs montrent une absence de liaison. En effet, la faible valeur du coefficient obtenue signifie une absence de relation. Un exemple de ces résultats est présenté dans le Tableau 7.

Dans cet exemple, nous cherchons une relation entre la certitude associée au succès de l'action et les critères de complexité et de temporalité.

<u>Variabiles testées</u>	<u>Rapport de corrélation <math>\eta^2</math></u>
Certitude_action + Entretien	0,005
Certitude_action + Machines	0,033
Certitude_action + Experts	0,007
Certitude_action + Formation	0,023
Certitude_action + Delai_obj_final	0,058

Tableau 7 : Rapports de corrélation entre la certitude de la note de succès attribuée à l'action et les variables qualitatives

## D. DISCUSSION

### 1) Milieux, espèces et actions écologiques retenus

Initialement, nous avons retenu une cinquantaine d'actions, 18 milieux et une vingtaine d'espèces d'intérêt pour notre étude. Finalement, nous n'avons travaillé que sur 18 actions écologiques, 8 milieux et 6 espèces.

Notre étude ayant été effectuée en majorité sur des retours d'expérience issus d'entretiens, les actions, milieux et espèces non retenus sont ceux qui étaient les moins d'actualité pour les acteurs. En effet, ceux-ci nous ont partagés leurs retours sur des actions récentes et en raison d'un temps limité, nous n'avons pas pu aborder tous les retours qu'ils pouvaient transmettre. De plus, certaines actions (et donc certaines espèces et milieux liés) étaient moins bien renseignées et moins disponibles dans la bibliographie. La conséquence est que certains choix initiaux n'ont pas pu être complétés.

Bien que la liste finale soit pertinente et intéressante pour les acteurs ciblés par notre projet, nous pouvons envisager une application plus large de la grille créée afin de recueillir des informations sur chaque actions, espèces et milieux sélectionnés.

### 2) Grille de caractérisation des actions écologiques

La grille créée est généralisable à toute action écologique et applicable à tout retour d'expérience. Bien qu'ils soient tous informatifs (absence de redondance) d'après les études qui ont été menées, la robustesse de nos résultats est à nuancer (faible nombre de retours d'expérience).

Les critères de caractérisation initialement sélectionnés avec le concours de la DREAL Rhône-Alpes ont cependant été éprouvés par les différentes avancées du projet. Tandis que certains critères sont facilement complétés et généralisables aux différentes actions, d'autres ne sont que très rarement renseignés en raison d'un manque d'information évoqué précédemment.

Nous pouvons citer les critères de nature du sol, de durée de l'entretien (généralement sous-traité et sans retours) ou des suivis, de superficie de l'action et du coût de l'opération (peu retenu et/ou associé au projet dans l'ensemble).

À la suite de l'étude menée, le critère de gestion adaptative ne semble pas pouvoir discriminer la réussite ou non des actions selon sa mise en œuvre. En effet, en lien avec le manque de répétition des actions, nous ne pouvons pas comparer pour une même action la mise en œuvre ou non de gestion adaptative induite par une même perturbation. Pour pouvoir juger la pertinence de ce critère, il est nécessaire d'obtenir une répétition, pour une même action, de la même perturbation suivie ou non de gestion adaptative. De façon logique nous pouvons supposer que la gestion adaptative permet à l'action d'atteindre son objectif mais nous ne pouvons pas le démontrer dans le cadre de cette étude.

Enfin, nous pouvons introduire ici un biais dans la notation des actions en termes de succès, certitude de succès et homogénéité de succès. Ces différentes notations, échelonnées entre 0 et 4, sont données par des acteurs différents ce qui introduit un biais observateur dans le relevé de la note. Afin de pallier ce biais nous pouvons continuer l'étude en récoltant les retours d'expérience, pour un même projet et une même action, de plusieurs sources et effectuer une moyenne des notes données.

### 3) Etude de la grille appliquée aux retours d'expérience

#### a) Discussion sur l'analyse statistique

##### *Analyse du succès des actions*

Dans un premier temps nous pouvons souligner une prépondérance de certaines actions étudiées. La forte proportion des actions de lutte contre les espèces exotiques envahissantes, presque un tiers des actions étudiées, est le reflet des préoccupations écologiques actuelles en France et dans le monde. En effet, les espèces exotiques envahissantes transforment les écosystèmes existants et diminuent la biodiversité locale par la prédation, la compétition ou encore l'hybridation (Simberloff *et al.*, 2013) conduisant à une nécessité d'efforts supplémentaires pour lutter contre les espèces invasives (Tittensor *et al.*, 2013).

Suite aux actions de lutte contre les espèces invasives, les actions de création de mares associées aux compensations de milieux humides sont les secondes actions les plus recensées. De la même manière que la lutte contre les espèces invasives, le maintien des zones humides et des habitats favorables aux amphibiens est un enjeu fort en France (Barnaud & Fustec, 2007) d'autant plus que presque tous les amphibiens sont protégés par la loi du 10 juillet 1976 et les arrêtés du 24 avril 1979 et du 22 juillet 1993 (Lesbarreres & Iode, 2000).

Le fort taux de réussite des actions présentées, mis en parallèle avec le faible taux d'échec des actions peut s'expliquer par une plus grande facilité d'accès aux informations « positives » mettant en avant la réussite d'une technique innovante tandis que les informations « négatives » sont peu souvent étayées et partagées car synonymes d'échec (Moher 2007). Cette disparité peut avoir introduit un biais dans notre étude qui a pu jouer sur les résultats obtenus.

Nous pouvons également discuter ce fort taux de réussite au regard des taux de réussite des actions effectuées dans le cadre de mesures compensatoires. En effet (Vanpeene-Bruhier *et al.*, 2013) précise que ces mesures sont mal mises en œuvre et conduisent très souvent à des échecs. Notre échantillon ne semble donc pas représentatif de la réalité.

##### *Analyse de la classification*

La typologie réalisée nous a permis de distinguer trois groupés présentés précédemment se distinguant par leur niveau de complexité.

La classe 1 est très technique tandis que la classe 3 l'est beaucoup moins. En effet, les retours d'expérience rassemblés dans la première classe concernent majoritairement des actions de lutte contre la renouée du Japon, de création de mare et de bouturage en milieu contaminé (expérience scientifique). Ces actions sont presque systématiquement réalisées grâce à l'assistance de personnes expertes dans le domaine concerné et nécessitent généralement d'adopter une technique précise.

En effet, dans le cas de la lutte contre les espèces exotiques envahissantes il est nécessaire de faire appel à des experts pour élaborer des stratégies de lutte efficace (UICN, 2015). De plus, les techniques utilisées nécessitent une formation et des connaissances adéquates pour être correctement appliquées (UICN, 2015).

Il en est de même pour les créations de mares où la connaissance de l'hydrologie du site et des espèces cibles est nécessaires pour réaliser un profil de mare adapté.

Le cas des actions de bouturage en milieu contaminé est particulier puisqu'il s'agit de retours d'expériences scientifiques. Le contexte de réalisation de ces actions les classe donc dans le premier groupe.

A l'opposé de ces actions très techniques, nous avons distingué un groupe d'actions ne nécessitant pas d'expertise (classe 3).

Nous y trouvons des actions de lutte contre le robinier faux-acacia et des créations d'habitats spécifiques. Bien que ces actions semblent au contraire nécessiter la présence d'experts, leur contexte de réalisation nous permet d'expliquer leur classement au sein de ce groupe.

En effet, l'origine des retours d'expérience pour les actions de lutte contre le robinier faux-acacia proviennent d'un guide technique (Paule *et al.*, 2017). Ce guide contient des retours d'expérience censé être reproductibles par des gestionnaires ayant une formation mais sans faire appel à des experts.

Le cas des actions de création d'habitat concerne des actions de création d'hibernaculum pour reptiles et de milieu ouvert et caillouteux pour l'œdicnème criard. La création d'hibernaculum est une action très documentée et régulièrement effectuée. Les maîtres d'œuvre ne font donc généralement pas appel à des experts, sauf cas particulier. Dans notre étude, la technique appliquée pour recréer un habitat pour l'œdicnème criard était très simple (ouverture du milieu et pose de galets) et n'a pas nécessité d'expertise.

Avec le critère d'expertise, un second critère nous permet de différencier les actions : le critère d'entretien. La seconde classe de la typologie effectuée regroupe majoritairement des retours d'expérience sur des actions nécessitant un entretien. Nous retrouvons parmi ces actions du transfert de foin vert, de l'étrépage suivi de replaquage ou encore d'ensemencement avec un mélange grainier issu de mix commercial. Ces actions majoritaires dans la classe ont la particularité de s'effectuer dans des milieux de pelouses sèches et de prairies. Or, dans le contexte de notre étude ces milieux étaient obligatoirement pâturés ou fauchés afin de les garder ouverts (pistes de ski, prairies agricoles...) ce qui explique l'entretien. Cependant ce que nous montrons ici relève plus du contexte socio-économique que du contexte écologique.

#### *Analyse des redondances et des relations entre les critères*

Nous avons ainsi pu séparer les actions selon les critères d'entretien et d'expertise, regroupés dans la notion de complexité. Cependant, l'étude des relations entre la complexité ou temporalité avec la réussite des actions nous permet de conclure, dans le cadre de notre étude, sur une absence de liaison entre ces notions. Une action complexe n'est pas systématiquement associée à un succès moindre, une meilleure homogénéité ou certitude du succès. De plus, elle n'est pas systématiquement associée à un délai d'obtention des objectifs plus long.

Ces résultats nous paraissent cependant peu logiques. En effet, une action complexe et/ou dont la temporalité serait longue devrait avoir une réussite différente d'une action « facile » et aux objectifs rapides à atteindre. Les conclusions que nous tirons sont cependant issues de notre étude statistique portant sur seulement 38 retours d'expérience et 18 actions écologiques différentes.

## b) Limites de l'étude statistique

L'étude statistique a donc porté sur 38 retours d'expérience dont les modalités étaient suffisamment renseignées. Cependant, la récolte de données a été faite sur 57 retours d'expérience. Ainsi, seuls 64% des données ont pu être analysées. Cette faible proportion s'explique par un manque de données sur certains critères pour la vingtaine d'actions non étudiées. Ces actions ont donc été écartées de la grille analysée ce qui « affaibli » l'étude statistique en diminuant le nombre de retours d'expérience.

Le manque de données peut s'expliquer de deux façons. Une explication envisageable est un retour d'expérience approximatif, empêchant une analyse efficace des entretiens. Les retours d'expérience les moins informatifs ont souvent été écartés de la grille car ils étaient jugés trop peu informatifs. Cette approximation provient dans le cas des entretiens, d'une direction moins formelle et rigoureuse. Associé à une durée d'entretien limitée, les données n'ont donc pas toujours été complètes.

Dans le cas des données issues de la bibliographie, le format de notre grille de caractérisation des actions n'était pas toujours adapté. De nombreux critères ne pouvaient pas être renseignés car ils étaient absents des documents étudiés. De plus, de nombreuses données bibliographiques ne comportaient pas une phase de suivi suffisamment détaillée.

D'autre part, le nombre de retours d'expérience renseignés, au nombre de 57, reste faible en raison d'une forte contrainte temporelle limitant l'extraction des données de la bibliographie. De plus les acteurs initialement contactés n'ont pas tous été rencontrés à cause de leur travail chronophage sur le terrain.

Cependant, l'utilisation de ces données incomplètes est faite au profit des fiches actions qui résument et répertorient les données utiles à la meilleure réalisation des actions.

Nous pouvons également relever un manque de répétition de certaines actions écologiques. Ce manque de répétition provient en grande partie du choix de diversifier les types d'actions au détriment de leur nombre dans le but de toucher un plus large panel de cas possibles. Ce manque de répétition ne nous permet pas d'étudier les actions écologiques en elles-mêmes mais d'étudier les retours d'expérience dans leur ensemble.

Nous mettons également en avant une limite concernant la diversité des réponses pour une même action. En effet, dans le cas d'une action détaillée par plusieurs sources, nous avons remarqué une hétérogénéité des modalités de complexité et de temporalité. En d'autres termes pour une même action certains retours précisent la formation nécessaire des intervenants tandis que d'autres retours n'en font pas mention, ou bien encore quand certains indiquent une obtention très rapide des objectifs, d'autres mentionnent l'opposé. Cette disparité s'explique par la singularité des actions écologiques : bien que visant un objectif similaire, les conditions humaines, météorologiques, et matérielles étant uniques les retours le sont également. Nous mettons ici en avant la difficulté de regrouper dans un même groupe des actions initialement semblables mais finalement toutes différentes.

Enfin, les retours d'expérience récoltés sont liés à des actions récentes (généralement moins de 5 ans). Or, nous savons qu'un faible recul sur les évaluations impose une grande prudence quant à la note qu'on leur attribue. Il est nécessaire de développer les observatoires et les suivis pour s'assurer du réel succès des actions écologiques (Mounier, 2009). Ainsi, il apparaît nécessaire de considérer avec précaution les retours d'expérience recueillis dans notre étude puisqu'ils sont issus d'actions récentes (moins de 5 ans pour la majorité).

#### 4) Fiches par action

La création des fiches par action s'est faite d'après les retours d'expérience récoltés. Cependant, ces retours sont peu nombreux comme nous l'avons vu. Ainsi, le manque de répétition diminue la validité des informations transmises par les fiches. En effet, une action éprouvée quatre ou cinq fois dans le cadre de notre étude (exemple : création de mares) sera mieux documentée et les informations associées seront plus certaines. A l'inverse, les informations issues d'une ou deux actions (exemple : ensemencement de prairie avec un mélange grainier issu de mix commercial) seront à nuancer fortement.

De plus, bien que nous ayons regroupé les retours d'expérience pour une même action afin de créer la fiche associée, chaque retour d'expérience est unique. Les modalités de mise en œuvre sont spécifiques au contexte technique, écologique et socio-économique de l'action. C'est pourquoi les résultats transmis par le biais de ces fiches par action doivent être nuancés. Leur utilisation doit être adaptée à chaque contexte et il sera nécessaire de préciser ces fiches avec d'autres retours d'expérience.

Enfin, le choix que nous avons fait de ne recenser principalement que les retours d'expérience complets et exploitables statistiquement a conduit à écarter des informations exploitables pour la création des fiches.

#### 5) Perspectives

Cette étude avait pour objectif de déterminer les incertitudes de réussite des actions et d'effectuer une typologie des actions selon leur complexité et temporalité afin d'étudier les liens avec leur réussite. Le recueil et l'exploitation des retours d'expérience devaient rationaliser les incertitudes en les identifiant.

Bien que les résultats montrés ne permettent pas d'expliquer de façon significative les différents échecs ou réussites des actions, nous avons pu cerner certaines limites importantes à cette étude et nous pouvons ainsi envisager des améliorations futures au travail qui a été réalisé.

En effet, afin d'ajouter du poids aux tests qui ont été réalisés et de préciser les incertitudes de réussites, il sera nécessaire de poursuivre l'application de la grille de caractérisation et donc par conséquent d'ajouter des nouveaux retours d'expérience à la base de données commencée.

Nous pouvons également proposer de séparer les actions qui ont été regroupées (lutte contre les espèces invasives, création d'habitat...) si elles présentent suffisamment de répétitions. En effet, cette séparation des actions selon quelques caractéristiques précises (typologie EUNIS de niveau 3 au lieu de 2, séparation selon les espèces ciblées...) permettra de limiter les généralités. Ainsi, nous pouvons espérer une caractérisation affinée des incertitudes liées à la mise en œuvre des actions de mesures compensatoires. En travaillant sur les critères, nous pouvons envisager de réduire leur nombre (par combinaison de plusieurs critères) afin de gagner en précision.

Cette recherche approfondie peut s'effectuer par la création puis la mise en ligne d'un questionnaire reprenant les critères sélectionnés pour notre étude. Cet aspect n'avait pas pu être traité du fait du nombre trop important de critères initiaux sélectionnés rendant la procédure trop complexe.

## **E. CONCLUSION**

L'étude menée durant la période de mars à août 2016 sur les incertitudes associées à la mise en œuvre technique des actions écologiques dans le cadre de la compensation écologique a permis de mettre en évidence certaines caractéristiques des retours d'expérience recueillis.

Cette caractérisation a pour objectif de permettre aux acteurs de la compensation écologique d'évaluer la fiabilité des actions écologiques proposées en compensation.

Au vu des résultats obtenus, nous pouvons dire que la grille de caractérisation des actions écologiques, créée à partir de critères faciles à renseigner et objectifs, a permis d'identifier une absence de lien entre la réussite des actions et leur complexité ou temporalité. Cependant, l'étude des redondances entre nos différents critères a montré qu'ils étaient tous informatifs. D'autre part, les retours d'expérience recueillis nous ont permis d'éprouver leur validité et leur pertinence.

La création et diffusion de fiches par action nous permet de fournir aux acteurs de la compensation écologique un outil pratique, résumant les retours d'expérience pour une action donnée, leur permettant d'évaluer la fiabilité des actions écologiques proposées dans le cadre de mesures compensatoires.

La méthodologie que nous avons menée s'est révélée efficace pour répondre à notre objectif, cependant plusieurs pistes d'améliorations ont été identifiées. En effet, les résultats que nous avons obtenus doivent être nuancés en raison d'un faible nombre de retours d'expérience. Le choix de ne recenser que les retours d'expérience complets a diminué la robustesse des résultats finaux produits.

C'est pourquoi il serait intéressant de poursuivre ce travail en intégrant d'autres données, complètes ou non, afin d'alimenter la grille de caractérisation des actions. Cette étude est un travail de recherche préliminaire qui a permis de définir le cadre d'une base de données amenée à évoluer dans les années à venir afin d'englober le plus de retours d'expérience possible.

## F. BIBLIOGRAPHIE

**ALLIGAND G., HUBERT S., LEGENDRE T., MILLARD F., MULLER A.,** « Evaluation environnementale. Guide d'aide à la définition des mesures ERC », *CEREMA*, Janvier 2018

**BARNAUD G., CHAPUIS J.-L.,** « Ingénierie écologique et écologie de la restauration : spécificités et complémentarités », *Ingénieries*, n° spécial, pp123-138, 2004

**BARNAUD G., COIC B.,** « Mesures compensatoires et correctives liés à la destruction de zones humides », *Muséum National d'Histoire Naturelle*, Septembre 2011

**BEZOMBES L.,** « Développement d'un Cadre Méthodologique pour l'Evaluation de l'Equivalence Ecologique : Application dans le Contexte de la Séquence « Eviter, Réduire, Compenser » en France », Thèse de doctorat en Modèles, Méthodes et Algorithmes en Biologie, sous la direction de Thomas Spiegelberger, Grenoble, IRSTEA, 346p, 2017

**BONIN L., EVETTE A., FOSSARD P.-A., PRUNIER P., ROMAN D., VALE N.,** « Génie végétal en rivière de montagne. Connaissances et retours d'expériences sur l'utilisation d'espèces et de techniques végétales : végétalisation de berges et ouvrages bois », *Géni'Alp*, Mars 2013

**Business and Biodiversity Programme (BBOP),** « To No Net Loss and Beyond: An Overview of the Business and Biodiversity Offsets Programme (BBOP) », *Washington, D.C.*, 2012

**CALVET C.,** « Analyse de l'utilisation de la compensation écologique dans les politiques comme outil de conciliation des intérêts économiques et des objectifs de conservation de la biodiversité. 2015. Thèse de doctorat en sciences économiques », sous la direction de Thierry Dutoit et Claude Napoleone, Université d'Avignon, 286p, 2015

**Commissariat Général du Développement Durable (CGDD),** « Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels », *Collection « Références » du Service de l'Économie, de l'Évaluation et de l'Intégration du Développement Durable (SEEIDD) du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD)*, 2013

**Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable (CEGDD),** « Rapport du groupe de travail « améliorer la séquence Eviter-Réduire-Compenser » », Janvier 2015

**CURRAN M., HELLWEG S., BECK J.,** « Is there any empirical support for biodiversity offset policy ? » *Ecological Applications*, n°24, pp. 617-632, 2013

**DAVIES C.E., MOSS D., HILL M. O.,** « EUNIS habitat classification revised 2004 », *European Environment Agency-European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity*, 310p, 2004

**DEVILLERS P., DEVILLERS-TERSCHUREN J., LEDANT J.-P. & coll.,** « CORINE biotopes manual. Habitats of the European Community. Data specifications - Part 2 », EUR 12587/3 EN, *European Commission*, Luxembourg, 300 p, 1991

**DUFOUR A.B., ROYER M.,** « Croisement d'une variable qualitative et d'une variable quantitative », pp. 1-4, Février 2014

**DUPRE LA TOUR A.**, « Méthodes pour la production ou l’approvisionnement en semences locales de restauration », *SEM’LESALPES*, 2017a

**DUPRE LA TOUR A.**, « Les semences d’origine locale pour la restauration de milieux ouverts en montagne », *SEM’LESALPES*, 2017b

**ETRILLARD C.**, PECH M., « Mesures de compensation écologique : risque ou opportunités pour le foncier agricole en France ? », *Vertigo-la revue électronique en sciences de l’environnement*, Vol. 15, n°2, Septembre 2015

**GAYET G.**, BAPTIST F., BARAILLE L., CAESSTEKER P., CLEMENT J.-C., GAILLARD J., GAUCHERAND S., ISSELIN-NONDEDEU F., POINSOT C., QUETIER F., TOUROULT J., BARNAUD G., « Méthode nationale d’évaluation des fonctions des zones humides », *Muséum National d’Histoire Naturelle*, 2016

**GIBBONS P.** & LINDENMAYER D.B., « Offsets for land clearing: No net loss or the tail wagging the dog? », *Ecological Management & Restoration*, n°8, pp.26-31, 2007

**LAROCHE A.**, « Les mesures compensatoires liées aux impacts résiduels des aménagements de stations de ski en Savoie et Haute-Savoie », Institut Polytechnique *LaSalle Beauvais*, 2012

**LEPROUST C.**, DARLEY A., UHART F., MAILLET C., « Les pressions foncières en milieux agricoles et naturels. Analyse du marché foncier observé par la SAFER Île-de-France (1994-2008) », *IAU îdF*, 52 p, 2009

**LONGEOT J.-F.** & DANTEC R., « La réalité des mesures de compensation des atteintes à la biodiversité engagées sur des grands projets d’infrastructures, intégrant les mesures d’anticipation, les études préalables, les conditions de réalisation et leur suivi », Rapport Sénat n° 517, T. 1 Rapport, 25 avr. 2017

**LONGEOT J.-F.** & DANTEC R., « La réalité des mesures de compensation des atteintes à la biodiversité engagées sur des grands projets d’infrastructures, intégrant les mesures d’anticipation, les études préalables, les conditions de réalisation et leur suivi », Rapport Sénat n° 517, T. 2 Auditions, 25 avr. 2017

**Ministère de l’Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (MEDDTL)**, « Doctrine relative à la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur le milieu naturel », 2012

**MOHER D.**, « Reporting research results: a moral obligation for all researchers », *Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d’anesthésie*, vol. 54, no 5, p. 331-335, 2007

**MOILANEN A.**, VAN TEEFFELEN A. J. A., BEN-HAIM Y., FERRIER S., « How Much Compensation is Enough? A Framework for Incorporating Uncertainty and Time Discounting When Calculating Offset Ratios for Impacted Habitat », *Restoration Ecology*, Vol. 17, n°4, pp. 470-478, 2009

**MOUNIER B.**, « Pour une amélioration de la mise en œuvre des mesures compensatoires », *Fédération des conservatoires d’espaces naturels*, 2009

**PAULE A., PARIS-SIDIBE P., FAVEROT P.**, « Expérimentations. Le Robinier Faux-acacia. Limiter son impact en espaces naturels », *Conservatoire d'espaces naturels Rhône-Alpes*, 2017

**POTIRON-BRIOT R.**, « Retour d'expérience des mesures compensatoires en Isère », *Université Grenoble Alpes*, 2016

**Programme des Nations-Unies pour l'environnement (PNUe)**, « Le passé, le présent et les perspectives d'avenir », *L'avenir de l'environnement mondial 3. GEO-3*, 2002

**Programme des Nations-Unies pour l'environnement (PNUe)**, « PNUe Rapport annuel 2007 », 2008

**QUETIER F., QUENOUILLE B., SCHWOERTZIG E., GAUCHERAND S., LAVOREL S.** et **THIEVENT P.**, « Les enjeux de l'équivalence écologique pour la conception et le dimensionnement de mesures compensatoires d'impact sur la biodiversité et les milieux naturels », *Sciences Eaux et Territoires*, Article hors-série n°7, 2012

**QUETIER F. & LAVOREL S.**, « Assessing ecological equivalence in biodiversity offset schemes: key issues and solutions », *Biological conservation*, vol. 144, no 12, p. 2991-2999, 2011

**SERRANITO B., AUBERT A., STEMMANN L., ROSSI N., JAMET J.L.**, « Proposition of indicators of anthropogenic pressure in the Bay of Toulon (Mediterranean Sea) based on zooplankton time series », *Continental Shelf Research*, n°121, pp. 3-12, 2016

**SIEGEL S.**, « Nonparametric Statistics », *The American Statistician*, Vol. 11, N°3, pp. 13-19, Juin 1957

**SIMBERLOFF D., MARTIN J.L., GENOVESI P., MARIS V., WARDLE D.A., ARONSON J., COURCHAMP F., GALIL B., GARCIA-BERTHOU E., PASCAL M., PYSEK P., SOUSA R., TABACCHI E., VILA M.**, « Impacts of biological invasions: what's what and the way forward », *Trends in Ecology and Evolution*, n° 28, pp. 58-66, 2013

**SOYER H., AURENCHE M., CLAP F., MONCORPS S.**, « La compensation écologique. Etat des lieux & recommandations », *UICN France*, 2011

**SPANGENBERG J.H.**, « Biodiversity pressure and the driving forces behind. Ecological Economics », n°61, pp. 146-158, 2007

**SUTHERLAND W.J., DICKS L.V., OCKENDON N., SMITH K. Rebecca**, « What works in Conservation », *Conservation Evidence*, 2017

**TITTENSOR D.P., WALPOLE M., HILL S.L.L., BOYCE D.G., BRITTEN G.L., BURGESS N.D., BUTCHART S.H.M., LEADLEY P.W., REGAN E.C., ALKEMADE R., BAUMUNG R., BELLARD C., BOUWMAN L., BOWLES-NEWARK N.J., CHENERY A.M., CHEUNG W.W.L., CHRISTENSEN V., COOPER H.D., CROWTHER A.R., DIXON M.J.R., GALLI A., GAVEAU V., GREGORY R.D., GUTIERREZ N.L., HIRSCH T.L., HÖFT R., JANUCHOWSKI-HARTLEY S.R., KARMANN M., KRUG C.B., LEVERINGTON F.J., LOH J., LOJENGA R.K., MALSCH K., MARQUES A., MORGAN D.H.W., MUMBY P.J., NEWBOLD T., NOONAN-MOONEY K., PAGAD S.N., PARKS B.C., PEREIRA H.M., ROBERTSON T., RONDININI C., SANTINI L., SCHARLEMANN J.P.W., SCHINDLER S.**

SUMAILA U.R., THE L.S.L., VAN KOLCK J., VISCONTI P., YE Y., «A mid-term analysis of progress toward international biodiversity targets», *Science* n°346, pp.241–244, 2014

UICN France, «Les espèces exotiques envahissantes sur les sites d'entreprises», Livret 1, 40p, 2015

VANPEENE-BRUHIER S., PISSARD P.A., BASSI C., « Mesures compensatoires des atteintes à l'environnement dans les projets d'infrastructures : de nouvelles exigences réglementaires pour une amélioration des pratiques ? », *Sciences Eaux and Territoires : la Revue IRSTEA*, IRSTEA, Hors-série 2013, 7p, 2013

VITOUSEK P.M., MOONEY H.A., LUBCHENCO J., MELILLO J.M., « Human Domination of Earth's Ecosystems », *Science*, n°277, pp. 494-499, 1997

WALKER S., BROWER A. L., STEPHENS R. T. T. et LEE W. G., « Why bartering biodiversity fails », *Conservation Letters*, Vol. 2, n° 4, 149-157, 2009

WARD J.H Jr., « Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function, Journal of the American Statistical Association », *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 58, n°301, pp.236-244, 1963

WISHART D., « 256. Note: An Algorithm for Hierarchical Classifications ». *Biometrics*, Vol. 25, n°1, pp.165-170, 1969

### Webographie

CBNA, « Portail documentaire » [en ligne]. CBNA, 2018, [consulté le 27 août 2018].  
Disponible sur : <http://www.cbn-alpin-biblio.fr/>

Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, « Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature (DGALN) » [en ligne]. MTEs, 25 janvier 2017 [consulté le 18 juillet 2018]. Disponible sur : <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/direction-generale-lamenagement-du-logement-et-nature-dgaln>



# ANNEXES

## Annexe 1 (1/3) : Questionnaire d'entretien

### Guide de discussion

*Guide d'entretien à adapter selon les interlocuteurs dont le but est de conduire à un recueil d'informations utiles pour le sujet de stage qui seront ensuite analysées*

#### Ordre du jour

- ➔ Caractériser les actions écologiques sélectionnées au regard des critères sélectionnés
- ➔ Recueillir les retours et avis plus généraux permettant d'étayer le projet

#### Déroulé de l'entretien

##### 1- Présentation des participants

Une présentation des parties prenantes initiales afin de poser les bases de la discussion, mieux appréhender le rôle de chacun dans sa structure et son expérience.

##### 2- Présentation détaillée du sujet de stage

Présentation de mon sujet de stage, ma méthodologie, mes objectifs, l'entretien avec la DREAL et les objectifs de la réunion.

##### 3- Focus sur les actions rencontrées et connues sur lesquelles l'interlocuteur a des retours

Regard sur les actions écologiques, celles retenues sont-elles pertinentes au vu de l'expérience de l'interlocuteur ?

#### Question préliminaire à l'entretien (par téléphone ou par retour de mail)

Q1. Dans la liste d'actions écologiques transmises, quelles actions avez-vous mises en œuvre ?

Q2. Combien de projets avez-vous suivi ou sur lesquels vous avez des retours ? (mettant en œuvre au moins une action)

- Si peu (entre 0 et 5), est-il possible de s'y intéresser en détail lors de notre rencontre ?

- Si beaucoup (supérieur à 5), quels projets sont les plus intéressants d'un point de vue précision du suivi et nombre/singularité d'actions écologiques effectuées ?

## Annexe 1 (2/3) : Questionnaire d'entretien

### **Questions lors de l'entretien**

Q3. Concernant les projets dans leur ensemble :

Q3.1 – Pour le/les projet(s) : Quelques explications rapide du projet, des mesures ?

Q3.2 - Pour le/les projet(s) : Quel a été l'itinéraire technique employé ?

Q3.3 – Pour le/les projet(s) : Quelle a été la durée des travaux ?

Q3.4 - Pour le/les projet(s) : Le milieu était-il dégradé ? Si oui, quel était le type de dégradation ?

Q3.5 - Pour le/les projet(s) : Quelle était la nature du milieu/écosystème avant la dégradation ?

Q3.6 - Pour le/les projet(s) : Quelle était la nature du milieu/écosystème après la dégradation et avant la restauration ?

Q3.7 - Pour le/les projet(s) : Quelle est la nature du milieu/écosystème que l'on cherche à obtenir ?

Q3.8 - Pour le/les projet(s) : Combien de temps s'est-il écoulé entre la dégradation et le début de l'action de restauration ?

Q3.9 – Pour le/les projet(s) : Avez-vous mis en œuvre une « gestion adaptative » après la phase initiale des travaux ? Si oui, pendant combien de temps ?

Q3.10 – Pour le/les projet(s) : Les travaux ont-ils fait l'objet de suivis ? De quelle nature ?

Q3.11 – Combien de temps s'est écoulé entre la fin de la restauration et le début du suivi ? Quel a été la durée du suivi ?

Q3.12 – Pour le/les projet(s) : Quelle note de succès mettez-vous pour le/les projet(s) dans l'ensemble (entre 0 et 4) ? Quel est votre degré de certitude (entre 0 et 4) ? Quel était l'homogénéité du succès (entre 0 et 4) ?

Q3.13 – Pour le/les projet(s) : Quel est le critère de succès sur lequel vous vous appuyez pour qualifier la réussite de la mesure ?

Q3.14 – Pour le/les projet(s) : Quelle est la superficie du projet de restauration ?

Q3.15 – Pour le/les projet(s) : A quelle altitude se situe le(s) projet(s)

Q3.16 – Pour le/les projet(s) : Quelle est la nature du sol ?

Q3.17 – Quelle est la personne référente du projet ?

Q3.18 – Quelle est la structure qui est intervenue pour ce(s) projet(s)

## Annexe 1 (3/3) : Questionnaire d'entretien

### Q5. Succès des actions.

Q5.1 – Quelle note donneriez-vous au succès entre 0 et 4 ?

Q5.2 – Quelle est votre certitude au sujet de cette note (entre 0 et 4) ?

Q5.3 – Quelle est l'homogénéité du succès (entre 0 et 4) ?

Q5.4 – Selon quel(s) critère(s) de réussite ?

Q5.5 – Si non, quel est le résultat (Nature de l'écosystème obtenu) ?

Q6. Quel est le délai (moyen et/ou par projet) avant l'obtention des résultats de l'action écologique ?

Q7. Quel est le délai (moyen et/ou par projet) avant l'obtention de l'objectif souhaité ?

Q8. L'action nécessite-t-elle un entretien ? Si oui, de quelle fréquence et pendant combien de temps ?

### Q9. Coût de l'action.

Q9.1 - Pour le/les projet(s) : quelle est la superficie/linéaire de l'action ?

Q9.2 – Pour le/les projet(s) : quel est le coût de l'action écologique ? (Prix précis ou fourchette de prix)

Q10. L'action est-elle spécifique au milieu ?

Q11. Est-il nécessaire de faire appel à un expert lors de la phase préparatoire ou opérationnelle ? Si oui, quel type d'expertise est attendu ?

Q12. Faut-il avoir des compétences spécifiques pour réaliser l'action en question ?

Q13. Faut-il utiliser des machines spécifiques pour réaliser l'action ? Si oui, lesquelles ? Quel coût ?

Q14. Quels sont les points de vigilance à avoir lorsqu'on effectue cette action ? Quelles vérifications/précautions prendre ?

Q15. Avez-vous de la documentation sur cette action ? (bibliographie grise, dossiers de projets ...)

Q16. Si vous deviez apporter un regard critique sur d'autres actions écologiques proposées en mesures compensatoires que diriez-vous ? Existe-t-il des actions (listées ou non listées) que vous trouvez « absurdes » (par exemple des déplacements d'espèces qui ne nécessitent pas d'assistance pour recoloniser...) ? Ou au contraire très importantes et qui n'ont pas été listées ?

## Annexe 2 (1/3) : Actions écologiques initialement retenues

### PRESENTATION DES ACTIONS ECOLOGIQUES RETENUES

#### Actions de restauration, création

##### ❖ **Ouverture de milieu (C2.1e)**

- Débroussaillage d'une prairie/pelouse sèche
- Défrichage
- Déboisement

##### ❖ **Création de plantation forestière (C2.1d)**

- Forêt
- Bosquet

##### ❖ **Aménagements ponctuels en faveur de taxons particuliers (C2.1g)**

- Pose de gîtes artificiels
  - Pour hirondelles (Exemple)
  - Pour chiroptères (Exemple)
- Réhabilitation de bâtiments pour chiroptères
- Création de butte sableuse pour le guêpier d'Europe
- Création d'habitats
  - Pierriers
  - Tas de bois
- Création de passage à faune sauvage
  - Passage à amphibiens
  - Passage à mammifères

##### ❖ **Modification d'un ouvrage existant sur les eaux de surfaces continentales (C2.2g)**

- Arasement de digues
- Arasement de seuil
- Arasement de busage
- Création de passe à poissons

##### ❖ **Lutte contre EEE (C2.1b)**

- Renouée du Japon (Exemple)
- ...

##### ❖ **Travail du sol (C2.1c)**

- Etrepage de sol
  - Déplaquage seul
  - Déplaquage-Replaquage
- Griffage
- Transfert de sol

## Annexe 2 (2/3) : Actions écologiques initialement retenues

### ❖ **Restauration de cours d'eau et des berges grâce au génie végétal (C2.2a)**

- Stabilisation et protection de berges
  - Création de fascines
  - Pose de caissons
  - Pose de tapis vivants
  - Création d'enrochements associés à des plantations
  - Pose de green tarramesh
  - Création d'épis
  - Création de peignes
  - Ensemencement des berges
  - Plantation d'hélophytes
  - Bouturage
    - Classique
    - Plançons
- Reméandrement
- Désenvasement
  - Curage

### ❖ **Création/Renaturation de milieux (C1.1a)**

- Transfert de foin
  - Foin vert
  - Foin de plus de 1an
- Paillage
- Suppression de la/les perturbation(s)
- Ensemencement de prairies par mélange grainier
  - Mix commercial
  - Espèces locales
  - Fonds de grange
  - Hydroseeding
  - Hydromulching
- Ajout de fertilisants
  - Venant du commerce
  - Compost
  - Fumier
  - Culture de blé
  - Fragments de bois (déchets scieries)
- Création/Restauration de mare
  - Mare temporaire
  - Mare permanente
- Bouturage

### ❖ **Déplacement d'espèces végétales protégées en milieu favorable**

- Déplacement mécanique
  - Ail carené (Exemple)
  - Silène de Suède (Exemple)
  - Petite massette (Exemple)
- Déplacement manuel
  - Silène de Suède (Exemple)
  - Anacamptis Laxiflora (Exemple)

## Annexe 2 (3/3) : Actions écologiques initialement retenues

### Gestion de milieu

#### ❖ **Pâturage sur pelouses sèches/prairies**

- Arrêt du pâturage
- Limitation du pâturage
- Favorisation du pâturage

#### ❖ **Mise en place d'îlots de vieillissements (C3.1b)**

#### ❖ **Entretien de mare**

#### ❖ **Evolution des pratiques de gestion des terres agricoles (C3.1a, 1b, 1c)**

- Abandon de traitement phytosanitaire
- Forte réduction de traitement phytosanitaire
- Conversions de terres cultivées de manière intensive

#### ❖ **Modification de la gestion de la fréquentation (C3.2c)**

#### ❖ **Lutte contre espèces exotiques envahissantes (C2.1b)**

## CREATION D'HABITAT SPECIFIQUE

### Création de mare

Objectif : L'objectif est de créer une mare favorable à des espèces spécifiques, en général les amphibiens.

<p><b>Milieus et espèces cible</b></p>	<p>La création de mare peut s'effectuer en <b>milieu forestier (G)</b>, en <b>prairie humide et mésiques (E3, E2)</b>, pour des amphibiens comme le <b>crapaud pélodyte</b>, la <b>salamandre tachetée</b>, la <b>grenouille rousse et agile</b>, le <b>crapaud calamite</b> ou encore le <b>sonneur à ventre jaune</b>.</p>	
<p><b>Itinéraire technique</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sélection du site d'implantation de la mare : il faut éviter la présence de grands arbres à proximité pouvant bloquer l'ensoleillement et appauvrir la mare en oxygène avec le dépôt de matière organique.</li> <li>- Creusement de la mare en pente douce (5 à 15°) avec plusieurs paliers. Prévoir une profondeur de 80cm pour une mare permanente. Possibilité de créer une pente abrupte dans la partie sud de la mare.</li> <li>- Creusement entre 20 et 30cm de profondeur sur une surface deux fois supérieure à la mare d'un impluvium en pente récupérant les eaux de pluies.</li> </ul> <p>Dans le cas d'un terrain non imperméable :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pose d'un géotextile imputrescible.</li> <li>- Pose d'une bâche en EPDM ou autre matériau résistant et imperméable maintenu aux extrémités par des pierres et de la terre.</li> <li>- Pose d'un second géotextile recouvert de 5cm de galets entre 20 et 40mm.</li> <li>- Mise en eau naturelle avec l'eau de pluie.</li> <li>- Végétalisation avec des plantes indigènes.</li> </ul>	
<p><b>Complexité</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Compétence</u> : La formation des pelleteurs est nécessaire car la technique est précise pour la création de mare. De même, il est nécessaire de faire appel à un expert pour déterminer la morphologie de la mare et de ses alentours selon les espèces cibles.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Matériel spécifique</u> : Aucun matériel spécifique n'est nécessaire en dehors du matériel BTP classique.</li> </ul>	

	<p>Selon la portance du milieu, il faudra prévoir des engins adaptés.</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Entretien</b> : Selon l'objectif de l'aménageur, l'entretien peut se faire par fauche tous les quatre ou cinq ans afin d'enlever la végétation et de rouvrir le milieu.</li> </ul>	✓
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Suivi</b> : Le suivi est nécessaire pendant au moins 3 ou 4 ans afin de s'assurer de la recolonisation de la mare par la faune. Les suivis peuvent se faire par pièges photographiques ou comptage des espèces.</li> </ul>	✓
<b>Temporalité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtention <b>très rapide</b> des premiers résultats de l'action : En moins d'un an on sait si la mare sera en eau et donc si l'action a réussie.</li> <li>- Obtention <b>longue</b> de l'objectif de l'action : la constatation du retour des espèces sur le site se fait en trois ans ou moins.</li> </ul>	
<b>Validité</b>	<p>Réussite <b>très bonne</b> si la procédure est bien suivie.  Résultats <b>moyennement</b> éprouvés : issus de quatre retours d'expérience</p>	
<b>Vigilance</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Observations</b> : Il est nécessaire de connaître la nature du sol avant de réaliser la mare afin de s'assurer de l'étanchéité du sol. Dans le cas contraire, il est nécessaire d'utiliser un matériau imperméable et résistant. Il convient également de surveiller la matière organique apportée par les arbres, pouvant nuire à son bon fonctionnement. De plus, selon les espèces visées il est nécessaire de prévoir une mare pouvant s'assécher en partie.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Coût</b> : Entre 6.000 et 10.000 euros pour une mare de 100m<sup>2</sup></li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Spécificité</b> : Cette action ne peut s'effectuer que dans un milieu terrestre favorable aux espèces cibles et sur un sol imperméable (ou utilisation d'un matériau imperméable). Le milieu cible doit être disposé à recevoir les eaux pluviales (point bas).</li> </ul>	

\***Sources** : Retours d'expérience de mesures compensatoires pour l'A89, Christophe Dadamo (LPO 69)  
Retours d'expérience de mesures compensatoires pour le stade des lumières, Christophe Dadamo (LPO 69)  
Retours d'expérience de mesures compensatoires pour une décharge, Stéphane Gardien (FRAPNA 01)  
Retours d'expérience du projet Ecopole en plaine de l'Ain, Stéphane Gardien (FRAPNA 01)

## RESTAURATION DE MILIEUX

### Bouturage précédé de labour en milieu contaminé

Objectif : L'objectif de cette action est de phytostabiliser un site contaminé par du cuivre et de l'arsenic grâce à du bouturage d'espèces adaptées (exemple du saule) précédé d'un labour.

<b>Milieux et espèces cible</b>	Le bouturage de saules ( <i>Salix caprea</i> et <i>Salix Viminalis</i> ) peut s'effectuer sur des milieux de terrasses alluviales (G1.1)	
<b>Itinéraire technique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Récolte</b> de boutures locales adaptées au milieu.</li> <li>- <b>Préparation du sol</b> par labour avant bouturage.</li> <li>- <b>Ajout d'intrants</b> : chaux et matière organique.</li> <li>- <b>Bouturage</b> sur le site.</li> </ul>	
<b>Complexité</b>	- <b>Compétence</b> : Pas de compétences techniques requises mais une connaissance des espèces que l'on récolte puis bouture.	
	- <b>Matériel spécifique</b> : Aucun matériel spécifique requis, utilisation de matériel agricole classique.	
	- <b>Entretien</b> : Non nécessaire dans ce cas.	
	- <b>Suivi</b> : Nécessaire dès la première année et pendant au moins deux ans afin de s'assurer de la reprise du bouturage. Les suivis sont faits par relevés de végétation.	
<b>Temporalité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtention <b>très rapide</b> des premiers résultats de l'action : constatation de la reprise de la végétation en 6 mois.</li> <li>- Obtention <b>rapide</b> de l'objectif de l'action : 2 ans avant recouvrement suffisant.</li> </ul>	
<b>Validité</b>	Réussite <b>bonne</b> avec utilisation combinée de chaux et de matière organique. Moindre réussite sans ou avec l'un des deux intrants seulement. Résultats <b>très peu</b> éprouvés, effectués sur une petite surface à titre expérimental(50m <sup>2</sup> )	

<b>Vigilance</b>	- <u>Observations</u> : Limiter l'accès car le milieu est toujours contaminé. Ne pas faire pâturer à cause de la contamination	
	- <u>Coût</u> : Quelques milliers d'euros pour les 50m <sup>2</sup> . Cette réhabilitation est une expérience scientifique, d'où son coût élevé.	
	- <u>Spécificité</u> : Très spécifique à un milieu contaminé.	

\***Sources** : Retour d'expérience de réhabilitation de site à Saint Médard d'Eyrans, Renaud Jaunâtre (IRSTEA)

## RESTAURATION DE MILIEUX

### Revégétalisation de prairies et de pelouses par transfert de foin vert

Objectif : L'objectif de cette action écologique est de revégétaliser des milieux herbacés dégradés par des événements naturels ou anthropiques et de retrouver un couvert végétal important composé d'espèces locales.

<b>Milieus et espèces cible</b>	Le transfert de foin vert peut s'appliquer pour restaurer les <b>pelouses alpines et subalpines</b> (E4) ainsi que les <b>pelouses sèches</b> (E1) en favorisant le retour d'espèces locales	
<b>Itinéraire technique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Fauche</b> d'un couvert herbacé au moment de la fructification des espèces sur un site donneur.</li> <li>- <b>Exportation</b> du produit de fauche par auto chargeur ou aspirateur à feuilles (si le milieu est caillouteux).</li> <li>- <b>Stockage</b> éventuel pendant la période estivale si récolte précoce.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Préparation du sol</b> sur site receveur par griffage/hersage perpendiculairement à la pente afin de limiter la perte de graines et pour favoriser leur germination.</li> <li>- <b>Épandage</b> manuel ou mécanique sur 2cm d'épaisseur précédé et suivi d'<b>arrosage</b>.</li> <li>- <b>Pose de grillage/géotextile</b> envisageable pour éviter la dispersion du foin par le vent ou la pluie.</li> </ul>	
<b>Complexité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Compétences</u> : Connaissances de la phénologie des espèces pour assurer une récolte optimale.</li> <li>- <u>Connaissance des espèces pour la sélection du site donneur</u></li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Matériel spécifique</u> : Matériel agricole classique et matériel plus spécifique comme un aspirateur à feuille.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Entretien</u> : <b>Mise en défens</b> pour limiter le pâturage ou la fréquentation pendant les premières années.</li> </ul>	

	<b>Fauche ou pâturage</b> 1 à 2 fois par an tant qu'on veut garder le milieu ouvert.	
	- <u>Suivi</u> : Nécessaire pour surveiller la reprise de la végétation et s'assurer de l'atteinte des objectifs de retour des espèces attendues. Suivi chaque année par cliché photographique ou relevé de végétation.	
<b>Temporalité</b>	- Obtention <b>très rapide</b> des premiers résultats de l'action : 6 mois avant de constater une reprise de la végétation. - Obtention <b>rapide</b> de l'objectif de restauration : 2 ans avant présence d'un recouvrement suffisant et diversifié.	
<b>Validité</b>	Réussite <b>moyenne</b> . Bonne reprise végétale, composition spécifique parfois différente de celle souhaitée.  Résultats <b>moyennement</b> éprouvés : issus de <b>quatre</b> retours d'expérience.	
<b>Vigilance</b>	- <u>Observations</u> : Pour obtenir un meilleur résultat lors de la récolte du foin il est préconisé de le récolter <b>humide</b> (meilleure adhérence des graines), <b>d'effectuer rapidement l'opération</b> (difficultés de stockage du foin vert) et de surveiller la <b>phénologie</b> du foin pour le récolter au meilleur moment.	
	- <u>Coût</u> : 7.000€ – 20.000€/ha	
	- <u>Spécificité</u> : Action écologique généralisable à de nombreux contextes tant qu'il existe un milieu de prélèvement suffisant.	

\***Sources** : Retour d'expérience du programme SEM'LESALPES, Alice Dupré La Tour (IRSTEA)

Retour d'expérience d'une expérimentation en plaine de La Crau, Renaud Jaunâtre (IRSTEA)

Retour d'expérience du programme SEM'LESALPES, Stéphanie Huc (CBNA)

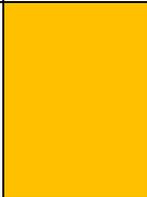
Retour d'expérience de restauration de pelouses subalpines du Jura, Alain Halska (KARUM)

DUTOIT T., BUISSON E., COIFFAIT GOMBAULT C., « De la recherche aux pratiques : enjeux et réalités de la restauration », *Espaces naturels* n°29, pp. 26-27, Janvier 2010

## DEPLACEMENT D'ESPECE VEGETALE PROTEGEE

### Translocation manuelle : le cas de la Fétuque du Valais (*festuca valesiaca*)

**Objectif** : L'objectif de cette action est de déplacer des pieds de Fétuque du valais d'un milieu qui sera impacté vers un milieu favorable où l'espèce pourra continuer son cycle végétatif sans utilisation de machines.

<b>Milieus et espèces cible</b>	La Fétuque du Valais ( <i>festuca valesiaca</i> ) se situe sur des milieux secs et arides comme les <b>pelouses sèches</b> (E1).	
<b>Itinéraire technique</b>	Dans le cas d'un déplacement immédiat à proximité du site : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sélection du site d'accueil aux caractéristiques favorables à la fétuque du valais.</li> <li>- Surcreusement des placettes où seront transplantés les pieds de fétuque</li> <li>- Récupération à la pelle des pieds à déplacer</li> <li>- Dépôt dans les placettes préparées et tassement du sol autour</li> </ul>	
<b>Complexité</b>	- <b>Compétence</b> : Les compétences nécessaires sont la connaissance de la phénologie de l'espèce afin de ne pas effectuer l'action en pleine floraison.	
	- <b>Matériel spécifique</b> : Pas de matériel spécifique est requis pour cette action.	
	- <b>Entretien</b> : L'entretien est nécessaire en cas de présence de ligneux à proximité afin de maintenir leur front de colonisation. Il convient également d'effectuer du débroussaillage et de la fauche tous les trois ans.	
	- <b>Suivi</b> : Le suivi est nécessaire pour s'assurer d'une reprise des pieds déplacés. Le suivi peut s'effectuer par relevés de fréquence de façon annuelle les trois premières années, puis tous les 3ans.	
<b>Temporalité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtention <b>rapide</b> des premiers résultats de l'action : les pieds qui survivent retournent en floraison dès l'année suivante.</li> <li>- Obtention <b>moyennement longue</b> de l'objectif de l'action : En deux ou trois ans environ on peut être</li> </ul>	

	assuré de la reprise d'activité de la fétuque en constatant une augmentation de fréquence sur le site receveur.	
<b>Validité</b>	Réussite <b>bonne</b> dans le cas étudié. Résultats <b>très peu</b> éprouvés : issus d' <b>un</b> seul retour d'expérience de mesure compensatoire.	
<b>Vigilance</b>	- <u>Observations</u> : Lors de la transplantation, le sol doit être bien tassé de façon similaire à la méthode mécanique.	
	- <u>Coût</u> : <100€/m <sup>2</sup>	
	- <u>Spécificité</u> : L'action est spécifique à cette espèce, mais la technique peut être envisagée pour d'autres espèces si le cas s'y prête.	

\***Sources** : Retour d'expérience de mesure compensatoire suite à la création d'une conduite forcée pour une usine hydroélectrique à Aime, Ornella Kristo (CBNA)

## DEPLACEMENT D'ESPECE VEGETALE PROTEGEE

### Translocation mécanique : le cas de la Fétuque du Valais (*festuca valesiaca*)

**Objectif** : L'objectif de cette action est de déplacer des pieds de Fétuque du valais d'un milieu qui sera impacté vers un milieu favorable où l'espèce pourra continuer son cycle végétatif en utilisant une pelle mécanique.

<b>Milieus et espèces cible</b>	La Fétuque du Valais ( <i>festuca valesiaca</i> ) se situe sur des milieux secs et arides comme les <b>pelouses sèches</b> (E1).	
<b>Itinéraire technique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etrepage par plaques de 20 cm d'épaisseur.</li> <li>- Dans le cas d'un replaquage sur place, le <b>stockage</b> peut être envisagé à condition d'<b>arroser</b> les plaques. Il est possible d'y ajouter un géotextile pour maintenir les plaques en place et maintenir l'humidité dans le sol.</li> <li>- Le replaquage doit être suivi d'un bon tassement du sol.</li> </ul>	
<b>Complexité</b>	- <b>Compétence</b> : Les compétences nécessaires sont la connaissance de la phénologie de l'espèce afin de ne pas effectuer l'action en pleine floraison ainsi que la formation des pelleteurs.	
	- <b>Matériel spécifique</b> : Le matériel nécessaire est du matériel BTP classique en prenant soin de choisir la pelle la mieux adaptée aux milieux secs et potentiellement caillouteux.	
	- <b>Entretien</b> : L'entretien est nécessaire en cas de présence de ligneux à proximité afin de maintenir leur front de colonisation. Il convient également d'effectuer du débroussaillage et de la fauche tous les deux ans.	
	- <b>Suivi</b> : Le suivi est nécessaire pour s'assurer d'une reprise des pieds déplacés. Le suivi peut s'effectuer par relevés de fréquence de façon annuelle les trois premières années, puis tous les 3 ans.	
<b>Temporalité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtention <b>rapide</b> des premiers résultats de l'action : les pieds qui survivent retournent en floraison dès l'année suivante.</li> <li>- Obtention non connue de l'objectif de l'action</li> </ul>	

<b>Validité</b>	Echec dans le cas étudié en raison d'un sol peu profond, caillouteux et pentu.  Résultats <b>très peu</b> éprouvés : issus d' <b>un</b> retour d'expérience de mesure compensatoire.	
<b>Vigilance</b>	- <u>Observations</u> : Afin de prélever des plaques de bonne qualité, le sol doit être assez profond et de préférence sans forte pente. Le stockage doit être aussi court que possible afin d'accroître les chances de succès.	
	- <u>Coût</u> : Pas d'informations sur ce retour.	
	- <u>Spécificité</u> : L'action est spécifique à cette espèce, mais la technique peut être envisagée pour d'autres espèces si le cas s'y prête.	

\***Sources** : Retour d'expérience de mesure compensatoire suite à l'installation de fibre optique à Aussoi, Ornella Kristo (CBNA)

## RESTAURATION DE MILIEUX

### Revégétalisation et réhabilitation par étrépage-replaquage

**Objectif** : L'objectif est de restaurer un milieu dégradé ou d'en réhabiliter un grâce à la technique d'étrépage puis replaquage afin d'obtenir une communauté végétale similaire avec la communauté référente et un recouvrement herbacé important.

<b>Milieus et espèces cible</b>	L'étrépage-replaquage peut s'appliquer notamment pour les milieux de <b>pelouses sèches (E1)</b> et <b>prairies mésiques (E2)</b> .	
<b>Itinéraire technique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sélection de la mosaïque à étréper dans le cas où le milieu source est différent du milieu receveur : espacement des plaques. Sinon étrépage de toute la superficie.</li> <li>- Etrépage de plaques horizon par horizon</li> <li>- Stockage des plaques en andains (1m haut*1m large) si nécessaire, dans le bon sens et le bon ordre afin de ne pas tasser la terre végétale et de garder les semences.</li> <li>- Replaquage en mosaïque dans le cas où le milieu source est différent et d'une superficie inférieure au milieu receveur. Sinon replaquage des plaques étrépees.</li> <li>- Ajout de terre végétale et/ou de semences fugaces pour aider à la fixation du sol et limiter l'érosion</li> </ul>	
<b>Complexité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Compétence</b> : La formation des pelleteurs est nécessaire car la procédure est très précise. Une expertise est nécessaire durant la phase préparatoire et opérationnelle afin de sélectionner les zones à étréper et de surveiller la bonne mise en œuvre du protocole.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Matériel spécifique</b> : <b>Pelles mécaniques classiques</b> avec un <b>godet large</b> nécessaire. Si la portance du milieu est faible, il est conseillé d'utiliser des pelles légères montées sur chenilles et non sur pneus.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Entretien</b> : Entretien nécessaire tant que l'on veut garder le milieu ouvert. L'entretien peut se faire par</li> </ul>	

	<p>pâturage de janvier à mi-juin ou par fauche 1 à 2 fois par an.</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Suivi</u> : Le suivi est nécessaire pendant au minimum 3 ans afin de s'assurer d'une bonne reprise de la végétation. Les suivis peuvent se faire par relevés de végétation chaque année.</li> </ul>	
<b>Temporalité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtention <b>très rapide</b> des objectifs de l'action : En 1an on sait si la végétation a repris et si le replaquage a fonctionné</li> <li>- Obtention <b>très longue</b> de l'objectif de restauration : La végétation peut mettre jusqu'à 10 ans pour reconquérir complètement le milieu</li> </ul>	
<b>Validité</b>	<p>Réussite <b>bonne</b> si la procédure est bien suivie.  Résultats <b>moyennement</b> éprouvés : issus de <b>quatre</b> retours d'expérience et d'<b>un</b> dire d'expert.</p>	
<b>Vigilance</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Observations</u> : Il est nécessaire de ne pas prélever des mottes trop épaisses et de bien distinguer les différents horizons. Le stockage lorsqu'il est effectué doit veiller à ne pas tasser le sol.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Coût</u> : Environ 20.000€ /ha</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Spécificité</u> : Cette action peut s'effectuer dans de nombreux contextes tant qu'il existe un milieu de prélèvement et un horizon suffisamment profond pour pouvoir être prélevé.</li> </ul>	

**\*Sources** : Retour d'expérience de réhabilitation de pelouses mésiques, Alain Halska  
Retour d'expérience de réhabilitation d'un ancien verger, Renaud Jaunâtre  
Retour d'expérience de restauration de pistes de ski, Damien Favier  
Retour d'expérience de mesure compensatoire d'un chantier RTE, Alice Dupré La Tour  
Dire d'expert, Stéphanie Huc



	<p><b>Diplôme</b> : Ingénieur Agronome</p> <p><b>Spécialité</b> : Génie de l'Environnement</p> <p><b>Spécialisation / option</b> : Préservation et Aménagement des Milieux- Ecologie Quantitative</p> <p><b>Enseignant référent</b> : Ivan Bernez</p>
<p><b>Auteur(s)</b> : Pierre MAZOYER</p> <p><b>Date de naissance</b> : 01/03/1996</p>	<p><b>Organisme d'accueil</b> : IRSTEA</p> <p><b>Adresse</b> : 2 Rue de la Papeterie, 38402 Saint-Martin-d'Hères</p>
<p><b>Nb pages</b> : 33      <b>Annexe(s)</b> : 3</p>	<p><b>Maître de stage</b> : Stéphanie Gaucherand</p>
<p><b>Année de soutenance</b> : 2018</p>	
<p><u>Titre français</u> : Caractérisation des mesures compensatoires : développement d'une grille de lecture pour rationaliser la prise en compte des incertitudes liées aux techniques d'ingénierie écologique et au délai de réalisation</p>	
<p><u>Titre anglais</u> : Characterisation of biodiversity offset : development of a framework to rationalise the uncertainties linked to ecological engineering and implementation deadline.</p>	
<p><b>Résumé :</b></p> <p>Le déclin de la biodiversité s'accélère en partie à cause de l'accroissement des activités humaines. Pour limiter ce déclin, des outils de protection de la nature émergent dont la séquence Eviter, Réduire, Compenser (ERC) en 1976. Depuis 2016, les actions de compensation doivent atteindre des objectifs de résultats. Cependant, la réussite des actions effectuées est très incertaine. C'est pourquoi nous avons cherché à caractériser les incertitudes associées à la réalisation des actions écologiques dans le cadre des mesures compensatoires. Les résultats permettront de fournir aux acteurs de la compensation écologique des éléments pour évaluer la fiabilité des actions proposées dans le cadre de la compensation. Pour atteindre cet objectif, nous avons construit une grille de caractérisation des actions écologiques que nous avons appliquée à des retours d'expérience. L'étude de cette grille complétée nous a permis de classer les retours d'expérience selon des critères de complexité. D'autre part, nous avons montré une absence de lien entre la complexité des actions, leur temporalité et leur réussite. Enfin, pour transmettre les données qui ont été recueillies, nous avons produit des fiches par action à destination des acteurs de la compensation écologique. Ce travail pourra être complété grâce à d'autres retours d'expérience.</p>	
<p><b>Abstract :</b></p> <p>The main reason of the loss of biodiversity is the increase of human activities. In order to reduce this loss, regulatory tools of protection in favor of the environment were created like the mitigation hierarchy in 1976. Since 2016, biodiversity offsets must reach their results goals. However, the risk of failure when implementing offset measures is high. That is why we we have sought to characterize the uncertainties of the implementation of ecological actions in offset measures. The results will allow us to give to the mitigation participants the information they need to evaluate the reliability of ecological actions implemented as offset measures. In order to do so, we created a grid characterising the ecological actions and then we applied it to some experience feedbacks. The study of the grid lead us to classify the experience feedbacks according to the complexity criteria. Moreover, we shown a lack of relation between the complexity of the actions, their temporality and their success. Finally, technical datasheets for each ecological action have been created. These datasheets are intended for mitigation participants. This work can be completed with more exeprience feedbacks.</p>	
<p><u>Mots-clés</u> : Restauration écologique, ERC, incertitudes, action écologique, rationalisation</p> <p><u>Key Words</u> : Ecological restauration, mitigation hierarchy, uncertainties, ecological action, rationalisation</p>	