

Projet de Fin d'Etudes (PFE) 2020-2021

Liens entre les mesures de compensation et les pièges écologiques



LIENS ENTRE LES MESURES DE COMPENSATION ET LES PIEGES ECOLOGIQUES

**Directeur de recherche : Francis ISSELIN
Auteur : Charline SIMON**

Année 2020-2021

AVERTISSEMENT

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

L'auteur de cette recherche a signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

Formation par la recherche, Projet de Fin d'Etudes en génie de l'aménagement et de l'environnement

La formation au génie de l'aménagement et de l'environnement, assurée par le département aménagement et environnement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme, de l'aménagement des espaces fortement à faiblement anthropisés, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement et de l'environnement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Dynamiques et Actions Territoriales et Environnementales de l'UMR 7324 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer toute ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

Afin de valoriser ce travail de recherche nous avons décidé de mettre en ligne sur la base du Système Universitaire de Documentation (SUDOC), les mémoires à partir de la mention bien.

REMERCIEMENTS

Je remercie avant tout M. Francis Isselin, mon tuteur, pour m'avoir accompagnée tout au long de cette période et pour m'avoir fait confiance. Sa disponibilité et son aide m'ont été très précieuses pour cerner mon sujet et le décrypter.

Je tiens également à remercier M. Timothée Schwartz, pour ses conseils et pour m'avoir fait lire son manuscrit de thèse, particulièrement intéressant pour mon sujet de travail. Je remercie aussi M. Jean-Baptiste Minhoub et M. Christian Kerbiriou du MNHN sans qui je n'aurais pas pu contacter M. Schwartz.

SOMMAIRE

Introduction	2
Matériel et Méthodes	5
I. La création de mesures compensatoires menant à un piège écologique	6
1. Les passes à poissons à l'origine d'un piège écologique au Brésil	6
2. La mise en place de dispositifs artificiels pour l'avifaune, un danger potentiel	9
II. La restauration d'habitats menant à un piège écologique.....	13
1. La restauration d'une prairie humide aux Etats-Unis : un piège écologique pour <i>Lycaena xanthoides</i>	13
2. Un projet de savanisation en Israël induisant un piège écologique pour <i>Acanthodactylus beershebensis</i>	15
Discussion et conclusion.....	17
Bibliographie.....	22
Résumé	26

Introduction

L'espèce humaine a et continue à modifier les écosystèmes naturels à des rythmes de plus en plus rapides et étendus que dans toute autre période de l'Histoire, apportant de nombreuses menaces sur la biodiversité comme la pollution, la surexploitation, l'introduction d'espèces envahissantes ou encore le changement climatique (Hale & Swearer, 2017; Butchart et al., 2010). En France, entre 2006 et 2014, on estime qu'en moyenne 7,65 hectares ont été artificialisés toutes les heures (Regnery, 2017). La dégradation de l'habitat, la construction de routes et la circulation routière ont augmenté avec les populations humaines, au détriment des habitats et des espèces, et notamment les espèces aquatiques (Lesbarreres et al., 2010). La perte d'habitat (y compris la dégradation et la fragmentation) est reconnue comme l'une des plus grandes menaces pour la biodiversité (Pizzatto et al., 2016). De plus, en fractionnant les habitats, les aménagements humains peuvent entraîner un isolement des populations et réduire la variabilité génétique par augmentation de la consanguinité (Lesbarrères, 2006).

C'est pourquoi, les aménageurs ont dû prendre conscience de la nécessité indéniable d'intégrer pleinement la biodiversité dans la conception des projets d'aménagement, que ce soit en amont et jusqu'à plusieurs années après leur réalisation. Ainsi, les premières mesures interviennent en 1969 aux Etats-Unis, avec la « National Environmental Policy Act » dans le but de limiter les impacts sur le milieu naturel dans la construction de grands projets d'aménagement. Au niveau mondial, c'est en 1971, avec la convention Ramsar ayant pour objectif principal de compenser toute perte de ressource en zones humides, que la biodiversité est pour la première fois prise en compte dans les projets. Sur le territoire français, il faut attendre la loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature pour introduire la prise en compte de l'environnement dans les projets d'aménagement. C'est notamment cette loi qui introduit la séquence "Eviter-Réduire-Compenser" ou séquence ERC, instrument réglementaire permettant l'atténuation des impacts de l'aménagement humain sur l'environnement. Cette loi a ensuite été renforcée par les Grenelles de 2009 et 2010 et la loi pour la reconquête de la biodiversité de 2016 (Bigard et al., 2018). Ainsi, grâce au renforcement des différents textes de loi, la séquence ERC possède aujourd'hui un socle législatif solide, tant au niveau national qu'eupéen (Ministère de la transition écologique, 2020). Cette dernière a pour principal objectif d'éviter les atteintes à l'environnement, de réduire celles qui n'ont pas pu être suffisamment évitées et de compenser les effets qui n'ont pu être évités ou réduits. Les mesures de la séquence ERC sont classées, hiérarchisées et fonctionnent par niveau. Dès lors que les mesures d'évitement n'ont pas pu être mises en place, il convient de réduire au mieux la dégradation restante par des mesures de réduction. En dernier recours, si les mesures d'évitement ou de réduction ne sont pas possibles, des mesures compensatoires doivent être engagées pour apporter une contrepartie positive au projet. Celles-ci ont pour objectif l'absence de perte nette voire un gain écologique et visent à compenser les impacts résiduels notables sur la biodiversité liées à la mise en place d'un

projet d'aménagement (Ministère de la transition écologique, 2020). En d'autres mots, l'impact positif de la mesure compensatoire sur la biodiversité doit être au moins équivalent à la perte causée par le projet (Apostolopoulou & Adams, 2017).

Les actions humaines liées à un projet d'aménagement peuvent faire varier les conditions environnementales initiales et alors impacter les individus. En effet, si l'on prend l'exemple des tortues marines, juste après l'éclosion les nouveau-nés utilisent les indices lumineux pour se déplacer vers l'océan. Cependant, la pollution lumineuse de bord de mer induit parfois les nouveau-nés à migrer vers l'intérieur des terres. Le nombre de survivants devient donc plus faible (Witherington, 1997). Comme le montre cet exemple, certains changements de condition induits par l'Homme peuvent amener des espèces à leur perte : ce sont des pièges écologiques. Les pièges écologiques peuvent être définis comme des situations où les conditions environnementales conduisent certains organismes à être fortement attirés par des habitats de qualité médiocre, où leur fitness sera plus mauvaise que dans d'autres sites disponibles, ce qui leur portera finalement préjudice (Hale & Swearer, 2017 ; Regnery, 2017 ; Robertson & Hutto, 2006). En effet, le comportement des êtres vivants est façonné par l'exposition à un ensemble de conditions. Les animaux choisissent leurs habitats consciemment ou non parmi les options liées à tous les aspects de leur vie (nourriture, partenaire, localisation...). Le choix de l'habitat est une conséquence de la sélection naturelle ayant favorisé des individus qui reconnaissent, sont attirés et s'installent de préférence dans le meilleur habitat possible. Ce choix peut affecter la survie de l'individu et son succès reproducteur. S'il est mauvais, il peut alors avoir des conséquences désastreuses. Ainsi un piège écologique peut se produire de trois façons. Premièrement, si les indices normalement utilisés par un individu pour le choix de son habitat changent d'intensité, de type ou de nombre. Deuxièmement, si le jeu de repères original utilisé par l'individu pour choisir son habitat est inchangé mais que la qualité de l'habitat a diminué. Troisièmement, les modifications peuvent altérer les indices de bon habitat, ce qui augmente l'attrait de l'habitat tout en réduisant son adéquation pour la survie ou la reproduction par exemple. Ainsi, les pièges écologiques peuvent apparaître par trois mécanismes : l'augmentation de l'attractivité de l'habitat de moindre qualité en l'absence de modification de l'habitat de meilleure qualité, la réduction de la qualité de l'habitat de bonne qualité sans perte d'attractivité, ou les deux à la fois (Robertson & Hutto, 2006).

Même si les pièges écologiques ont été mentionnés pour la première fois il y a presque cinquante ans (Dwernychuk & Boag, 1972), ils n'en restent pas moins incompris et ne sont que très peu étudiés par la communauté scientifique. Sans doute puisqu'ils sont soit rares dans la nature, soit difficiles à identifier, soit les deux (Robertson & Hutto, 2006). Pourtant, des zones de gain en biodiversité telles qu'une mare, conçues en tant que mesure compensatoire et placées entre deux infrastructures linéaires de transports (échangeur autoroutier), ne peuvent-elles pas finalement nuire à la biodiversité du fait de leur localisation ? Ou encore dans une approche plus générale, une mauvaise compréhension dans la réflexion et dans la

conception des mesures de compensation, n'est-elle pas dangereuse pour la pérennité de certaines espèces ou milieux ? Si certains changements induits par l'Homme peuvent entraîner des pièges écologiques, nous sommes en droit de nous demander si certaines mesures de compensation mises en place lors de projets d'aménagement ne peuvent pas devenir aussi des pièges. Et si c'est le cas, pourquoi et comment ces actions réalisées dans l'objectif d'un gain de biodiversité sont devenues des pièges écologiques.

Les opérations de compensation peuvent être classées sous 3 formes : la préservation et la mise en valeur, la restauration et/ou la réhabilitation, et la création (Direction régionale de l'Environnement de la région PACA, 2009). La préservation et la mise en valeur consiste à assurer la préservation du milieu qui pourrait se trouver menacé par le projet d'aménagement. Cela implique la mise en place d'une protection et d'une mise en valeur, visant à améliorer la performance écologique du milieu. Cette mise en valeur a pour objectif d'améliorer la qualité du milieu et /ou de lui permettre une meilleure résilience en cas d'agressions diverses (stress hydrique et pollution accidentelle par exemple). En ce qui concerne la création, il s'agit de recréer totalement un ou plusieurs habitats sur un site où il(s) n'exista(en)t pas à l'origine. La création fait appel à des techniques de travaux physiques et biologiques de l'ingénierie écologique. Elle modifie en profondeur le milieu et demande de nombreuses connaissances sur son fonctionnement pour le reproduire à l'équivalent. Enfin, pour ce qui est de la restauration, l'objectif est de restaurer des habitats qui préexistaient sur le site choisi mais qui ont été détruits (pour d'autres raisons que le projet en question), ont évolué et ont été dégradés. Cela demande de connaître l'historique du site et implique souvent de gros travaux comme une reconstitution de sol, un traitement des eaux ou une replantation par exemple (Direction régionale de l'Environnement de la région PACA, 2009). Lorsque l'on décide de préserver et mettre en valeur, cela n'induit très souvent pas beaucoup de changement et les travaux sont plus légers. Le risque de créer un piège écologique est donc moindre puisque l'habitat est presque laissé au naturel, voire mis sous cloche. C'est pourquoi nous allons dans ce rapport nous intéresser plus particulièrement aux deux autres formes de mesures compensatoires. Nous étudierons donc dans un premier temps le cas de la création de mesures compensatoires pouvant mener à un piège écologique, puis dans un second temps le cas de la restauration dans ce même contexte.

Matériel et Méthodes

Dans un premier temps, il a été nécessaire de définir les termes clefs du sujet de recherche en question, à savoir : les « mesures compensatoires » et les « pièges écologiques ». Les mesures compensatoires, qui font parties de la séquence ERC ont été faciles à définir puisqu'elles ont déjà fait l'œuvre de nombreux travaux scientifiques. De plus, la séquence ERC faisant partie intégrante de la loi française, l'angle d'approche choisi pour étudier ce concept a donc été celui défini par le gouvernement.

D'autre part, en ce qui concerne le terme de « piège écologique », il a été plus difficile de le définir car la littérature scientifique ne relate que peu d'exemples. Les recherches ont été effectuées avec le terme français mais aussi le terme anglais « ecological trap ». Le terme de piège écologique engendre plusieurs définitions et peut avoir plusieurs sens. En effet, un piège écologique peut être compris dans le sens d'une opération de protection de certaines espèces. C'est le cas par exemple de certains crapauds qui sont mis en place au bord des axes routiers aux cours de la période de reproduction : un piège écologique est volontairement placé pour capturer les individus et pouvoir déplacer la population sans risque. Cependant, un piège écologique peut aussi désigner une situation dans laquelle une modification rapide et anthropique de l'environnement conduit certains organismes à être attirés par un habitat de mauvaise qualité. C'est pourquoi il a fallu choisir l'angle d'approche adéquat au travail de recherche en question et c'est cette seconde approche qu'il a été décidé de suivre puisque c'est elle qui répond aux conséquences que peuvent avoir des mesures de compensation sur le vivant.

Dans un second temps, il a été tenté de trouver des articles scientifiques montrant le lien entre les mesures de compensation et les pièges écologiques. Les prospections ont été réalisées sur plusieurs moteurs de recherche : Google Scholar, Persee, Semantic Scholar, et sur les bases de données Cairn, HAL, Science Direct et Web of Science du portail BibCnrs. La plupart des mots clés utilisés ont été : « ecological trap », « monitoring », « compensatory measures », « offsetting measures », « fitness », « restoration measures », « artificial devices ». Ces mots clés ont été couplés pour faire ressortir les articles les plus pertinents faisant le lien entre une mesure de compensation et un piège écologique. A noter qu'aucune période de temps n'a été défini puisque les ressources intéressantes étaient rares et qu'il était préférable de prendre toutes les informations à disposition.

Finalement, 21 articles scientifiques traitant des pièges écologiques en relation avec des actions de compensation, de restauration ou de gestion ont été trouvés et ont plus ou moins été utilisés suivant leur contenu pour rédiger ce rapport.

I. La création de mesures compensatoires menant à un piège écologique

Lors d'un projet d'aménagement, lorsque l'on procède à une création de mesure compensatoire, on transforme de manière profonde le milieu pour créer entièrement un ou des habitats dans un site où il(s) n'existai(en)t pas à l'origine (Direction régionale de l'Environnement de la région PACA, 2009). La création d'habitat fait appel à l'ingénierie écologique, où la nature est prise comme modèle (Abbadie & Dusza, 2016). L'ingénierie écologique est définie par le Programme interdisciplinaire de recherche en ingénierie écologique du CNRS comme « le corpus des savoirs mobilisables pour la gestion de milieux, la conception, la réalisation et le suivi d'aménagements inspirés de, ou basés sur les mécanismes qui gouvernent les systèmes écologiques ». Cependant, l'ingénierie écologique dans le contexte des mesures compensatoires s'appuie souvent sur des méthodes expérimentales non éprouvées. Les procédés utilisés (terrassment, reconstitution de sols, reforestation, etc.) modifient en profondeur les habitats présents sans garantir le résultat des habitats recréés. Il convient aussi d'ajouter que les processus naturels sont difficilement reproductibles à l'équivalent puisque très complexes et systémiques (Direction régionale de l'Environnement de la région PACA, 2009). C'est pourquoi l'apparition de piège écologique dans ce contexte est possible. Deux exemples sont retrouvés dans la littérature scientifique et sont analysés ci-dessous.

1. Les passes à poissons à l'origine d'un piège écologique au Brésil

Les passes à poissons sont des dispositifs implantés sur un obstacle naturel ou artificiel (le plus souvent), qui permet à l'ichtyofaune de franchir cette barrière pour accéder aux zones de développement, de frai ou de reproduction (Glossaire Eau et Milieux Aquatiques, 2019). Elles permettent donc de rétablir la continuité écologique.

Lors de la migration reproductrice, la présence d'un barrage constitue donc un obstacle insurmontable pour la faune piscicole au déplacement vers l'amont. Au Brésil, de par la présence des grands fleuves, la construction de barrage hydroélectrique a largement été utilisée pour produire de l'électricité (Leturcq, 2011). Pour recréer la continuité écologique, des passes à poissons ont été installées. C'est le cas pour le barrage de Porto Primavera sur le fleuve Paraná (Figure 1). En amont, la diversité d'habitats a été perdue avec différents degrés de connectivité écologique, alors qu'en aval la région a toujours son écosystème d'origine (plaine inondable). De nombreux grands poissons migrateurs comme le Dourado (*Salminus brasiliensis*), le Pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) ou le Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) utilisent la région comme frayère et nurserie. Naturellement, après le frai dans les zones amonts, les alvins dérivent vers les plaines inondables en aval (Agostinho & Pelicice, 2007).

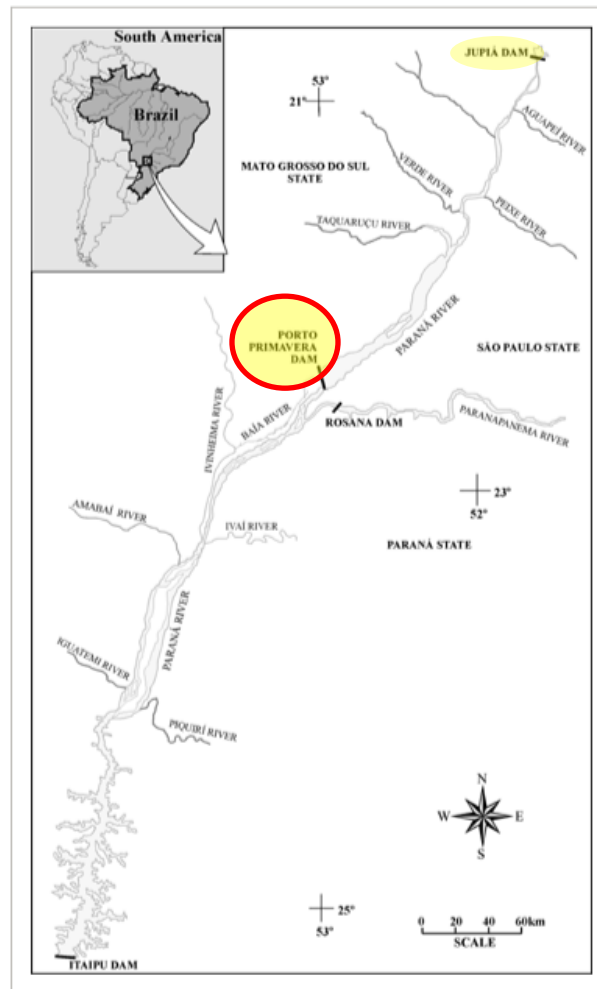


Figure 1 : Localisation du barrage de Porto Primavera sur le Parana
(Source : Agostinho & Pelicice, 2007)

Pour reconnecter l'amont et l'aval du barrage, une passe à poissons a été construite en 1999 (Figure 2).



Figure 2 : Passe à poissons du barrage de Porto Primavera
(Source : Association Initiatives pour l'avenir des grands fleuves)

Cependant, les travaux de Fernando Mayer Pelicice et Angelo Antonio Agostinho ont montré que cette passe à poissons constituait un piège écologique. Ils indiquent que pour

qu'une passe à poissons devienne un piège écologique, il faut qu'elle regroupe quatre conditions détaillées dans la figure suivante :

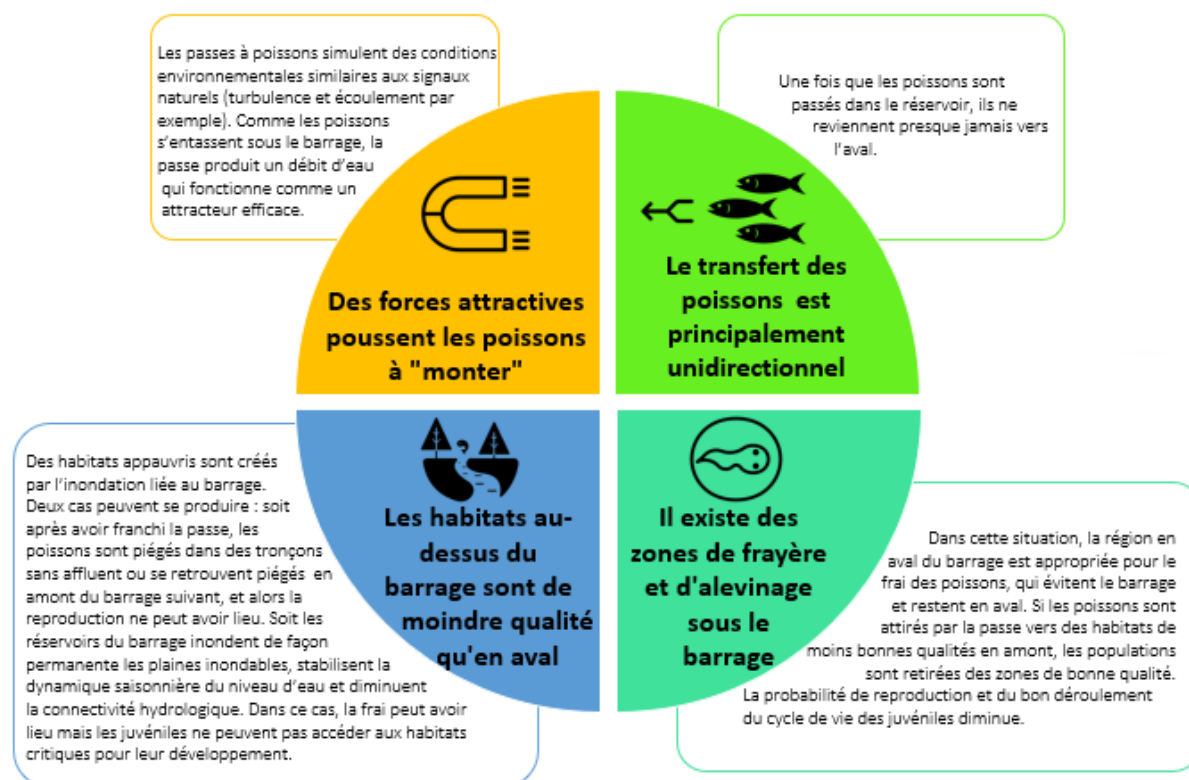


Figure 3 : Les conditions pour qu'une passe à poissons se transforme en piège écologique

(Source : Agostinho & Pelicice, 2007)

Or, selon leur propos, la passe à poissons du barrage de Porto Primavera répond à ces quatre conditions. Premièrement parce que les poissons sont incités à franchir les installations, de par une vitesse d'écoulement compétitive. En outre, une fois qu'ils sont passés au réservoir, il est peu probable qu'ils fassent demi-tour. De plus, à l'exception des poissons qui retournent immédiatement dans les turbines ou dans les déversoirs (qui représentent une part très faible), les autres ont tendance à rester piégés entre le barrage de Porto Primavera et celui de Jupia, qui ne possède pas de passes à poissons (Figure 1). Enfin, il a été montré que la région en aval du barrage est caractérisée par une grande diversité d'habitats, alors que celle située au-dessus manque d'environnements critiques (Figure 4). Aucune zone de frayère ou aire d'alevinage n'a été détectée au-dessus du barrage et les relevés des œufs et des alevins indiquent une faible activité de reproduction des espèces migratrices dans les affluents en amont. Les poissons sont donc retirés des habitats de bonne qualité (plaines inondables en aval du barrage) et livrés dans des habitats de faible qualité (réservoir du barrage). Ainsi, les individus ne peuvent pas frayer ou alors les juvéniles ne peuvent pas atteindre les habitats adéquats pour leur bon développement, ce qui menacent les populations.

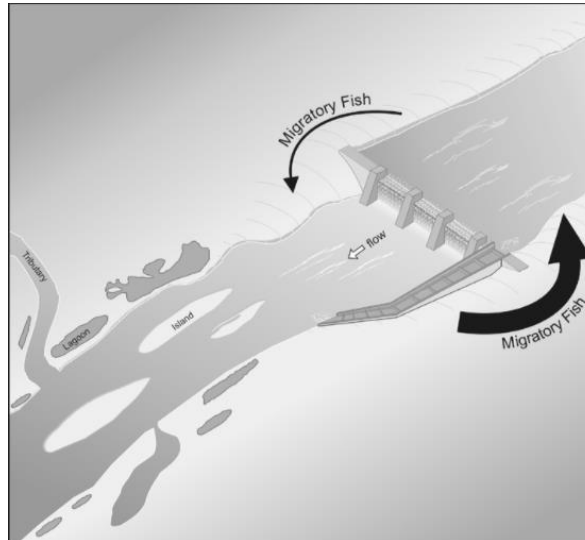


Figure 4 : Illustration de la façon dont la passe à poisson du barrage de Porto Primavera fonctionne comme un piège écologique*

*La taille de la flèche indique la quantité de poisson qui passe
(Source : Agostinho & Pelicice, 2007)

Même si la littérature scientifique n'identifie à ce jour que cet exemple de piège écologique dans le cadre des passes à poissons, on peut faire l'hypothèse que ce cas n'est pas unique, particulièrement au Brésil. En effet, la construction des passes à poissons, en Amérique du Sud notamment, n'est pas basée sur la science écologique. Celles-ci sont construites comme une formalité bureaucratique et non pas comme un outil de conservation (Agostinho & Pelicice, 2007).

2. La mise en place de dispositifs artificiels pour l'avifaune, un danger potentiel

Les mesures compensatoires peuvent être concrétisées par la mise en place de dispositifs artificiels. Les dispositifs artificiels visent à compenser l'absence ou le manque d'habitats naturels. Ils doivent à la fois fournir les conditions favorables à la survie ou à la reproduction pour les espèces qui les utilisent, et reproduire les mêmes signaux que les habitats naturels reconnus par les espèces pour les attirer. Depuis les années 1950, ils sont massivement utilisés pour la conservation des vertébrés notamment, dont les premiers bénéficiaires sont les oiseaux, les petits mammifères et les amphibiens (Schwartz, 2020 (Soumis)).

En ce qui concerne les oiseaux, la plupart des dispositifs décrits dans la littérature scientifique pour la reproduction sont les nicheris (Figure 5), c'est pourquoi il a été choisi de présenter ce type de dispositif dans ce rapport, en lien avec les pièges écologiques.



A : nichoir occupé par la mésange bleue (*Cyanistes caeruleus*)

B : nichoir occupé par le Petit-duc maculé (*Megascops asio*)

Figure 5 : Exemple de nichoirs installés pour la conservation d'espèces cavicoles

(Source : Schwartz, 2020 (Soumis))

Même s'ils essayent de reproduire la réalité, les dispositifs artificiels, et notamment les nichoirs, ne présentent pas les mêmes caractéristiques que les habitats naturels, précisément parce que les matériaux de construction et les contraintes microclimatiques ne sont pas les mêmes. Des différences sont donc observées au niveau des parasites et communautés bactériennes/fongiques qui les occupent, ainsi qu'au niveau des conditions microclimatiques comme l'humidité et les courants d'air (Schwartz, 2020 (Soumis) ; Flaquer et al., 2014). Cependant, deux études ont été menées sur ces paramètres, et, pour l'instant, il n'a pas été prouvé que ces différences entraînaient un piège écologique (Flaquer et al., 2014 ; Goldingay, 2017).

En revanche, il a été démontré que le positionnement spatial des nichoirs, totalement dépendant des choix anthropiques, peut mener à la création d'un piège écologique. Premièrement parce que les nichoirs sont souvent placés dans des endroits très visibles, afin d'être repérés facilement par les espèces cibles et aussi pour des soucis pratiques lors de leur installation. Cependant cette visibilité augmente le taux de prédation (Parejo & Avilès, 2011).

Deuxièmement, parce que les aménageurs ne se renseignent pas ou pas assez sur l'écologie de l'espèce visée. On peut citer l'exemple des efforts de conservation de la chouette effraie ou effraie des clochers (*Tyto alba*) en Hongrie (Figure 6). L'espèce niche principalement dans les cavités des arbres et des falaises mais utilise fréquemment des bâtiments comme de vieilles granges et des clochers d'église pour y élever sa progéniture, d'où son nom.



Figure 6 : Chouette effraie

(Source : Ligue Royale Belge pour la Protection des Oiseaux)

Pour remédier à la réduction des sites de nidification, des nichoirs ont été installés dans les clochers d'église, imitant les cavités sombres des arbres et des falaises. Le travail de Klein et son équipe (2007) conclut que la survie à court terme des oisillons dans les nichoirs des clochers d'église est plus faible que les oisillons nés dans les clochers d'église hors nichoir. Les chercheurs avancent deux hypothèses pour expliquer cette survie moindre. La première suggère qu'il y a plus d'œufs stériles dans les nichoirs car les copulations sont moins efficaces du fait de l'espace limité. La deuxième hypothèse est que dans la nature les poussins ont tendance à quitter le nid lorsqu'ils sont encore couverts de duvet et donc incapables de voler. Ils marchent souvent à côté du nid le long des branches adjacentes et s'entraînent à se percher et à voler. Cependant, dans le cas des nichoirs, ceci n'est pas possible et le vol se produit souvent sans aucune pratique préalable (Klein et al., 2007). Il est donc réaliste de conclure que les nichoirs des chouettes effraies agissent comme des pièges écologiques car ils réduisent la survie des jeunes. Ce qui à long terme peut entraîner le déclin de la population si une proportion importante de celle-ci se reproduit dans ces dispositifs.

Troisièmement, l'orientation peut influencer fortement sur la température interne du nichoir et avoir des conséquences sur les individus qui y ont élu domicile. C'est ce que montre une étude menée dans la Vallée Centrale de Californie aux Etats-Unis sur le canard branchu (*Aix sponsa*), montré Figure 7.



Figure 7 : Canard branchu mâle (à gauche) et femelle (à droite)

(Source : INPN)

Il a été constaté que les niohirs exposés au soleil pendant les heures de la journée les plus chaudes (entre 13h et 18h) ont connu des températures internes plus élevées que les niohirs ombragés. Cette température plus élevée a amené les femelles à diminuer leur temps de couvaion. De plus, les températures d'incubation plus élevées ont entraîné une diminution du taux d'éclosion, une augmentation de la proportion de canetons mâles, ainsi que des canetons plus petits en poids et en masse. Les niohirs installés au soleil direct par l'Homme semblent donc représenter un piège écologique pour le canard branchu puisque cette situation a un impact sur le comportement de couvaion des femelles, le succès du nid et le développement des canetons (Olson, 2017).

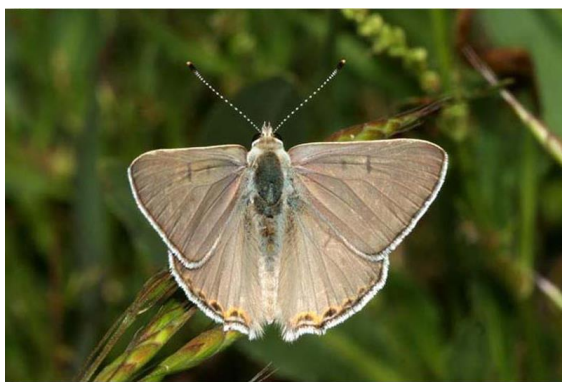
Ainsi, dans les deux études de cas précédemment évoquées, les dispositifs mis en place sont attractifs pour les espèces ciblées mais contreproductifs puisqu'en réduisant la survie des jeunes ils participent au déclin de la population, et sont donc des pièges écologiques.

II. La restauration d'habitats menant à un piège écologique

Lors de projets d'aménagement et compte tenu de la perte d'habitats toujours grandissante, des efforts sont de plus en plus en cours pour restaurer ces écosystèmes. Le but de la restauration écologique est d'aider à la récupération des écosystèmes dégradés, endommagés ou détruits (Hale & Swearer, 2017). Il s'agit donc d'une activité intentionnelle humaine qui « initie ou accélère le rétablissement d'un écosystème antérieur par rapport à sa composition spécifique, sa structure communautaire, son fonctionnement écologique et sa connectivité avec l'environnement ambiant » (White & Walker, 1997). Dans le contexte de la compensation, la restauration peut être utilisée pour recréer un habitat détruit mais présent à l'origine ou réhabiliter un habitat dégradé (Direction régionale de l'Environnement de la région PACA, 2009). Cependant, ceci implique de lourds travaux, relevant aussi du génie écologique, et qui modifient en profondeur les habitats présents sans garantir le résultat des habitats recréés. C'est pourquoi l'apparition de piège écologique peut aussi se produire dans les projets de restauration. Deux exemples sont recensés dans la littérature scientifique et décrits ci-dessous.

1. La restauration d'une prairie humide aux Etats-Unis : un piège écologique pour *Lycaena xanthoides*

Dans l'Ouest de l'Oregon, aux Etats-Unis, une zone humide a été restaurée et revégétalisée. Cette zone humide est inondée de façon saisonnière : il existe une partie non inondée et une partie inondée suivant la période de l'année. De plus, elle est l'habitat d'une population de papillon localement rare et restreinte aux zones humides, *Lycaena xanthoides* (Figure 8).



Individu ♂ (pris par Kim Davis & Mike Stangeland, 2010)

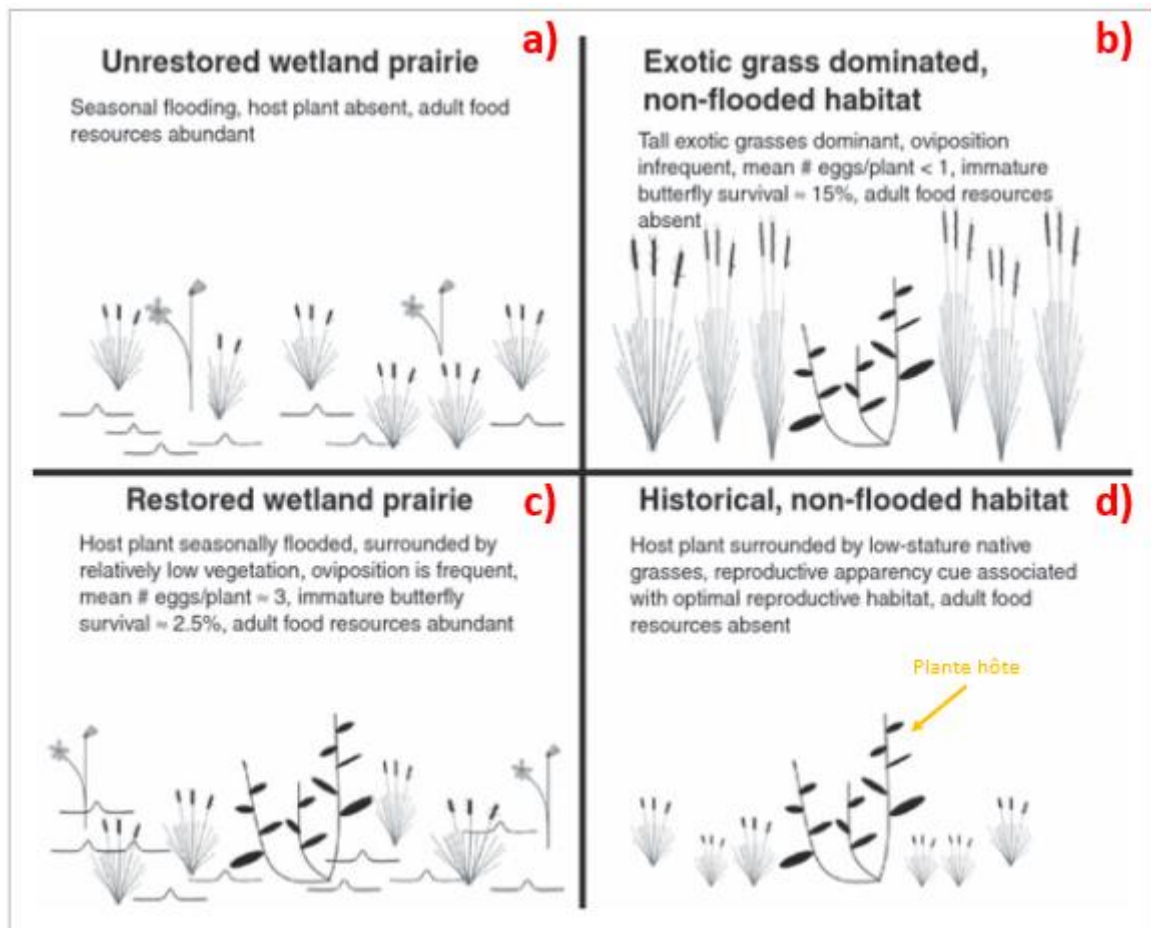


Individu ♀ (pris par Bill Bouton, 2005)

Figure 8: *Lycaena xanthoides*
(Source: Butterflies of America)

Paul M. Severns a montré dans ces travaux que la restauration de cette zone humide a facilité un piège écologique pour cette espèce de papillon. En effet, dans l'habitat non inondé, l'apparence de la plante hôte, *Rumex salicifolius*, semble être réduite par de hautes herbes

envahissantes et exotiques, principalement *Festuca arundinacea* et *Phalaris aquatica* (Figure 9b). Et au contraire, dans l'habitat inondé, la plante hôte est entourée d'une végétation indigène à croissance basse, ce qui rend les plants plus visibles (Figure 9c).



a) Habitat correspondant à une prairie humide non restaurée

b) Habitat correspondant à l'habitat non inondé et dégradé

c) Habitat correspondant à la prairie humide restaurée

d) Habitat correspondant à l'habitat non inondé avant l'invasion des plantes exotiques

Figure 9 : Schéma illustratif des conditions d'habitat et résultats de l'étude

(Source : Severns, 2011)

Ainsi, les femelles papillons sont plus attirées à pondre sur les plantes hôtes situées en zone inondée, car c'est là qu'elles sont le plus visibles. En effet, la moyenne du nombre de ponte par plants est de 3 dans cet habitat là (Figure 9c). A contrario, dans la zone non inondée où l'on retrouve les plantes exotiques et où la plante hôte est « cachée », la moyenne du nombre de ponte par plants est inférieure à 1 (Figure 9b). De plus, si on regarde la survie des larves, celle-ci est 6 fois plus faible dans l'habitat inondé que dans l'habitat non inondé (Figure 9b et c). Cela montre que les femelles papillons sont peu susceptibles de prédire quelles plantes hôtes seront inondées ou non, et qu'elles s'appuient sur des signaux de coévolution avec cette dernière pour les identifier, ce qui explique qu'elles ne pondent pas sur les plantes exotiques (Severns, 2011). Ainsi, en pondant sur des plants susceptibles d'être inondés, la survie des individus au stade larvaire est faible, ce qui menace la population et définit le piège écologique (Sigaud, 2018).

De cette façon, le piège écologique est ici attribuable à la dévaluation de l'habitat de pont optimal par l'invasion des plantes exotiques et au placement de la plante hôte du papillon à l'état larvaire hors de sa niche historique. A noter que l'article de Severns ne précise pas comment les plantes invasives sont arrivées sur la zone restaurée. Peut-être que c'est un apport volontaire lors de la phase de végétalisation des travaux de restauration, ou alors une introduction fortuite. Quoi qu'il en soit c'est bien l'Homme et les travaux de restauration qui ont conduit à ce piège écologique.

2. Un projet de savanisation en Israël induisant un piège écologique pour *Acanthodactylus beershebensis*

En écologie de la restauration, le principe de savanisation est parfois utilisé dans les régions arides pour pallier la désertification. Cette technique consiste à transformer une région désertique en savane par la plantation d'arbres et d'arbustes, l'utilisation des eaux de ruissellement et la restauration des sols notamment (Nahmias, 1990). Cette méthode a été utilisée pour améliorer l'habitat de la garrigue dans le désert du Néguev en Israël (Figure 10). L'objectif du projet, mené par l'agence des forêts du pays, était de retenir les éléments nutritifs du sol (eau et nutriments) pour construire une mosaïque d'habitats naturels et augmenter la richesse spécifique. Cependant, il a été démontré que ce projet a créé un piège écologique pour *Acanthodactylus beershebensis*, un lézard endémique de cette région (Hawlena et al., 2010).



Figure 10 : Exemple de reboisement dans le désert du Néguev

(Source : Nahmias, 1990)

Acanthodactylus beershebensis, le lézard aux doigts frangés de Be'er Sheva (Figure 11), est une espèce que l'on retrouve dans le nord du désert du Néguev (centre-sud d'Israël). Il vit dans les plaines de loess où les arbres et autres couverts végétaux se font rares (UICN, 2006).



Figure 11 : *Acanthodactylus beershebensis*, le lézard aux doigts frangés de Be'er Sheva

(Source : The Reptile Database)

Lors du projet de savanisation, la plantation d'arbres a augmenté le nombre de perchoirs potentiels pour des oiseaux comme la pie grièche méridionale (*Lanius meridionalis*) et le faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*), espèces prédatrices du lézard. Cette manipulation de l'habitat a donc augmenté la prédation d'*Acanthodactylus beershebensis* par les espèces aviaires. Cela a eu des conséquences majeures sur la population locale puisqu'en 11 ans l'espèce avait totalement disparue de la zone du projet (Hawlana et al., 2010). Normalement, les proies sont capables d'utiliser les éléments structurels de leur environnement pour évaluer le risque de prédation (Stamps et al., 2009). Cependant, la rareté spatiale des perchoirs naturels pour les prédateurs aviaires dans l'environnement historique a certainement nuit à la capacité d'*Acanthodactylus beershebensis* à associer la présence de perchoir à un habitat de faible qualité, et cela a conduit à un piège écologique (Goldstein, 2013).

Transformer l'habitat aride en un habitat plus complexe, que l'on peut sans doute qualifier de meilleure qualité car plus riche spécifiquement, n'a donc apporté que plus d'espèces prédatrices dans la région, affectant gravement la population de lézard à doigts frangés de Be'er Sheva, et certainement d'autres espèces locales. Le piège écologique a donc été créé par la savanisation de la région. Cette modification est d'autant plus inquiétante qu'elle a eu des conséquences dramatiques sur la population du lézard à doigts frangés de Be'er Sheva. Cette espèce est notamment aujourd'hui classée en danger critique d'extinction par l'UICN en partie à cause de ce piège écologique (UICN, 2006 ; Goldstein, 2013).

Discussion et conclusion

Finalement, à partir des exemples précédemment cités, il a pu être démontré dans ce rapport que des pièges écologiques pouvaient survenir dans le contexte des mesures de compensation et de restauration. En effet, s'ils ne sont que très peu évoqués dans la littérature scientifique, probablement parce qu'ils ne sont pas facilement perceptibles, parce qu'ils peuvent être un résultat indirect de la perturbation et parce que les projets infructueux sont moins susceptibles d'être publiés que ceux dans lesquels des réponses positives sont détectées, ils existent bel et bien (Hale & Swearer, 2017 ; Hawlena et al., 2010). Par la modification rapide de l'habitat par l'Homme, les animaux sont attirés par des habitats de faible qualité et retirés des habitats de bonne qualité. De plus, dans le cadre des mesures compensatoires, l'impact d'un piège écologique éventuel viendrait s'ajouter à celui des destructions causées par le projet initial. Ceci viendrait donc créer en quelque sorte une double peine pour les espèces concernées (Schwartz, 2020 (Soumis)). La prise de conscience des pièges écologiques est donc primordiale. Il paraît alors important de comprendre leurs mécanismes d'apparition.

Les pièges écologiques sont créés pour deux raisons principales. La première raison est que les aménageurs et les gestionnaires ne se basent pas systématiquement sur des études scientifiques concrètes lors de la conception des dispositifs mis en place, mais très souvent sur de l'observation simple (Schwartz, 2020 (Soumis)). La deuxième raison est l'absence de suivi à long terme. Le suivi est d'autant plus important que rien ne prouve que les différentes mesures prises contribuent efficacement au maintien voire au gain de biodiversité, objectif de la compensation. Deux faits peuvent expliquer l'absence de conception et de suivi. Premièrement, les mesures de compensation et de restauration dans les projets d'aménagement semblent plus être mis en place par obligation administrative et bureaucratique que par réelle conscience écologique (Schwartz, 2020 (Soumis) ; Agostinho & Pelicice, 2007). Deuxièmement, si l'on veut faire les choses bien et réaliser un suivi en amont pour conceptualiser les dispositifs et en aval du projet pour vérifier leur efficacité, l'investissement demandé est important tant en temps qu'en moyens financiers, ce qui constitue un frein (Schwartz, 2020 (Soumis)). Dans les deux cas, les aménageurs ont un rôle à jouer pour sensibiliser les gestionnaires et les décideurs dans la prise de conscience des enjeux liés à la biodiversité. En tout cas, si cette prise de conscience n'est pas réalisée alors on peut remettre en cause l'efficacité de la séquence ERC qui semble contreproductive dans certaines situations.

Néanmoins, même si le nombre de piège écologique est sûrement sous-évalué du fait du manque de suivi, il faut quand même relativiser car la création de piège écologique n'est pas systématique. Si l'on reprend l'exemple du lézard à doigts frangés de Be'er Sheva dans le désert du Néguev, certes le projet de savanisation a créé un piège écologique pour ce reptile déjà menacé d'extinction mais il a aussi été un gain pour d'autres espèces. Il est nécessaire d'en prendre conscience, de peser le pour et le contre, et d'identifier les espèces pour qui un piège écologique a été mis en place afin de voir si la population n'est pas trop touchée. Si c'est

le cas, alors des modifications doivent être faites pour effacer le piège sur place, ou alors des mesures doivent être prises pour compenser cette perte.

Quoi qu'il en soit, il paraît aujourd'hui essentiel de développer une approche plus holistique ainsi qu'une théorie scientifique des pièges écologiques. De même, il serait intéressant de construire une bibliothèque d'études empiriques sur laquelle s'appuyer pour non seulement illustrer l'ampleur des impacts que causent les pièges écologiques et l'éventail des espèces étudiées, mais aussi disposer d'une compréhension approfondie examinant les mécanismes pouvant déclencher un comportement inadapté en général. Ces deux choses sont encore à développer, mais le monde scientifique en est demandeur puisque presque tous les travaux montrant un piège écologique concluent systématiquement sur le fait que d'autres études doivent être menées. Des recherches plus approfondies devraient donc être réalisées pour identifier, corriger et éventuellement prévenir l'apparition de pièges dans le futur.

A l'heure d'aujourd'hui, dans la littérature scientifique, trois études ont été menées quant à l'éventualité de créer un piège écologique et montrent que les dispositifs n'en provoquent pas (Schwartz, 2020 (Soumis) ; Sutherland et al., 2014 ; Goldingay, 2017). Les recherches futures évoquées précédemment pourraient s'appuyer sur celles-ci. En effet, dans ces études, une méthodologie d'analyse est appliquée pour démontrer ou non la présence d'un piège écologique, une fois le projet réalisé. Dans sa thèse, Schwartz (2020) présente notamment le test de l'hypothèse de piège écologique. Cette méthode se base sur cinq étapes décisives (Figure 12).

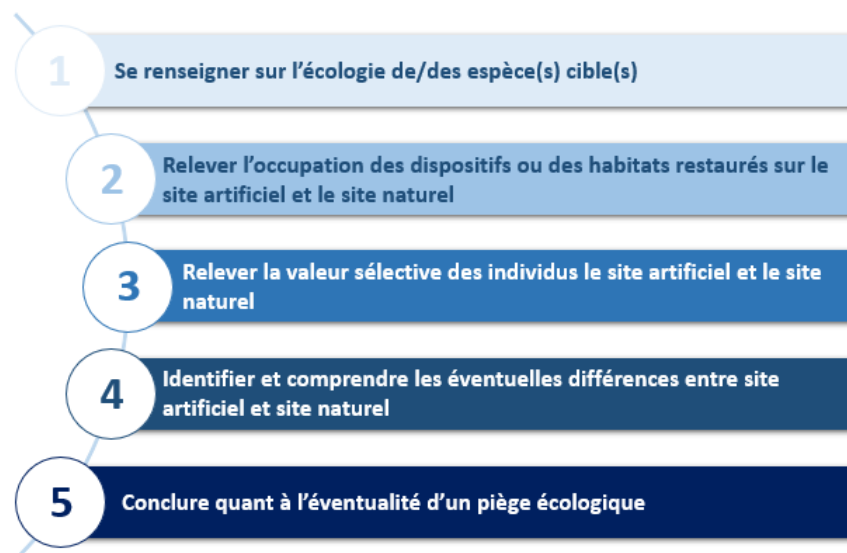


Figure 12 : les cinq étapes du test de l'hypothèse écologique

(Source : Schwartz, 2020 (Soumis))

La première étape consiste à se renseigner sur l'écologie de ou des espèce(s) cible(s). Lors de cette étape, il est nécessaire d'identifier, par une approche comportementale, les facteurs qui prédisposent les animaux à répondre à des stimuli trompeurs en prenant en compte les variations de comportement de sélection d'habitat parmi les individus d'une population. Ceci passe par une étude rigoureuse de la bibliographie. Le comportement animal est rarement pris en compte dans l'évaluation du succès d'un habitat artificiel. Mais le fait de

ne pas comprendre comment les animaux perçoivent, réagissent et utilisent les habitats pourrait être une cause d'échec majeure (Hale & Swearer, 2017). Pour étudier les différents comportements le concept Umwelt pourrait être utilisé. Issu de l'éthologie et de la psychologie et inventé par Jakob Von Uexküll, ce concept peut aider à s'affranchir de la perception trop humaine sur la façon dont les animaux perçoivent et traitent leur environnement. En effet, les unités structurelles perçues par les humains ne reflètent pas forcément les unités fonctionnelles de l'habitat pour d'autres animaux. La façon dont l'Homme considère l'habitat d'un organisme est fortement biaisée par sa perception, aisément visuelle, de l'espace. L'Umwelt de Von Uexküll est un environnement perceptif spécifique porteur d'importances environnementales propres à chaque espèce voire à chaque individu (Figure 13). Comprendre l'Umwelt de chaque individu pourrait aider à comprendre ses comportements.

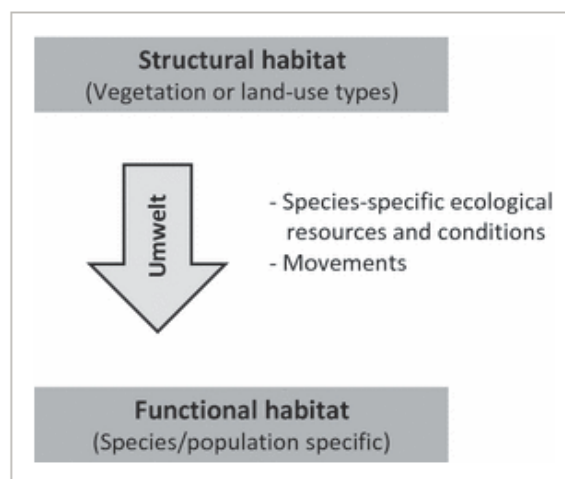


Figure 13 : Schéma du concept Umwelt
(Source : Van Dyck, 2012)

Dans un second temps, un travail de terrain est à réaliser dans l'objectif de relever deux types de données :

- L'occupation des dispositifs ou des habitats restaurés par l'espèce ciblée, à un pas de temps pertinent pour l'espèce visée et pour la période de son cycle de vie visé par l'aménagement ;
- La valeur sélective des individus utilisant les dispositifs ou les habitats restaurés pendant leur période de présence.

La valeur sélective peut être mesurée par un ou plusieurs paramètres comme la survie, le succès reproducteur, la productivité, la condition corporelle ou encore le niveau d'activité. Le choix de ces paramètres est crucial car montrer une différence pour un paramètre qui influence peu ou pas la dynamique de la population ciblée ne permettra pas de mener une évaluation de la gestion entreprise. Idéalement les paramètres évalués seront ceux qui ont un effet fort sur le taux de croissance de la population ciblée. Pour déterminer ces paramètres, il est nécessaire de se renseigner dans la bibliographie existante. Ces deux types de données

sont à relever à la fois sur les sites artificiels ou restaurés et sur les sites naturels précédemment choisis comme référence à atteindre.

L'étude de l'occupation des dispositifs ou des habitats et de la valeur sélective des individus les utilisant permet d'évaluer la pertinence de la mesure mais cette seule connaissance du résultat n'est pas suffisante pour améliorer la conception et l'efficacité du dispositif. Il est nécessaire de comprendre les mécanismes de sélection d'habitat et comment l'habitat sélectionné impacte la valeur sélective des individus. Il s'agit de décrypter les relations entre une espèce, son habitat naturel, et les pressions existantes ou potentielles pesant sur elle et son environnement (Figure 14).

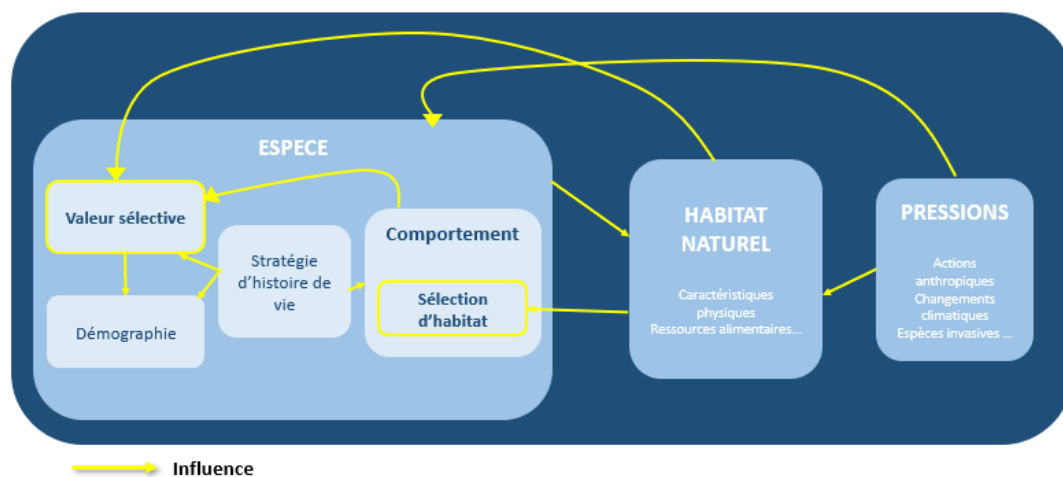


Figure 14 : Eléments de l'écologie de l'espèce ciblée par la mesure de compensation ou de restauration dont la connaissance est nécessaire pour l'évaluation des dispositifs et leur conception

(Source : Schwartz, 2020 (Soumis))

Ces relations sont à étudier à l'échelle locale mais aussi à grande échelle. Cela permettra de comprendre les différences éventuelles entre les habitats artificiels et les habitats naturels. Une fois ces différences étudiées, il est possible de conclure sur l'éventualité d'un piège écologique (Figure 15).

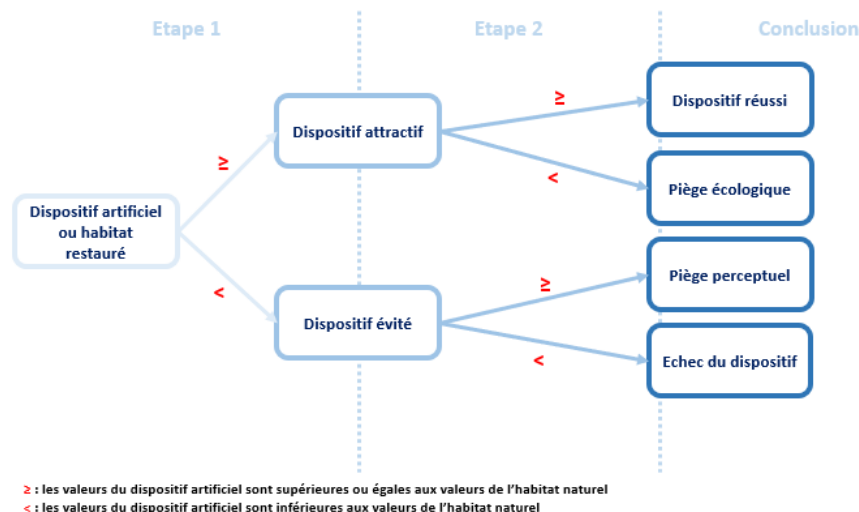


Figure 15 : Schéma conceptuel pour l'évaluation des dispositifs de conservation dans le cadre du test de l'hypothèse de piège écologique

(Source : Schwartz, 2020 (Soumis))

Cette méthode est à creuser et peut être à compléter en se posant d'autres questions comme : faut-il prendre en compte les relations entre acteurs du projet ou non ? Faut-il se focaliser sur l'espèce cible ou alors sur l'écosystème en général ? Faut-il considérer la durée du programme uniquement ou le long terme ? L'évaluation doit-elle être faite en interne ou en externe ? ... Aussi, La méthode a uniquement été testé sur des espèces de Laridés coloniaux du Sud de la France, qui ont déjà été très étudiées. Il serait donc intéressant de voir si le protocole peut s'appliquer sur d'autres espèces aviaires ainsi que sur d'autres classes animales. En effet, la compréhension et la prise de conscience des pièges écologiques pourraient fournir un cadre pour l'évaluation du succès de la compensation ou de la restauration, pour l'élaboration de stratégies de gestion, et ainsi pour la conservation de la biodiversité visée. D'autant plus que l'évaluation du succès des mesures de conservation est un processus complexe dont les modalités font encore largement débat (Schwartz, 2020 (Soumis)).

Bibliographie

- « 34410.pdf ». s. d. Consulté le 5 janvier 2021.
<https://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/20.500.11794/34488/1/34410.pdf>.
- Abbadie, Luc, et Yann Dusza. 2016. « De l'écologie à l'ingénierie écologique ». *Annales des Mines - Responsabilité et environnement* N° 83 (3): 19-22.
- « Acanthodactylus beershebensis ». s. d. The Reptile Database. Consulté le 6 janvier 2021.
<https://reptile-database.reptarium.cz/species.php?genus=Acanthodactylus&species=beershebensis>.
- Agostinho, Angelo, Fernando Pelicice, A. Petry, Luiz Gomes, et H. Jr. 2007. « Fish diversity in the upper Paraná River basin: Habitats, fisheries, management and conservation ». *Aquatic Ecosystem Health & Management* 10 (juin): 174-86. <https://doi.org/10.1080/14634980701341719>.
- « Aix sponsa (Linnaeus, 1758) - Canard carolin, Canard branchu ». s. d. Inventaire National du Patrimoine Naturel. Consulté le 14 janvier 2021. https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/2775.
- Apostolopoulou, Evangelia, et William M. Adams. 2017. « Biodiversity Offsetting and Conservation: Reframing Nature to Save It ». *Oryx* 51 (1): 23-31.
<https://doi.org/10.1017/S0030605315000782>.
- « Approximating Nature's Variation: Selecting and Using Reference Information in Restoration Ecology - White - 1997 - Restoration Ecology - Wiley Online Library ». s. d. Consulté le 2 janvier 2021.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.1526-100X.1997.00547.x>.
- Bigard, Charlotte, Baptiste Regnery, Sylvain Pioch, et John Thompson. 2018. « De la théorie à la pratique de la séquence Éviter-Réduire-Compenser (ERC) : éviter ou légitimer la perte de biodiversité ? » *Développement durable et territoires*, n° Vol. 9, n°1 (mars).
<https://doi.org/10.4000/developpementdurable.12032>.
- Buslain, Jean-François. s. d. « La Chouette Effraie – Ligue Royale Belge pour la Protection des Oiseaux ». Consulté le 14 janvier 2021. <https://protectiondesoiseaux.be/2016/02/23/la-chouette-effraie/>.
- Butchart, Stuart H. M., Matt Walpole, Ben Collen, Arco van Strien, Jörn P. W. Scharlemann, Rosamunde E. A. Almond, Jonathan E. M. Baillie, et al. 2010. « Global Biodiversity: Indicators of Recent Declines ». *Science (New York, N.Y.)* 328 (5982): 1164-68.
<https://doi.org/10.1126/science.1187512>.
- Celestino, Leandro Fernandes, Francisco Javier Sanz-Ronda, Leandro Esteban Miranda, Maristela Cavicchioli Makrakis, João Henrique Pinheiro Dias, et Sergio Makrakis. 2019. « Bidirectional Connectivity via Fish Ladders in a Large Neotropical River ». *River Research and Applications* 35 (3): 236-46. <https://doi.org/10.1002/rra.3404>.
- Celestino, Leandro, Francisco Javier Sanz-Ronda, Leandro Esteban Miranda, Maristela Cavicchioli Makrakis, Joao Henrique Pinheiro Dias, et Sergio Makrakis. 2020. « Bidirectional Connectivity via Fish Ladders in a Large Neotropical River: Response to a Comment ». *River Research and Applications* 36 (7): 1377-81. <https://doi.org/10.1002/rra.3687>.

- « Could Overheating Turn Bat Boxes into Death Traps? » 2014. *Barbastella* 7 (1). <https://doi.org/10.14709/BarbJ.7.1.2014.08>.
- Dwernychuk, Dr, et D. Boag. 2011. « Ducks Nesting in Association with Gulls - Ecological Trap ». *Canadian Journal of Zoology* 50 (février): 559-63. <https://doi.org/10.1139/z72-076>.
- Dyck, Hans Van. 2012. « Changing Organisms in Rapidly Changing Anthropogenic Landscapes: The Significance of the 'Umwelt'-Concept and Functional Habitat for Animal Conservation ». *Evolutionary Applications* 5 (2): 144-53. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2011.00230.x>.
- « Éviter, réduire et compenser les impacts sur l'environnement ». s. d. Ministère de la Transition écologique. Consulté le 2 janvier 2021. <https://www.ecologie.gouv.fr/eviter-reduire-et-compenser-impacts-sur-lenvironnement>.
- « Experimental Manipulation of Shade Cover on Wood Duck Nest Boxes: Investigating an Ecological Trap - ProQuest ». s. d. Consulté le 9 janvier 2021. <https://search.proquest.com/openview/9893c110d63cb8d516fdb24e846db23/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>.
- « FM_XII-3_257.pdf ». s. d. Consulté le 7 janvier 2021. http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/42174/FM_XII-3_257.pdf?sequence=1.
- Goldingay, Ross L. 2017. « Does Nest Box Use Reduce the Fitness of a Tree-Cavity Dependent Mammal? » *Ecological Research* 32 (4): 495-502. <https://doi.org/10.1007/s11284-017-1461-4>.
- « Guide_mesures_compensatoires_fev_09_V1_cle5adb51.pdf ». s. d. Consulté le 3 janvier 2021. http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_mesures_compensatoires_fev_09_V1_cle5adb51.pdf.
- Hale, Robin, et Stephen Swearer. 2016a. « When good animals love bad restored habitats: How maladaptive habitat selection can constrain restoration ». *Journal of Applied Ecology*, octobre. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12829>.
- Hale, Robin, et Stephen E. Swearer. 2016b. « Ecological traps: current evidence and future directions ». *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 283 (1824): 20152647. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.2647>.
- Hawlena, Dror, David Saltz, Zvika Abramsky, et Amos Bouskila. 2010. « Ecological Trap for Desert Lizards Caused by Anthropogenic Changes in Habitat Structure That Favor Predator Activity ». *Conservation Biology* 24 (3): 803-9. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01477.x>.
- IUCN. 2006. « *Acanthodactylus Beershebensis*: Werner, Y., Disi, M. & Mousa Disi, A.M.: The IUCN Red List of Threatened Species 2006: E.T61454A12488658 ». International Union for Conservation of Nature. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2006.RLTS.T61454A12488658.en>.
- Klein, Ákos, Tibor Nagy, Tibor Csörgő, et Róbert Mátics. 2007. « Exterior nest-boxes may negatively affect Barn Owl *Tyto alba* survival: an ecological trap ». *Bird Conservation International* 17 (3): 273-81. <https://doi.org/10.1017/S0959270907000792>.

- Lesbarrères, David. 2006. « Conservation des amphibiens : de la théorie à l'action », janvier.
- Lesbarrères, David, Mike S. Fowler, Alain Pagano, et Thierry Lodé. 2010. « Recovery of Anuran Community Diversity Following Habitat Replacement ». *Journal of Applied Ecology* 47 (1): 148-56. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2009.01748.x>.
- Leturcq, Guillaume. 2011. « Les barrages hydroélectriques au Brésil : contraintes et violences ». *Amérique Latine Histoire et Mémoire. Les Cahiers ALHIM. Les Cahiers ALHIM*, n° 21 (juin). <https://doi.org/10.4000/alhim.3772>.
- « Mieux évaluer l'efficacité des passes à poissons : le projet mené au barrage de Porto Primavera ». s. d. *Initiatives pour l'Avenir des Grands Fleuves* (blog). Consulté le 4 janvier 2021. <https://www.initiativesfleuves.org/vos-solutions/mieux-evaluer-lefficacite-passes-a-poissons-projet-mene-barrage-de-porto-primavera/>.
- Parejo, Deseada, et Jesús Avilés. 2011. « Predation risk determines breeding territory choice in a Mediterranean cavity-nesting bird community ». *Oecologia* 165 (janvier): 185-91. <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1723-0>.
- « Passe-à-poissons | Glossaire ». s. d. Consulté le 4 janvier 2021. <http://www.glossaire-eau.fr/concept/passe-%C3%A0-poissons>.
- Pelicice, Fernando Mayer, et Angelo Antonio Agostinho. 2008. « Fish-Passage Facilities as Ecological Traps in Large Neotropical Rivers ». *Conservation Biology* 22 (1): 180-88. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00849.x>.
- Pizzatto, Ligia, Michelle Stockwell, Simon Clulow, John Clulow, et Michael Mahony. 2016. « Finding a Place to Live: Conspecific Attraction Affects Habitat Selection in Juvenile Green and Golden Bell Frogs ». *Acta Ethologica* 19 (1): 1-8. <https://doi.org/10.1007/s10211-015-0218-8>.
- Regnery, Baptiste. 2017. La Compensation écologique. Concepts et limites pour conserver la biodiversité.
- Robertson, Bruce A., et Richard L. Hutto. 2006. « A Framework for Understanding Ecological Traps and an Evaluation of Existing Evidence ». *Ecology* 87 (5): 1075-85. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[1075:AFFUET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[1075:AFFUET]2.0.CO;2).
- Schwartz, Timothée. 2020. « Les dispositifs artificiels au service de la restauration et de la compensation écologique : de l'évaluation du risque de piège écologique aux recommandations de bonnes pratiques ». Thèse de doctorat soutenue le 1^{er} octobre 2020, Université Paris Sciences & Lettres.
- Severns, Paul M. 2011. « Habitat Restoration Facilitates an Ecological Trap for a Locally Rare, Wetland-Restricted Butterfly ». *Insect Conservation and Diversity* 4 (3): 184-91. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2010.00120.x>.
- Stamps, Judy, Vaidyanad Krishnan, et Neil Willits. 2009. « How Different Types of Natal Experience Affect Habitat Preference ». *The American naturalist* 174 (septembre): 623-30. <https://doi.org/10.1086/644526>.

- Sutherland, Duncan R., Peter Dann, et Rosalind E. Jessop. 2014. « Evaluation of Artificial Nest Sites for Long-Term Conservation of a Burrow-Nesting Seabird ». *The Journal of Wildlife Management* 78 (8): 1415-24. <https://doi.org/10.1002/jwmg.783>.
- « The IUCN Red List of Threatened Species ». s. d. IUCN Red List of Threatened Species. Consulté le 6 janvier 2021. <https://www.iucnredlist.org/en>.
- « Tyto alba (Scopoli, 1769) - Chouette effraie, Effraie des clochers ». s. d. Inventaire National du Patrimoine Naturel. Consulté le 9 janvier 2021. https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/3482.
- Witherington, Blair E. s. d. « The Problem of Photopollution for Sea Turtles and Other Nocturnal Animals », 28.

L'espèce humaine a et continue à modifier les écosystèmes naturels à des rythmes rapides. Cependant, certains changements induits par l'Homme peuvent amener des espèces à leur perte, créant ainsi des pièges écologiques. Pour pallier la perte de biodiversité et limiter les impacts sur le milieu naturel, la loi française a mis en place la séquence ERC, visant, lors d'un projet d'aménagement, à éviter les atteintes à l'environnement, à réduire celles qui n'ont pas pu être suffisamment évitées et à compenser les effets n'ayant pu être réduits ou évités. Si certains changements induits par l'Homme peuvent entraîner des pièges écologiques, nous sommes en droit de nous demander si certaines mesures de compensation mises en place lors de projets d'aménagement ne peuvent pas devenir aussi des pièges écologiques, puisqu'elles transforment le milieu naturel de façon rapide. A travers plusieurs études de cas, il sera montré que certaines mesures compensatoires, si elles ne sont pas bien établies lors de la conception, peuvent mener à des pièges écologiques et devenir un danger pour les espèces visées.