

Notice technique :

La connectivité écologique dans l'architecture des gares

Laure Viala

Préambule

Ce document s'inscrit dans le projet de recherche Frugacité de l'entreprise AREP qui est né de l'appel à projet du PUCA (Plan Urbanisme Construction Architecture - agence interministérielle rattachée au Ministère de la Transition Écologique et de la cohésion des territoires); Frugacité fait partie d'un projet plus large intitulé BAUM : Biodiversité, aménagement urbain et morphologie.

Au sein de ce projet, la recherche Frugacité (FoRmes Urbaines des quartiers de Gare ou à forte Contraintes et biodiversITÉ) a pour objectifs d'analyser l'articulation entre la morphologie urbaine et la biodiversité en étudiant plus exactement l'effet barrière des gares à la connectivité écologique et comment y remédier. C'est une recherche qui est menée conjointement entre AREP et des chercheurs de l'université Paris 1 Panthéon-Sorbonne et de l'université de Franche-Comté. La thèse CIFRE effectuée par Alexandre Auvray permet de faire le lien entre le projet académique et celui de l'entreprise.

Ce document permet de compléter **le catalogue de fiches références** de dispositifs techniques et de retours d'expérience permettant d'assurer les déplacements de la faune. **Un mémoire de recherche** est aussi mobilisable avec ces deux documents présentant une réflexion concernant les dispositifs les plus portables en gare.

Il peut s'appuyer sur les retours d'expériences de différents acteurs. Je les en remercie : Frédéric Madre, Gaël Desveaux, Adèle Benoit à la Guillaume, Cedric Riviere, Ariane Dupond, Antoine Sautet, Loïc Pianfietti, Valentin Morin, Sylvain Lassalle, Charles Edouard Soulet, Hélène Redel, Véronique Couvrat, Julien Bévière, Pascal Tamizon, Pascal Baran, Maxime Gombart, Anaïs Jeunehomme, Eric Guinard, Bertrand Goyard, Aurélie Plante, Sara Hamlaoui, Anaïs Guidicelli, Amegbo Boris Gontran, Benoit Visieux, Tanguy Borgarelli, Rivero José, Nicolas Garand, Thomas Dandonneau, Andres Amezcua et Raphael Dausfresne.

Table des matières

I-	Objectif de la notice	6
1.	La connectivité écologique.....	6
2.	Quelle faune en ville ?.....	7
3.	L'impact des infrastructures ferroviaires au sein du quartier de gare sur la biodiversité.....	9
	4.1. Les résistances au franchissement	9
	4.2. Les perturbations sensorielles	10
5.	La réponse opérationnelle à travers des dispositifs techniques.....	11
	Pour aller plus loin :.....	13
II-	Les dispositifs de franchissement.....	15
1.	Les ouvertures dans les grillages.....	15
2.	Les laisser-passer.....	16
	2.1.Rampes	16
	2.2.Les portillons classiques	18
	2.3.Les portillons à dents en forme de peigne	19
	2.4.Les trappes	19
	2.5. Les sas d'extraction	20
3.	Les passages à faune	20
	3.1.Les passages à faune supérieurs	21
	3.2.Les passages à faune inférieurs	26
4.	Les Clôtures adaptées au passage de la faune.....	29
	4.1.Un complément des dispositifs de franchissement	29
	4.2.Les clôtures adaptées à la biodiversité	30
	Pour aller plus loin :.....	32
III.	Les Dispositifs Anti-collisions et Anti-Electrocution	33
1.	Les solutions pour les collisions avec le trafic ferré	33
2.	Les solutions pour les collisions avec le vitrage	33
	2.1.Le vitrage moins réfléchissant et moins transparent	34
	2.2.La Vitrophanie	35
	2.3.La Sérigraphie	35
3.	Les solutions pour les collisions avec les lignes électriques.....	36
	3.1.Au niveau des poteaux électriques	36
	3.2.L'enfouissement des lignes électriques	37

3.3.Au niveau de la visibilité des lignes et de leur isolation	38
3.4.Les leurres	39
4. Penser aux cavités-pièges	40
4.1.Les poubelles fermées	40
Pour aller plus loin :	40
IV. Les dispositifs d'éclairage	42
1. Optimiser le temps d'éclairage	42
1.1.Eteindre	42
1.2.Allumage par détection de passages :	42
1.3.Les dispositifs d'adaptation en fonction d'une période dans la journée :	43
2. Adaptation de la couleur et de la température de la lampe	44
2.1.Les lumières orangées	44
3. L'orientation du flux lumineux	46
3.1.Arranger les mâts	46
3.2.Dispositif de coupe-flux :	46
3.3.Utiliser des lampadaire défilé (full cut-off) :	47
2.4. Choisir un revêtement de sol moins réfléchissant :	47
Pour aller plus loin... ..	48
V. Les toitures et Façades végétalisées.....	49
1. Les toitures végétalisées	49
1.1.Les différents types de toitures végétalisées	49
1.2.Les bienfaits en termes de biodiversité	51
1.3. La portabilité en gare des toitures végétalisées	52
2. Les façades végétalisées.....	53
1.1 Les façades végétalisées (Green façades)	54
1.2 Les murs végétalisés (les Living Walls)	55
Pour aller plus loin... ..	57
VI. Les Habitats pour la Faune	58
5. Les Habitats favorables à un ensemble d'espèces.....	58
5.1.Les espaces végétalisées au sol	58
5.2.Les Haies et bosquets	59
5.3.Les murets ou mur en gabion	59
5.4.Tas de bois mort	59
6. Les habitats spécifiques à un nombre restreint d'espèces	60
6.1.Les pierriers et les hibernaculum	60
6.2.Les Ruches et les alternatives	60
6.3.Les hôtels à insectes et des alternatives	62
6.5.Les Nichoirs et les gîtes	63

6.6.L'Aménagement d'un biotope à reptiles	64
7. Les éléments architecturaux des gares qui peuvent servir d'habitats pour la faune	65
7.1.Banc pisé	65
7.2.Abris bus végétalisé	65
Pour aller plus loin....	66
VII. La gestion des dispositifs.....	67
1. La gestion différenciée	67
2. L'éco-pâturage.....	71
3. Les programme de recherche SNCF.....	72
Pour aller plus loin....	73
Définition.....	75
Annexe	76

I- Objectif de la notice

La biodiversité se définit comme la diversité des organismes vivants correspondants à trois niveaux : les écosystèmes, les espèces et les gènes, c'est aussi une manière de caractériser les interactions entre tous les éléments vivants (Convention sur la diversité biologique de Rio, 1992).

Aujourd'hui, elle fait face à la sixième extinction de masse. Cette situation est directement influencée et provoquée par l'Homme et s'ajoute aux autres problématiques actuelles comme les effets du réchauffement climatique.

Ces menaces sur les écosystèmes sont de plus en plus prises en compte dans le monde de l'aménagement, que ce soit à l'échelle d'une autoroute avec la conception d'éco-ponts ou directement dans les milieux urbains où les projets en rapport avec la nature se multiplient.

En effet, introduire cette nature en ville vise plusieurs objectifs, le premier est celui de recevoir certains services écosystémiques¹ (Westman, 1977). Par exemple l'effet de bien-être qu'elle procure aux habitants (Bratman et al., 2015), l'aspect esthétique ou encore la diminution de la violence observés grâce à cette nature (Clergeau P., 2007). La biodiversité dans les villes participe aussi à lutter contre les effets provoqués par la crise du climat ; réduire les îlots de chaleur² et gérer les eaux des pluies

Cependant, aujourd'hui, la nature en ville a un objectif principal de maintien des écosystèmes. En effet, le principe est de permettre la préservation et développement de la biodiversité en milieu urbain, ce qui nécessite de considérer le déplacement des espèces, afin de leur permettre d'assurer leur cycle de vie.

Dans ce document, la recherche autour des espaces naturels en milieu urbain se concentre sur la connectivité écologique.

1. La connectivité écologique

La connectivité écologique est le degré de facilitation ou d'empêchement produit par les paysages sur le mouvement des organismes entre des patches (Taylor et al. 1993; Tischendorf et Fahrig 2000; Schooley et Wiens 2003; Kindlmann et Burel 2008). Ces patches d'habitats³

¹ Cette notion renvoie à la valeur monétaire des écosystèmes, calculée en fonction de ce qu'ils fournissent à l'humanité : il en existe de quatre grands types ; Les services d'approvisionnement qui correspondent à ce que la nature fournit à l'Homme comme la nourriture, les matières premières ou encore les substances médicinales ; les services de régulation qui correspondent à la régulation du climat, la régulation du cycle de l'eau ou encore un rôle de prévention contre les catastrophes naturelles ; les services culturels qui correspondent à ce que la nature peut offrir d'immatériel comme les valeurs spirituelles ou encore éducatives et enfin les services de soutien constituent un services de maintien des conditions favorables à la vie sur Terre, d'après la définition communément admise de l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (MEA, 2024).

² Ce phénomène correspond à une élévation des températures de l'air et de surface des centres-villes par rapport aux périphéries, particulièrement la nuit, d'après la définition du CEREMA

³ Parmi les éléments du paysage, les habitats sont des milieux où une population d'individus d'une espèce donnée ou d'un groupe d'espèces peuvent normalement vivre et s'épanouir. En termes plus simples, c'est le milieu de vie

écologiques sont éloignés par un phénomène nommé la fragmentation. C'est un processus par lequel un habitat est converti en plusieurs fragments plus petits, à la suite d'un changement d'usage des terres ou à la création d'infrastructures de transport (Clauzel C., 2021). Ces îlots d'habitats se trouvent ainsi isolés, séparés, il est alors possible de parler de perte de connectivité.

La plupart du temps, cette perte de connectivité produit des impacts sur la capacité des animaux à se déplacer. Elle peut également être à l'origine d'un phénomène de réduction de la diversité génétique.

Or, la fragmentation est le premier risque majeur provoqué par l'installation d'une infrastructure de transport.

Afin de rétablir une certaine connectivité entre les habitats, il est possible de créer des corridors écologiques, ce sont des éléments linéaires du paysage reliant des habitats et permettant ainsi de rétablir les déplacements des animaux (Bergès et al., 2010).

La trame verte et bleue permet de donner une manifestation opérationnelle et mobilisable de la continuité écologique en France, ainsi elle permet de réfléchir à des actions pour connecter des milieux écologiques.

La trame verte désigne la continuité des surfaces végétalisées, la trame bleue désigne la continuité des surfaces aqueuses pouvant accueillir autant des espèces aquatiques que des espèces comme les grenouilles vivant sur terre, mais également en partie dans une zone humide.

D'autres trames existent, comme la trame brune désignant la continuité des sols, la trame turquoise correspondant à l'interface entre les trames vertes et bleues constituant des zones particulièrement intéressantes pour la faune. Il existe également, la trame noire pour les problématiques liées à la pollution lumineuse et la nécessité d'éteindre la nuit pour permettre à la faune nocturne et diurne de s'accomplir en ville, de la même manière, la trame blanche vise à réduire le bruit.

L'objet de cette étude se concentre sur les déplacements de la faune. Cependant, certains articles scientifiques que j'ai pu lire mettaient en avant des déplacements floristiques réalisés sur plusieurs générations grâce à des corridors au sein des villes (Bergès et al., 2010).

2. Quelle faune en ville ?

La ville est souvent perçue comme un lieu peu propice à une biodiversité riche, mais de nombreuses espèces sont, tout de même, présentes en ville. Pour exemple, la ville de Paris (Ville de Paris, 2020) a pu recenser: 831 espèces végétales et 1618 espèces animales dont 31 espèces de mammifères, 10 espèces d'amphibiens, 7 espèces de reptiles, 154 espèces d'oiseaux, 1132 espèces d'insectes et 32 espèces de poissons.

Parmi ces espèces, il y a notamment :

d'un organisme. Il est formé d'un ensemble de facteurs écologiques qui constituent le milieu et offrent les ressources suffisantes pour permettre à une population d'une espèce de vivre et se reproduire.

- **L'écureuil roux (*Sciurus vulgaris*)**, espèce visible dans les deux bois de la ville (Boulogne et Vincennes) mais aussi dans le cimetière du Père-Lachaise et la petite ceinture ferroviaire. Il vit dans les arbres qui lui servent de lieu de reproduction et d'alimentation.
- **Le renard roux (*Vulpes vulpes*)**, un animal qui se nourrit de petits rongeurs et de lapins mais aussi d'insectes et de fruits, tout ce qu'ils peuvent trouver en ville. Il est visible notamment dans les bois de Vincennes et Boulogne ainsi que le long de la petite ceinture ferroviaire. Il est en haut du maillon de la chaîne alimentaire de Paris.
- **La corneille noire (*Corvus corone*)**, espèce fréquente dans les espaces verts parisiens qui a une préférence pour le Platane commun. Elle permet aussi de réguler les populations de pigeons en les chassant. Elle s'alimente également de canetons de Canard Colvert. C'est un animal intelligent qui s'adapte très bien au milieu urbain et déchire notamment les sacs poubelles pour se nourrir.
- **Les chauves-souris (*Chiroptera*)** seuls mammifères pratiquant le vol actif, elles logent dans les zones peu éclairées la nuit comme dans le cimetière du Père-Lachaise. Elles jouent un rôle dans la régulation des populations d'insectes puisque c'est leur alimentation principale.
- **Le papillon Tircis(*Pararge aegeria*)**, une espèce animale menacée par la tonte des prairies au printemps. Ce papillon a besoin pour effectuer l'ensemble de son cycle de vie, de plantes spécifiques (le Pâturin commun ou encore le Dactyle aggloméré).
- **La chouette hulotte (*Strix aluco*)** malgré leur faible présence en région parisienne, il est possible de les observer. La présence au sol de réjection de pelotes de poils, et d'os non digérés permet de confirmer sa présence. La journée la chouette séjourne dans les cavités de troncs ou dans des nichoirs installés pour elle.
- **L'escargot de Bourgogne (*Helix pomatia*)** que nous pouvons retrouver dans les sous-bois humides, se nourrit de feuilles fraîches ou de petits détritux végétaux. Le ramassage de cette espèce est réglementé.

Certaines villes réalisent des inventaires lors d'atlas de la biodiversité (Les Atlas de la Biodiversité Communal) qui permettent de voir quelles sont les espèces présentes en zone urbaine.

Les êtres humains se sont installés historiquement dans des zones où les climats étaient les plus doux et les ressources les plus abondantes et donc la biodiversité plus riche (Penone C., 2012). Les activités anthropiques sur la zone ont forcément entraîné la perte de biodiversité et pour cette raison, les enjeux de préservation sont également importants dans les villes (SUTHERLAND W., 2003).

Cependant, cette introduction de la biodiversité dans le paysage urbain pose certaines questions et problématiques. Est-ce que les acteurs de l'aménagement et de la conception de la ville sont-ils prêts à changer leur manière de travailler ? Ont-ils les bons outils techniques et les bonnes études pour comprendre ce qu'il faudrait mettre en place ? Quels impacts les éléments architecturaux de la gare produisent sur les déplacements de la faune ?

3. L'impact des infrastructures ferroviaires au sein du quartier de gare sur la biodiversité

Les animaux de manière générale se déplacent pour plusieurs raisons : se nourrir, se reproduire, se reposer (Dunning et al., 1992) mais également pour partir d'une zone présentant une forte compétition entre espèces ou encore pour des déplacements liés à l'aspect physique de l'environnement (Bonte et al., 2012). En effet, ils peuvent avoir des déplacements quotidiens et réguliers (d'un point de vie à un point d'alimentation), mais aussi périodique (pour des migrations saisonnières notamment), ou encore occasionnel comme les phénomènes liés à des processus de dispersion des individus qui quittent leur lieu de naissance pour se rendre dans un nouveau lieu.

Les infrastructures de transports ont trois grands effets sur les déplacements de la faune (Le Mitouard E. et al., 2019) :

- Un effet répulsif (de barrière et de retour en arrière).
- Un effet de filtre, c'est-à-dire une traversée pour certaines espèces qui le peuvent, mais avec des forts risques de collisions.
- Un effet d'attractivité, car les bordures offrent de nombreux habitats par la végétation qu'elle accueille avec le risque d'un effet puits ; une zone qui attire la faune, mais qui entraîne l'élimination de nombreux individus. Cette élimination par la place qu'elle libère attire de nouveaux et ainsi de suite.

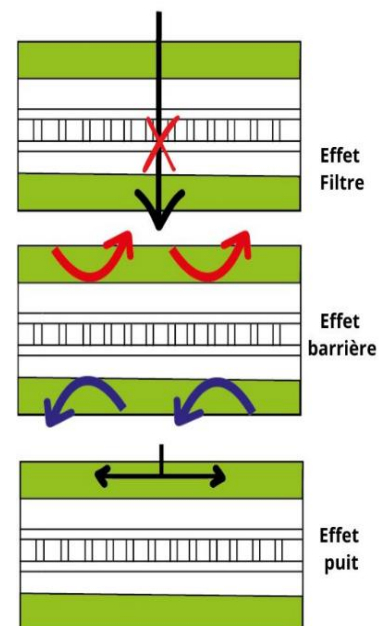


Figure 1 : Les effets barrières des infrastructures de transports
D'après (Le Mitouard E. et al., 2019)

3.1. Les résistances au franchissement

Il existe trois principaux risques de collisions dans l'espace ferroviaire :

- Le trafic ferré : en effet, outre la mort de l'individu, certaines espèces évitent de traverser les voies car l'effet de souffle des trains perturbe le déplacement de certaines espèces.. C'est le cas par exemple pour les papillons (Penone, 2012).
- Le vitrage : toutes les constructions peuvent être considérées comme des risques potentiels de collisions pour les oiseaux (Sordello et al., 2022). Les risques les plus forts sont liés au vitrage, murs acoustiques, abris bus, tout ce qui comprend des surfaces transparentes et/ou réfléchissantes. En effet, les surfaces vitrées sont un leurre pour l'animal.



Figure 2 : Cadavre d'oiseau après une collision avec le vitrage
Source : LPO

- Les lignes électriques : la ligne électrique et les poteaux créent aussi une résistance à la connectivité écologique. Les oiseaux sont les premières espèces à percuter les lignes lors de leurs trajets quotidiens (Zimmermann et al., 2006). Le risque est d'autant plus élevé si elles sont situées entre une zone de repos et une zone d'alimentation. Outre le risque de collision, un risque d'électrocution est aussi présent. Il suffit que l'oiseau touche deux éléments sous tension à potentiel différent ou un élément sous tension et un autre en métal.

Il existe également des résistances physiques. En effet, certains éléments architecturaux créent forment des barrières aux déplacements des animaux.

La première barrière physique est la clôture le long de l'infrastructure. Outre l'empêchement de franchissement, les clôtures peuvent représenter des pièges qui capturent des espèces et qui en tuent. Les poteaux creux représentent par exemple, une cavité-piège pouvant capturer l'animal.

L'artificialisation des sols rend les sols moins perméables. Le revêtement au sol artificiel capte alors mieux la chaleur, empêchant certains taxons⁴ de traverser comme les escargots (Penone C., 2012 ; Alix G., 2022).

3.2. Les perturbations sensorielles

Les animaux, comme les êtres humains, vont se déplacer en fonction de ce qu'ils perçoivent autour d'eux. Cette perception sensorielle va donc passer par les sens des différentes espèces; la vue, l'odorat, l'ouïe, le toucher..., qui sont souvent plus développés que ceux des êtres humains. Les activités anthropiques peuvent alors être sources de perturbations engendrant des barrières aux mouvements des espèces animales.

4.3.1. La pollution lumineuse

La pollution lumineuse est une gêne pour les déplacements nocturnes et le repos des animaux diurnes⁵ parce qu'elle est à l'origine de plusieurs phénomènes :

- La création d'une luminescence nocturne du ciel ; la lumière émise en direction du ciel qui empêche les animaux de se repérer avec la voie lactée
- La création d'une sur-illumination ; la surexposition à la lumière entraîne des perturbations hormonales et des phénomènes d'attraction ou de répulsion bouleversant les relations prédateurs-proies.
- Le phénomène d'éblouissement ; certaines espèces comme les chauves-souris ont une meilleure vision dans l'obscurité qu'à la lumière.
- Le phénomène de répulsion ; la répulsion est un mécanisme d'évitement qui va pousser les animaux à détourner leur chemin pour ne pas passer proche de la source de lumière, ce qui crée pour ces taxons des barrières physiques impossibles à traverser.
- Le phénomène d'attraction ; l'attraction est le phénomène qui piège les espèces, certains taxons sont plus susceptibles de subir cette attraction, c'est le cas pour : les moustiques, les papillons, les mouches, les coléoptères. Des espèces de papillons

⁴ « Le taxon est une unité quelconque (genre, famille, espèce, sous-espèce, etc.) des classifications hiérarchiques des êtres vivants. Généralement le terme est employé aux rangs spécifique (l'espèce) et subsppécifique (la sous-espèce). », définition de l'INSEE.

⁵ Animaux qui vivent principalement le jour

tournent indéfiniment autour des lampadaires. Pour les insectes attirés par la lumière, ils meurent d'épuisement ou ils sont brûlés par la lampe.

Pour ces explications sur la pollution lumineuse, nous avons tirés beaucoup d'enseignement du document, *Trame noire, méthode et outils pour sa mise en œuvre* (SORDELLO et al., 2021).

4.3.2. La pollution sonore

De la même manière, les bruits des activités humaines peuvent entraîner des phénomènes d'attraction et de répulsion. La pollution sonore peut également gêner la communication entre individus d'une même espèce. Lors de la recherche de partenaires chez les oiseaux mâles, le bruit extérieur les oblige à chanter plus fort et à plus hautes fréquences (Le Mitouard E. et al., 2019). Souvent, ce phénomène perturbe la reproduction et il se retrouve notamment aussi chez les amphibiens. En effet, avant la reproduction pour attirer la femelle, le mâle émet un son entre 200 à 4 000 Hz souvent couvert par les bruits anthropiques qui désorientent les individus femelles vers la source (Dore et al., 2010).

Aujourd'hui, des études sont en cours pour identifier les impacts des perturbations odorantes sur les animaux.

4. La réponse opérationnelle à travers des dispositifs techniques

D'après le dictionnaire de l'Encyclopædia Universalis, le terme dispositif désigne : « Un ensemble de décisions, de mesures prises pour aboutir à une fin ». Cette définition induit donc la prise en compte d'un besoin, d'une problématique qui implique la recherche de mesures pour y répondre. On peut compléter ce terme par la définition qu'en fait Foucault. En effet, le terme « dispositif » pour lui a également un objectif de projection (Foucault, 1994). Le dispositif doit donc prospérer au-delà de la stratégie mise en place parce qu'il aura des impacts négatifs et/ou positifs sur son environnement proche. Il faut donc penser de telle manière à pouvoir reprendre le dispositif en question et gérer les effets qu'il a lui-même produit. Cette partie de la définition rejoint une manière plus éco-responsable de penser la mise en place d'une solution opérationnelle. Pour cette raison également, la gestion des dispositifs pour la biodiversité fera l'objet d'une réflexion dans ce document.

Foucault donne une définition non-matérielle du terme « dispositif » mais l'ajout du terme « technique » permet d'amener la dimension matérielle à l'objet d'étude.

En effet, la définition du Larousse de l'adjectif « technique » dans le cadre de l'étude est ce qui se rapporte au côté pratique d'une activité, à l'exercice de celle-ci ou au savoir-faire exigé » et « qui a trait aux applications de la connaissance scientifique ». En effet, un objet technique renvoie toujours à une utilisation.

Ainsi, un dispositif technique est un objet, une infrastructure ou une méthode fabriquée par l'homme qui peut intervenir dans une multitude de secteurs d'activités pour répondre à une problématique (Toussaint J., 2003). Sa création et mise en place doivent, de plus, prendre en compte les impacts que le dispositif va provoquer sur son environnement proche et son évolution dans le temps.

5.1. Hypothèse de l'étude : la pertinence écologique

Durant cette étude, beaucoup d'interrogations ont été apportées, notamment de la part des spécialistes de la LPO durant des entretiens (Employés de la LPO, Benoit Viseux et Tanguy Borgarelli), concernant le terrain de l'étude. En effet, pour eux, il était important de rappeler que l'écologie est très liée à un site. Le diagnostic écologique doit être systématique quand il y a une volonté ou un enjeu biodiversité. De la même manière, avant de penser à aménager pour la biodiversité, les spécialistes insistent sur le fait de penser à éviter, réduire avant de s'intéresser à la compensation et à ses dispositifs.

Cependant, il est important de préciser que cette étude a pour objet la recherche des dispositifs techniques favorables à la biodiversité dans un périmètre d'étude qu'est la gare. Par conséquent, la pertinence écologique d'un lieu sera prise comme hypothèse de départ. En effet, comprendre quel enjeu de continuité est lié au terrain d'une gare spécifique n'est pas le but de cette étude, mais celui de Frugacité dans sa globalité. Par conséquent, ce rapport s'intéresse à tous les dispositifs participant directement ou indirectement à la continuité écologique sans distinction de territoires de gares, une gare très urbaine ne sera pas distinguée d'une gare plus rurale.

5.2. Le terme de « portabilité »

Nous avons initialement choisi, pour cette étude, le terme « transférabilité », afin de décrire le transfert d'un dispositif présent dans une zone hors gare pour l'appliquer à un domaine ferroviaire à l'échelle de la gare. Or pour nous, ce terme ne prenait pas assez en compte la notion d'amélioration. En effet, entre une zone hors gare et une zone gare, des modifications doivent probablement être envisagées pour son application. L'intérêt de ce dispositif technique est de pouvoir l'installer par la suite dans n'importe quelle gare s'il est pertinent.

Au départ, « la portabilité » est liée au monde informatique puisqu'il désigne l'« aptitude d'un programme informatique ou d'un logiciel à être exécuté, sans grande modification, sur des ordinateurs de types différents », mais il correspond assez bien à notre domaine d'étude puisqu'il interroge la possibilité d'appliquer un dispositif à plusieurs types de gares différentes, sans grande modification. Etant donné que nous fixons une hypothèse de pertinence des dispositifs, le terme de portabilité permet de se concentrer sur les modalités d'implémentation, d'un point de vue technique, financier, etc. et donc de se questionner sur quels dispositifs peuvent-être intégrés dans le paysage gare.

La portabilité sera d'autant plus discutée dans le catalogue qui accompagne cette notice à travers un tableau qui y est dédié.

Cette étude a été réalisée sur la base d'articles scientifiques, mais aussi d'entretiens afin de prendre en compte la controverse des technologies évoquée par Callon dans son ouvrage ; pour une sociologie des controverses technologiques (CALLON M., 2006). En effet, dans l'ouvrage, nous pouvons retrouver cet élément : « Ce qui est considéré à un moment donné comme certain et comme incertain varie à l'intérieur même de la communauté scientifique. ». Elle permet de comprendre deux points de notre étude ; le premier étant que la portabilité en gare d'un dispositif n'ayant jamais encor, été appliqué dans ce lieu ne peut faire l'objet que d'hypothèses. Le second étant que, dans l'étude, l'introduction d'entretiens avec des acteurs du monde de la construction a permis de comprendre les points de discordance sur la mise en place de certains dispositifs. Certaines discussions nous ont offert une version contradictoire d'un même sujet apportant des éléments de réponses convaincants dans les deux cas.

Pour aller plus loin :

- ALIX, G. (Janvier 2022). Relation entre l'homme et la biodiversité urbaine. Pourquoi et comment la biodiversité urbaine s'intègre-t-elle dans l'évolution des villes ? Cas d'étude sur la ville de Lorient. 16.
- BERGES et al. (2010). Corridors écologiques et conservation de la biodiversité, intérêts et limites pour la mise en place de la trame verte et bleue. *Sciences et Eaux & Territoires*, 34-39.
- BONTE et al. (2012). Costs of Dispersal . *Biological Reviews* 87.
- BRATMAN et al. (2015). Nature experience reduces rumination and subgenual prefrontal cortex activation.
- CALLON M. (2024). Pour une sociologie des controverses technologiques. P 135-157.
- CLAUZEL C. (2021). Réseaux écologiques et connectivité du paysage : de la modélisation spatiale à la gestion de la biodiversité.
- CLERGEAU P. (2007). Une écologie du paysage urbain. *Apogée*.
- DORE F. et al. (2010). Impact de la pollution sonore sur la faune. *Le Courrier de la Nature* n°254.
- DUNNING et al. (1992). Ecological Processes That Affect Populations in Complex Landscapes. *Oikos* 65, 169.
- FOUCAULT M. (1994). « Le jeu de Michel Foucault ». *Dits et écrits*, 298-329.
- KINDLMANN P. et BURREL F. (2008). Connectivity measures: A review.
- Le Mitouard E. et al. (2019). infrastructures linéaires de transport et oiseaux. *CEREMA*.
- PENONE, C. (2012). Fonctionnement de la biodiversité en ville : contribution des dépendances vertes ferroviaires. P. 19.
- SCHOOLEY R. et WIENS J. (2003). Finding habitat patches and directional connectivity.
- SORDELLO et al., R. (2021). Trame noire, méthodes d'élaboration et outils pour sa mise en œuvre. *OFB*.
- SORDELLO R. et Al. (2022). Les déplacements des espèces volantes: vers la mise en oeuvre d'une "Trame aérienne" dans le cadre de la politique Trame verte et bleue ? *natura.e*.
- SUTHERLAND W. (2003). How effective are European agri-environment schemes in conserving and promoting biodiversity? *Journal of Applied Ecology*.
- TAYLOR et al. (1993). Connectivity Is a Vital Element of Landscape Structure. *Oikos* 68.
- TISCHENDORF L. et FARIG L. (2000). On the usage and measurement of landscape connectivity. *OIKOS*.
- TOUSSAINT J. (2003). Projets et usages urbains fabriquer et utiliser les dispositifs techniques et spatiaux de.
- VILLE DE PARIS. (2020). Atlas de la nature de Paris.
- WESTMAM, W. (1977). How much are nature's services worth. *Science* 197.

ZIMMERMANN et al., L. (2006). Mortalité des oiseaux sur le réseau électrique aérien.

II- Les dispositifs de franchissement

Les dispositifs de franchissement constituent l'ensemble des dispositifs qui permettent le passage de la faune. Le principe est soit de sécuriser un passage au-dessus ou en dessous de l'infrastructure ou alors de permettre à l'animal de s'enfuir de l'emprise ferroviaire.

1. Les ouvertures dans les grillages

Pour la petite faune, les grillages ou clôtures ont tendance à être plus des filtres et des pièges plutôt qu'un empêchement strict de traversée. L'animal va avoir tendance à chercher à passer par tous les moyens. Ces tentatives peuvent occasionner des blessures mortelles pour l'animal.

La meilleure préconisation pour la biodiversité est de ne pas installer de clôture. Il vaut mieux privilégier la plantation de haies ou de bosquets (BRUXELLE ENVIRONNEMENT, 2019). Comme la clôture est souvent nécessaire, il faut veiller à la placer le plus proche possible des voies ferrées. De cette manière, il est possible de favoriser les déplacements longitudinaux des animaux.

Cependant, il est également possible d'utiliser pour la petite faune des moyens de passages transversaux dans les clôtures.

Les ouvertures pour les hérissons assurent notamment un passage dans le grillage et permettent de ne pas dégrader la clôture. Le dispositif est en inox et en tôle, il s'installe directement sur le grillage en découpant les mailles au centre de la forme de hérisson. Les bouts découpés peuvent présenter un danger pour la faune. Ils sont alors à recourber et à accrocher au dispositif.

L'ouverture est destinée à la petite faune, puisque qu'il laisse une traversée de 12 cm de haut et de largeur. Comme l'objectif est de limiter le risque de blessures, il faut veiller à ne pas laisser les pointes de grillages dépasser du dispositif.



Figure 3 : ouverture dans les grillages en forme d'hérisson
Source : LPO



Figure 4 : porte à hérisson
Source : LPO

Il est possible de trouver ce dispositif sur le site de la LPO, leur prix est de 22, 90 euros. La LPO propose également des portes à hérissons à 9 euros. Ce dernier se met sur les portes métalliques ou les clôtures en bois. Ils sont faciles à installer d'après leur préconisation. Le coût est donc relativement faible par rapport au coût total d'un projet d'aménagement.

Il existe, bien sûr, d'autres dispositifs que ceux vendus par la LPO. Un passage à hérisson est souvent nommé de cette façon puisque le design du dispositif rappelle le contour de l'animal. Mais en réalité n'importe quel

passage sécurisé de 12x12 cm ou plus peut être qualifié de passage à hérisson ou tout du moins d'ouverture dans les clôtures pour le passage de la petite faune.

À noter que pour que le dispositif soit efficace et de moindre danger, il faut veiller à surveiller régulièrement les clôtures pour éviter l'obstruction de l'entrée et la dégradation du dispositif entraînant la libération d'embouts dangereux pour la faune.

L'ouverture permet aux animaux de passer tout en limitant l'accès aux emprises ferroviaires pour les Hommes et les espèces de plus grandes tailles.

Le design de ce dispositif participe à la sensibilisation des usagers face aux enjeux biodiversité. En effet, sa forme est liée à un animal souvent jugé sympathique et non nuisible par le grand public. Dans une gare, ce dispositif ne serait pas perçu comme de la négligence de la part des gestionnaires, contrairement à un trou dans le grillage.

Dans un entretien (Charles Edouard Soulet, AMO environnement, Gare de Montigny-lès-Metz), la possibilité de mettre ce dispositif dans un projet d'aménagement de gare a été évoqué. Il faisait parfois l'objet d'une réflexion dans la phase de conception. Aucune contrainte quant à sa mise en place n'a été évoquée, mais aucune application concrète en gare n'a pas pu être trouvée pour cette étude.

2. Les laisser-passer

Les laisser-passer font partie des dispositifs de franchissement qui aident à passer par-dessus ou à travers une clôture. Il se distingue des passages à faune par leur forme de franchissement qui ne constitue pas un chemin, mais bien une aide au franchissement.

2.1. Rampes

Le dispositif des « rampes » a plusieurs noms ; monts de terre, buttes sautoir ou encore échappatoire pour la grande faune. Il s'agit d'une butte de terre installée le long d'une clôture. Il permet aux animaux de les emprunter pour traverser la barrière. C'est principalement destiné à la faune qui est capable de sauter. En Europe et Amérique du Nord, ce dispositif est utilisé pour les cervidés (à l'exception du sanglier qui est moins enclin à sauter).



Figure 5 : dispositif de rampe le long d'une route
Source : (BUTON C. et al., 2020)

Du côté de l'infrastructure, la rampe en question est faite de terre en pente douce (de 25 % maximum) l'amenant jusqu'au sommet de la clôture permettant à la faune de s'enfuir des emprises. Il peut être construit pour être franchissable dans les deux sens ou seulement dans un sens de traversé. À noter que s'il est dans les deux sens, il peut profiter à la petite faune qui n'aura pas à sauter, mais juste à emprunter le chemin créé par la rampe.

Il existe plusieurs types de rampes qui peuvent être prévus comme un prolongement de la clôture ou comme un décrochement :

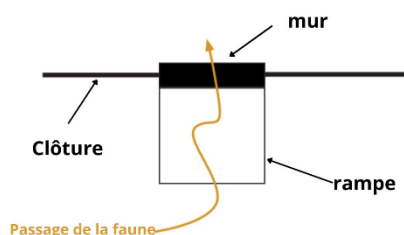


Figure 6 : Rampe en forme linéaire
Source : d'après (BUTON C. et al., 2020)

- **Les rampes en angle** : une structure de soutènement composée d'une structure de soutènement fait en butte de terre, mise sur un angle de clôture.

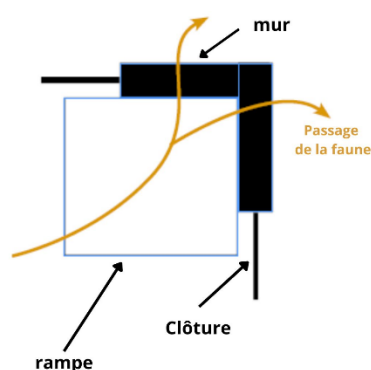


Figure 7 : Rampe en angle
Source : D'après (BUTON C. et al., 2020)

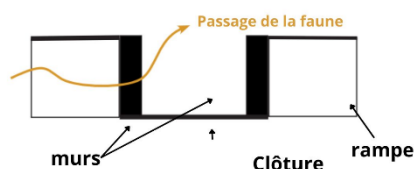


Figure 8 : Rampe en « quai de changement »
Source : D'après (BUTON C. et al., 2020)

conduire l'animal longeant le grillage.

- **Les rampes en forme de U** : la configuration est plutôt rare, mais permet à l'animal de traverser de trois côtés différents du dispositif.

Pour que le dispositif soit efficace, il faut s'arrêter sur certains points d'intérêt comme la hauteur pour les rampes à sens unique. Cette hauteur doit être un compromis technique entre la faible distance au sol pour éviter à l'animal de se blesser en sautant et une hauteur suffisante pour dissuader l'entrée en sens inverse. La hauteur doit être comprise entre 1.30 et 2.30 m d'après l'article scientifique du CEREMA : état

- **Les rampes en « quai de changement »** : une structure de soutènement composée de deux parois parallèles retient les côtés d'une rampe adossée. Elles sont positionnées dans un couloir parallèle à la clôture d'emprise, de façon à y

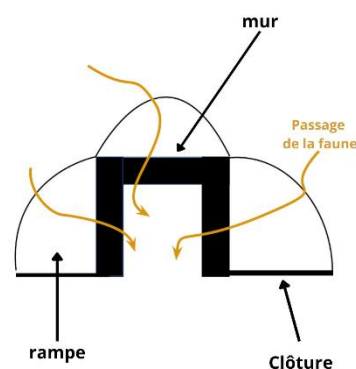


Figure 9 : Rampe en forme de U
D'après (BUTON C. et al., 2020)

des connaissances et retour d'expérience sur les dispositifs de sortie des clôtures pour les ongulés sauvages. (BUTON C. NOWICKI F., 2020)

De la même manière, il faut aussi veiller à ce que la surface de réception soit sécurisante pour l'animal. Il est possible de rajouter une butte de réception si besoin pour amortir le saut. Les buttes au-dessus de la structure de soutènement sont habituellement en terre avec de la végétation (Un semis peut être intégré dans l'aménagement pour favoriser l'intégration du dispositif dans le paysage végétal).

Les rampes occupent la surface au sol et leur emprise peut aller de 8 à 14 mètres, les rampes linéaires sont celles qui prennent le plus de surface au sol.

Pour mettre en place un tel dispositif, il faut prévoir plusieurs jours de travail avec une équipe de 2 à 4 personnes et des engins de terrassement et de levage. On estime le coût de ces travaux et de fourniture de 3000 et 10000 euros HT (BUTON C. NOWICKI F., 2020).

La gestion de ce dispositif est importante notamment pour éviter que la végétation se développe le long des clôtures et que des animaux grimpent à des endroits non sécurisés qui risque de les bloquer ou de les blesser. Une fauche annuelle minimum est donc recommandée. Pour les gares, on peut faire l'hypothèse que des déchets seront jetés sur les surfaces végétalisées, ainsi leur traitement est compris dans l'entretien de ce dispositif.

L'efficacité de ce dispositif a été attestée sur certains sites autoroutiers, comme l'A31 où il a été mesuré une grande fréquentation de chevreuils. Une diminution des accidents de la route provoqués par des animaux a pu être observée (BUTON C. et al., 2020).

Cependant, en Espagne, l'utilisation de rampe le long de lignes ferroviaire, montre des résultats assez mauvais (BUTON C. et al., 2020). Il faut donc distinguer l'efficacité du dispositif en zone autoroutière et celle en zone ferroviaire. De plus, si des personnes s'arrêtent pour observer l'animal, un phénomène se produit. L'animal prend peur et il est capable de se blesser parfois de manière mortelle en tentant de traverser sans réussir à trouver la rampe.

L'avantage de la rampe est son autonomie qui permet de ne pas avoir à actionner à nouveau le dispositif à chaque franchissement. S'il est bien fourni en végétation, il peut s'intégrer parfaitement dans le paysage. Ce dispositif est aussi un moyen d'empêcher les usagers de traverser, même si un risque demeure.

En gare, ce dispositif peut être imaginé autrement. Une rampe pourrait faire un lien entre une toiture végétalisée de faible hauteur et une surface végétalisée au sol.

2.2. Les portillons classiques

Les portillons classiques sont composés de battants pivotant autour d'un axe vertical, ils sont destinés à des animaux capables de pousser le battement qui se referme à la suite du passage donc pour des taxons comme le chevreuil, le sanglier ou encore le cerf. Ils peuvent être uniques ou doubles. Le but du dispositif est de faciliter le basculement.

En France, le coût de fourniture est estimé par le CEREMA de 1000 euros HT à 2000 euros HT (CARSIGNOL J. TEKIELAK G., juin 2022). Il est facile à installer et à déposer.



Figure 10 : Photographie d'un portillon classique

Source : (BUTON C. et al., 2020)

Cependant, les portillons classiques nécessitent un entretien fréquent pour éviter le blocage par la végétation ou à cause du vieillissement du dispositif.

Ce dispositif est difficilement portable en gare parce qu'il permet le passage humain et de ce fait n'assure plus le sprincipes de sécurisation de l'espace ferroviaire.

2.3. Les portillons à dents en forme de peigne

Les portillons à dents en forme de peigne constituent un système à double portillon qui s'ouvre uniquement vers l'extérieur de l'emprise de transport. Il n'a jamais été testé en France, mais uniquement en Amérique. Certaines espèces n'arrivent pas à apprendre comment passer le dispositif, ce qui impacte fortement l'efficacité. Ce dispositif est majoritairement destiné aux cervidés.

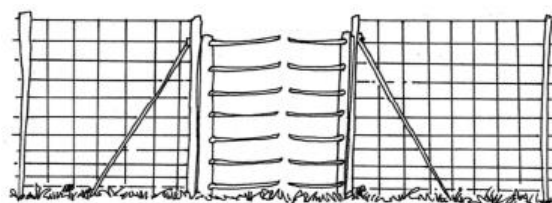


Figure 11 : illustration des portillons à dents en forme de peigne

Source : (BUTON C. et al., 2020)

Ce système présente les mêmes problématiques en termes d'entretien que les portillons classiques puisqu'il faut veiller à ce qu'ils ne soient pas obstrués, bloqués ou encore en inadéquation avec la faune visée.

Une étude a montré que les rampes de 1,5 m sont beaucoup plus efficaces (7,9 à 11 fois) que les portillons à peignes courbes (Huijser et al., 2017) et le retour sur investissement est de 1,4 à 2,2 ans. (Siemers et al., 2015). Les rampes sont des dispositifs plus onéreux que les portillons, mais après calcul du coût-bénéfice des dispositifs, ils sont plus intéressants.

En outre, les portillons semblent difficilement applicables en gare. De la même manière que les portillons classiques, ce dispositif risque de créer des failles en termes de sécurité ferroviaire.

2.4. Les trappes



Figure 12 : Photographie du dispositif trappe

Source : (BUTON C. et al., 2020)

La trappe est un dispositif qui ressemble au principe d'une « chatière », une grille en métal pivote autour d'un axe horizontal. Le battant peut être construit de manière verticale ou inclinée, ajouré ou plein, en métal traité ou en anti-corrosion. Il est possible de mettre en place des dispositifs pour éviter le retour du système notamment, un contrepoids peut être envisagé pour faciliter la bascule d'un côté et empêcher le retour de l'autre. Les espèces visées sont surtout les ongulés en priorité ceux fouisseurs comme les sangliers, mais aussi d'autres

animaux comme le blaireau ou encore le chien.

Le coût de ce dispositif est estimé de 700 à 1300 euros HT pour les trappes classiques. Pour mettre en place ce dispositif, il est préconisé une pose de la part de 2 à 3 personnes. Ce dispositif a une pose qualifiée de classique et le système est autonome puisqu'il ne nécessite pas un réarmement à la suite du passage de l'animal.

Cependant, ce dispositif a quelques inconvénients ; il nécessite un fort entretien pour éviter que la végétation ou les déchets ne bloquent l'ouverture. Il peut aussi être obstrué par le dépôt de déchets, un intérêt doit donc être porté sur une surveillance et un entretien régulier.

De la même manière que pour les rampes, l'étude de l'efficacité de ce dispositif sur le système ferroviaire a été peu concluante (BUTON C. et al., 2020).

Pour les mêmes raisons que les portillons, nous pouvons faire l'hypothèse qu'un être humain pourrait passer la clôture grâce à ce dispositif même si cela serait plus difficile que pour des portillons

2.5. Les sas d'extraction

Le sas d'extraction est un couloir de 3 m de long, 1 m de large et 1m20 de haut, c'est une cage métallique découpée dans la clôture. La percussion par un animal d'un fil pendu en travers du passage déclenche mécaniquement la fermeture gravitaire des deux portes aux extrémités et le relevage d'une trappe de sortie latérale. Ce n'est pas un système de piégeage, puisque l'animal peut sortir à n'importe quel moment de la cage.

Le dispositif doit être réarmé manuellement. L'information que l'ouverture a été déclenchée peut-être donnée grâce à des pièges photographiques ou par détecteur. Les taxons visés sont les sangliers et les chevreuils.

Le coût du sas d'extraction est estimé à 1320 euros HT pour les fournitures et 25 euros HT/piège/semaine pour l'installation (l'estimation de préconisation est de 4H de travail). Le dispositif est donc facile à installer.

En termes d'entretien, les problématiques sont les mêmes que pour les autres dispositifs, il ne faut pas obstruer l'ouverture du sas.

Le sas d'extraction semble moins accessible à l'Homme que les dispositifs précédents. Cependant, il existe encore un risque qu'il puisse être emprunté par un être humain. Ce dispositif comme les trappes peut être bloqué par le dépôt de déchets.



Figure 13 : photographie d'un sas d'extraction

Source : (BUTON C. et al., 2020)

3. Les passages à faune

Le principe d'un passage à faune est de faire passer les animaux dans des structures sécurisés au-dessus ou en dessous d'une infrastructure de transports à des endroits stratégiques.

Pour déterminer le positionnement de l'ouvrage certains critères sont à prendre en compte : l'inventaire de la faune présente sur le site d'aménagement de l'infrastructure, les techniques du terrain, le lieu stratégique pour permettre une connectivité écologique idéale. Le choix du

lieu dépendra de la pertinence écologique, non étudiée dans ce document.

Il existe deux grands types de passage à faune ;

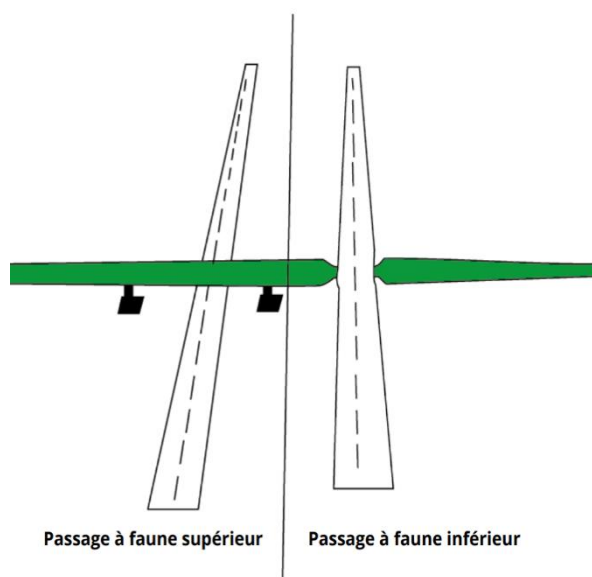


Figure 14: Les deux types de passages à faune

- Les passages à faune supérieurs, ce sont ceux qui passent au-dessus des infrastructures de transports comme des éco-ponts, des ouvrages spécifiques à une espèce, des passerelles, des aménagements paysagers...

- Les passages à faune inférieurs sont ceux qui passent sous les infrastructures de transports comme des corridors en dessous d'un viaduc, un tunnel, un passage souterrain...

Parmi ces deux types, on peut distinguer les passages à faune mixtes accueillant à la fois les animaux et les personnes ou sinon spécifiques accueillant uniquement la faune sans ouverture au public.

Nous pouvons également distinguer les passages plutôt spécifiques à la petite faune, à la grande faune ou même à toute la faune.

Enfin certains passages sont spécifiques à une espèce comme les passerelles à chauves-souris, écureuil, amphibiens...

En annexe de ce document, est présent un tableau réalisé par le CEREMA de l'ouvrage : *Les passages à faune. Préserver et restaurer les continuités écologiques, avec les infrastructures linéaires de transport* qui présente en fonction des taxons quels passages à faune est le plus approprié.

3.1. Les passages à faune supérieurs

3.1.1 Les éco-ponts

Les éco-ponts sont des passages à faune supérieurs qui permettent souvent une grande connectivité écologique pour un maximum de groupes faunistiques et représentent un large ouvrage d'art. En effet, plus le passage est large plus la connectivité est efficace. La largeur préconisée par le CEREMA sans passage de cerf est de 20 m (CEREMA, 2021). Pour des ouvrages aussi grands et efficaces la recommandation du CEREMA est de les espacer tous les 2 km. La



Figure 15: Eco-pont
Source : Journal les Echos

mise en place de tels dispositifs implique des travaux longs et conséquents.

Un éco-pont se compose de plusieurs couches dans cet ordre ; une végétale au-dessus de l'ouvrage (cette dernière peut être aménagée de plusieurs manières différentes), une couche filtrante, une couche drainante, un complexe d'étanchéité et une dalle de béton.

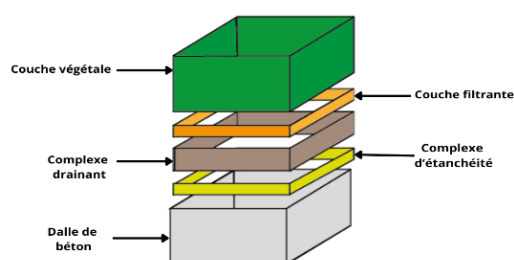


Figure 16: Illustration de la composition d'un éco-pont
Source : D'après (AUDIE-LIEBERT et al., 2021)

Pour limiter l'impact de l'infrastructure de transport sur les milieux fragmentés, il est recommandé de mettre en place des strates végétales le plus tôt possible avec des essences locales et diversifiées.

Les retours qui ont pu être faits par des spécialistes en termes de passage à faune en

ville (Pascal Tamizon, Pascal Baran et Maxime Gombart, participant au programme PERL (Performance Régularité Lignes) chez SNCF réseau) et dans des zones ferroviaires rurales, concernent la nécessité avant la mise en place de nombreuses études écologiques et techniques afin de trouver l'endroit le plus pertinent. Il faut notamment prévoir une grande emprise au sol pour ce dispositif.

Les éco-ponts sont normalement destinés à la grande faune, cependant la plupart des animaux peuvent traverser la zone. C'est un dispositif favorisant la continuité écologique d'un très grand nombre d'espèces.

L'ouvrage doit être entretenu de manière à ce que la faune puisse traverser le pont, il faut donc veiller à ce que l'ouvrage ne soit pas obstrué. L'éco-pont étant un ouvrage d'art, il doit être entretenu comme tel. Le plus propice à l'appropriation par la biodiversité serait d'éviter au maximum d'entretenir mais ce mode de gestion peut laisser les plantes envahissantes se développer, c'est un débat qu'on retrouve dans la littérature scientifique (ce point sera approfondi dans le chapitre des habitats pour la faune et les fiches sur les espaces végétalisés).

La largeur est un facteur pour améliorer l'efficacité du dispositif mais il est possible de jouer sur d'autres caractéristiques. Il est également recommandé d'ajouter des habitats pour la faune au sein même de l'éco-pont pour le rendre encore plus attractif pour les espèces.

Pour encore augmenter en efficacité, le CEREMA conseille d'installer des parapets d'occultation de chaque côté de l'ouvrage afin de limiter les nuisances sonores et visuelles

des infrastructures de transport. De la même manière, il faut accompagner l'animal grâce à des structures guides comme des clôtures, des haies, des murets, etc, qui permettent à la faune de longer l'infrastructure pour atteindre le passage.

D'après Philippe Clergeau (CLERGEAU P., 47-57), enseignant-chercheur au Muséum National d'Histoire Naturelle, dans son document scientifique *Utilisation des concepts de l'écologie du paysage pour l'élaboration d'un nouveau type de passage à faune*, un éco-pont doit être configuré d'une certaine manière pour être le plus pertinent :

- Aux abords du pont, il est recommandé d'installer une surface dégagée pour permettre le passage des animaux les plus rapides avec l'ajout d'un terrain herbacé pour répondre aux besoins d'arthropodes, batraciens et micromammifères qui seront plus lents.
- D'un côté du pont, il est important de mettre un talus boisé offrant différentes conditions d'humidité et de température.
- Une surface plus boisée de l'autre côté serait favorable à la faune avec des strates très diversifiées d'arbustes et d'arbres formant une zone facilitant les échanges entre les espèces.
- Enfin, l'efficacité est d'autant plus grande que le pont est bien relié aux espaces naturels présent de part et d'autre du passage à faune.

Il est important de faire attention à ce que les entrées de l'ouvrage ne soient pas obstruées par la végétation. Un entretien doit aussi être fourni les premières années uniquement pour veiller à la croissance de la végétation.

L'efficacité dépend aussi de la fréquentation de l'homme, d'après des retours d'expérience (Pascal Tamizon, Pascal Baran et Maxime Gombart, participant au programme PERL (Performance Régularité Lignes) chez SNCF réseau) plus l'Homme est présent moins la faune empruntera le passage. Nous pouvons donc faire l'hypothèse sur le nombre faible de passage de la faune en ville au regard des passages des usagers.

D'après des professionnels de la SNCF réseau dans le programme PERL, Performance Régularité Lignes, l'efficacité est difficilement prévisible en amont d'un projet. Certains passages à faune ne sont pas fréquentés à un certain moment puis le seront par la suite. L'exemple en question concernait un passage à faune en zone rurale. Le bureau d'étude montrait à un instant T qu'il n'y avait pratiquement aucune fréquentation du site puis quelques temps plus tard, les relevés ont montré une véritablement fréquentation du dispositif par la faune.

Les entretiens effectués pour cette étude ont également relevé que le financement est la première barrière à son installation sur une zone rurale ferroviaire et le sera naturellement pour une application en gare. En effet, que ce soient les professionnels sur ces ouvrages d'art ou que ce soient des professionnels du monde de la construction, la question du financement a souvent été relevée. Un éco-pont est un large ouvrage d'art, sa valeur est estimée de 2000 à 2500 €/m² par le CEREMA.

Cet argument en a amené un autre, la difficulté de convaincre une maîtrise d'ouvrage que ce dispositif lui sera bénéfique. En effet, si on parle en termes de coût, il n'y aura pas de bénéfice apporté. En outre, le manque de connaissances en termes d'écologie du secteur de la construction ne permettra pas forcément à la MOA de se diriger vers un éco-pont. Les entretiens ont relevé qu'un tel dispositif sera jugé comme « absurde ».

De plus, la portabilité d'un tel passage à faune en gare semble compromise. Effectivement, il a été évoqué de nombreuses fois, la difficulté de mettre un éco-pont dans les gares dû à la largeur plus conséquente de l'emprise au sol du système ferroviaire plus on s'approche du

bâtiment voyageur. Cette largeur correspond au plateau de voies qui peut être particulièrement grand dans certaines gares.

Cependant, la majorité des acteurs interrogés ont tout de même concédé qu'un éco-pont pourrait être intéressant dans des sites où la pertinence écologique est très élevée. En effet, pour des gares avec un fort enjeu de connectivité écologique, l'éco-pont permettrait de maintenir une grande majorité des déplacements des animaux, si bien évidemment le passage est emprunté par la faune.

3.1.2 Les éco-ponts mixtes

Un éco-pont mixte est un passage à faune supérieur qui permet à la fois aux animaux et aux humains de passer, il peut être aménagé avec un passage pour engins agricoles, un chemin piétonnier ou encore une route mais avec obligatoirement un chemin végétalisé pour les déplacements de la faune. C'est un grand ouvrage d'art qui impose comme les éco-ponts spécifiques des contraintes de conception et de longs travaux.



Figure 27 :: Exemple d'éco-ponts mixtes
Source : (PINEAU C., 2017)

Cependant, il faut veiller à ne pas avoir une trop grande fréquentation de l'Homme pour que la faune utilise ce passage. En effet, un nombre élevé de véhicules qui traverseraient ce pont provoquerait des perturbations visuelles, sonores et olfactives créant une répulsion des animaux à emprunter le passage. Nous pouvons supposer que ce dispositif participe également à l'augmentation du risque de collisions voiture-faune.

De plus, le CEREMA insiste sur le fait que le chemin destiné aux piétons ou aux véhicules ne soit pas revêtu et que l'espace destiné à la faune soit suffisamment large (au moins 10 m).

Les passages à faune mixtes peuvent être inférieurs, ils sont souvent en lien avec un passage hydraulique composé de trois parties ; la traversée de l'eau, la zone piétonnière aux abords de l'eau et une zone végétalisée aux extrémités du passage. Il faut alors que le cheminement terrestre soit supérieur à 3 m sur chaque rive.

Les éco-ponts mixtes sont (pareils que pour les éco-ponts spécifiques) faits pour l'ensemble de la faune, mais toujours avec l'idée que certains taxons ne seront pas attirés par ce passage à cause de la fréquentation de l'être humain.

Le dispositif doit également être entretenu les premières années au niveau de la végétation pour veiller à sa bonne croissance, mais aussi, il faut veiller à débroussailler le passage destiné à l'Homme de manière à ne pas impacter la faune. La gestion raisonnée sans produits phytosanitaires est la solution recommandée pour ces espaces.

La SNCF a entrepris de rénover d'anciens ponts, tunnels et passerelles afin de les transformer en passages à faune mixtes. Les retours d'expériences faits par les professionnels (Pascal Tamizon, Pascal Baran et Maxime Gombart, participant au programme PERL (Performance

Régularité Lignes) chez SNCF réseau) sont sceptiques sur la possibilité de mettre un tel dispositif en gare pour plusieurs raisons :

- Le coût qui pose toujours un problème quand on évoque l'aménagement ou le réaménagement d'un ouvrage d'art. Les professionnels estiment qu'il y a trop peu de collisions en ville provoquant l'arrêt du trafic.
- Dans le cas d'un éco-pont mixte, il peut s'ajouter la fréquentation des véhicules ou de piétons sur l'ouvrage qui sera plus grande en gare que dans une zone rurale ferroviaire par conséquent la faune risque de ne pas emprunter ces passages.

Cependant, l'éco-pont permet de mutualiser les déplacements entre la faune et les êtres humains. De quoi convaincre la MOA plus facilement que pour un éco-pont spécifique. Surtout si c'est pour réhabiliter un ancien pont ou une ancienne passerelle.

3.1.3 Les passerelles pour la faune

Une passerelle consiste en des structures guides qui vont permettre à certains taxons de franchir le dispositif.

Un exemple concret est celui d'une passerelle fait par Vinci construction sur des autoroutes pour les chauves-souris. Il s'agit d'une structure couloir surélevée, elle impose une hauteur de vol aux espèces de chiroptères et qui les protège par la courbure des côtés du couloir des perturbations visuelles et sonores de la circulation du trafic.

D'autres passerelles consistent en des filets tendus ou encore comme en Australie, des passerelles à crabes. Ces derniers se servent de l'infrastructure pour grimper et traverser une route.

Ces passerelles sont donc destinées à des espèces particulières et souvent dans des zones à forts enjeux de préservation, il est compliqué pour un tel dispositif de le rendre utilisable pour un grand nombre de taxons. Il semble fortement dépendant de la pertinence écologique du site sur lequel il sera appliqué.

Le coût estimé par le CEREMA de tels passages à faune est estimé à : 100 000 – 130 000 € pour la conception et 400 000 – 450 000 € pour la réalisation.

3.1.4 Les passages canopées

Les passages canopées sont des dispositifs utilisant un système de cordages pour la majorité d'entre-deux. Des exemples à l'étranger sont disponibles avec des cordes ou des filets et des structures métalliques qui forment un chemin et qui partent et arrivent de la haute végétation aux alentours de l'infrastructure de transport.

Ce passage est cependant difficilement envisageable dans un environnement ferroviaire. En effet, il nécessite la mise en place d'arbres hauts aux abords des voies. Il semble donc compliqué pour des questions de sécurité d'envisager une telle mesure en gare ou il faut penser à un passage plus long, dû au plateau de voies. Nous n'avons pas assez de données pour émettre l'hypothèse que la longueur joue



Figure 18 : passerelle pour chauves-souris de Vinci

Source : Photographie de l'entreprise Vinci



Figure 19 : Un passage canopée pour écureuil

Source : 1jour1sourire.fr

sur la fréquentation du dispositif par la faune. Cependant, si c'est le cas, il est possible que les complexités du site gare soit un obstacle majeur à son installation, concernant notamment la hauteur nécessaire pour passer bien au-dessus des voies.

Si le dispositif est composé uniquement de cordes tendues, on peut faire l'hypothèse que les oiseaux se déposeraient sur ces cordes, présentant des dangers de collisions. Cependant, nous pouvons aussi espérer que les oiseaux privilégieront ces cordes plutôt que les lignes électriques limitant les risques d'électrocution et les incidents sur le système électrique (voir chapitre dispositifs anti-collision et anti-électrocution). Il est de plus recommandé que si ce but est visé, de veiller à rendre les cordes plus attractives et donc à les mettre plus en hauteur que les lignes électriques.

3.1.5 Hop-over, une technique de corridors aériens

Le Hop-over, tel que décrit par le CEREMA est un dispositif d'aménagements des abords de la route pour créer un passage aérien. Plusieurs aménagements peuvent être faits :



Figure 20 : Dispositif de Hop-over planté
Source : D'après (AUDIE-LIEBERT et al., 2021)

- Un aménagement de plantation d'arbres haut de part et d'autre de la route obligeant les animaux à garder la même hauteur de vol ou de l'augmenter pour passer l'obstacle.

Il est possible d'utiliser des poteaux le temps que la végétation pousse pour limiter les risques dans les premières années de mise en place du dispositif.

- Un aménagement avec des cordes tendues pour les écureuils ou une technique de voûte arborée au-dessus de la route peuvent aussi être envisagés.

Ce dispositif est surtout efficace pour les infrastructures étroites, car si un trop grand espace au centre est ouvert, il favorise le changement de comportement de l'animal pouvant décider de changer de la hauteur de son vol.

3.2. Les passages à faune inférieurs

3.2.1 Les passages à petite faune-Type I

Le passage à faune inférieur est un tunnel en dessous d'une infrastructure de transport de petit gabarit pour laisser passer la petite faune, dont des taxons comme les blaireaux, martre, hérissons, reptiles, amphibiens, chat sauvage.

L'efficacité d'un tel dispositif est souvent mise à mal par son manque de luminosité naturelle, son manque de végétation et la difficulté du traitement des eaux. Pour ce dernier point, il faut prévoir une certaine pente supérieure à 1 % d'après les préconisations du CEREMA et également pour être efficace, il en faut un tous les 300 m (CEREMA, 2021) L'implantation à choisir par rapport à l'infrastructure est au plus haut du remblai pour limiter la longueur de traversée de la faune.

Si le dispositif est en dessous du terrain naturel, il faut prévoir une butte de terre à l'entrée pour éviter que l'eau ne s'infiltre dans l'ouvrage. Pour son efficacité, il faut aussi veiller à ne pas avoir de marche à l'entrée, car plus problématique pour la petite faune.

L'absence d'obstacle à la sortie et à l'entrée du dispositif permet d'éviter que l'eau ne s'infilte. L'éclairage naturel doit être favorisé et il faut faire en sorte qu'elle puisse rentrer au maximum. La température extérieure ne doit pas trop différer de la température intérieure de l'ouvrage.

Le coût pour un tel dispositif est estimé par le CEREMA entre 300 à 500 euros/ml HT.

Il existe également des passages inférieurs petite faune mixte pour la petite faune et un cours d'eau. C'est un espace de traversée d'eau couplé à des banquettes de largeur inférieure à 3 m qui permettent le passage de la petite faune. Il existe plusieurs ouvrages hydrauliques et plusieurs types de banquettes ; dalles naturelles, banquette béton, escaliers, possibilité d'encoche micromammifères....



Figure 21 : Passage à petite faune mixte hydraulique
Source : CEREMA

Les entretiens ont mis en avant la volonté de la part des acteurs de la construction de développer les passages à faune inférieur, tous métiers confondus.

Une question a été soulevée par l'équipe design d'AREP d'une possible perturbation que subirait la faune en l'empruntant pour cause de vibrations ou d'émissions sonores. Cependant, plusieurs hypothèses peuvent être avancées concernant cette question. Il pourrait être possible d'isoler le dispositif au maximum pour éviter justement que l'animal fuit le passage. De plus, en gare les trains circulent moins vite que sur les autres parties du système ferroviaire, si son installation ne pose pas de problème en zone hors gare, il y a peu de chance qu'elle en pose en zone gare.

Aucune application en gare n'a été trouvée pour la rédaction de ce document, le coût et la connaissance sur ce type de dispositif peut en être la raison.

3.2.2 Viaducs, tranchées ouvertes, passages inférieurs toute faune- Type VII et VIII



Figure 22 : Viaduc de Luech
Source : Objectif Guard

Un viaduc implique la construction d'un grand ouvrage d'art qui surplombe par de larges poteaux un espace souvent végétalisé, un cours d'eau ou parfois une zone urbanisée. La possibilité de circuler en dessous de l'ouvrage pour la faune en fait un passage faune inférieur. Le viaduc est caractérisé par une grande ouverture, un grand passage de lumière, une végétation et une température similaire aux espaces verts alentour. Son efficacité est très grande, son effet filtre est très faible et il attire de nombreux taxons

(CEREMA, 2021). De plus, la mise en place de tels ouvrages d'art ne fragmente pas beaucoup les habitats faunistiques.

Pour être caractérisé de viaduc ; il faut une faible largeur et d'une grande longueur avec une hauteur de minimum 4 m. Les travaux pour sa mise en place sont donc longs et onéreux. En fonction du type d'ouvrage d'art, le coût peut aller de 2000 euros à 4000 euros/m².

L'aspect financier ainsi que la complexité des travaux rendent ce dispositif peu portable en gare.

3.2.3 Crapauduc, passage à faune amphibiens-Type II

Les passages à faune spécialisés pour les amphibiens sont de plusieurs formes, le plus souvent, ce sont des dispositifs de traversée accompagné de dispositifs d'empêchement d'accès aux infrastructures de transports comme des clôtures. En effet, en période de migrations, les amphibiens vont longer les infrastructures. Il faut donc mettre en place des clôtures et structures guides pour les orienter au mieux vers les dispositifs de franchissement.

Ces dispositifs sont à sens unique ou double sens. Si c'est à sens unique, le principe est de faire une entrée par une tombée. L'amphibien ne peut alors plus remonter et il est obligé d'emprunter le passage (illustration présente ci-dessous). Le sens unique semble plus efficace pour les crapauds (BJORN et al., 2003). Cependant, ils représentent un risque pour les plus jeunes amphibiens ainsi que les autres taxons de rester coincer dans l'ouvrage, car certains juvéniles ne trouvent pas la sortie.

Le CEREMA a estimé que le coût de ces dispositifs est de 2500 à 3500 € m² pour un sens unique et 400 et 1200 €/ml pour double sens (ce coût ne prend pas en compte les dispositifs de guidage vers le passage.).

Ce dispositif est donc très spécialisé aux amphibiens. D'autres types de faune peuvent les emprunter, mais certains taxons peuvent en être affecté en restant bloqués à l'intérieur.

La SNCF a pour projet de mettre en place des passages à faune pour amphibien en dessous des rails. Cependant, à part la forme du dispositif, nous n'avons reçu aucune information supplémentaire sur son fonctionnement.

3.2.4 Passage sous rails

Le passage sous rails est préconisé pour laisser passer la petite faune en milieu ferroviaire. Il a été tout d'abord imaginé par Müller S. & Berthoud G. en 1994, puis évoqué par la suite dans des ouvrages concernant la sécurité ferroviaire. Cependant, pour l'étude de cette notice, il a été particulièrement compliqué de trouver un exemple d'application ou de la bibliographie plus explicite sur le sujet. Seul le document du CEREMA en fait mention.

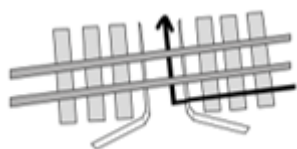


Figure 25 : Dispositif de franchissement des rails
D'après (AUDIE-LIEBERT et al., 2021)

Le principe est de faire un vide sous rails qui permet de laisser passer la petite faune. Le dispositif est constitué d'un demi-tuyau en polyéthylène, correspondant à un butoir qui permet de guider la faune traversant sur le patin du rail. La distance entre les passages préconisé est de 15 à 25 m. Comme pour les autres passages à faune, il faut toujours être vigilant à l'obstruction du dispositif qui empêcherait les animaux de traverser de manière sûre.

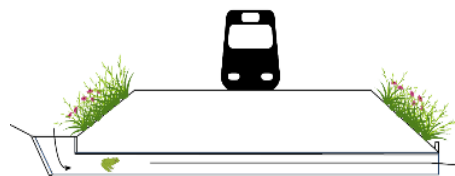


Figure 23 : dispositif passage à amphibiens à sens unique
Source : D'après (AUDIE-LIEBERT et al., 2021)



Figure 24 : Crapauduc de la SNCF
Source : SNCF

4. Les Clôtures adaptées au passage de la faune

Les clôtures adaptées au passage de la faune peuvent être des barrières qui soit favorisent le déplacement de la petite faune en permettant un passage à travers la clôture, soit qui guide les animaux vers un passage sûr. En effet, la clôture peut compléter un dispositif de passage à faune afin de permettre à l'animal de trouver le chemin de traversée plus facilement et l'empêcher de franchir l'emprise ferroviaire à des endroits plus dangereux.

4.1. Un complément des dispositifs de franchissement

La clôture est un moyen évident pour empêcher la faune ou les Hommes d'entrer dans une emprise ferroviaire. Elle fait donc partie des barrières à la connectivité écologique. Sa mise en place est contre intuitive par rapport à la volonté de préserver ou d'ajouter une nouvelle continuité écologique.

Pour cette raison, un dispositif de clôture doit en priorité être complétée d'un dispositif permettant d'assurer un passage sécurisé pour les animaux comme des passages à faune ou des laisser passer. Si la clôture complète un dispositif de franchissement, elle joue un rôle important de guide pour emmener l'animal vers la zone de passage.

Le couplement d'un dispositif de clôture imperméable à la faune et d'un dispositif de franchissement assure une continuité écologique.

Cependant, il faut comprendre qu'une clôture est rarement complètement étanche et il existe de nombreux points de passage. L'animal aura trois comportements possibles face à une clôture (CARSIGNOL J. TEKIELAK G., 2019) ; essayer d'escalader, essayer de creuser et passer en dessous ou alors passer dans les brèches. La clôture doit toujours être sujette à de nombreuses vérifications pour éviter les ouvertures non désirées qui constituent souvent un danger pour la faune ne pouvant pas passer facilement, ainsi pour ce dispositif un entretien régulier est nécessaire.

De la même façon, il est recommandé de veiller à ne pas laisser des creux dans les poteaux des grillages pour éviter de créer des cavités où les animaux peuvent se retrouver piégés.

Il faut de plus veiller à ce que les clôtures soient placées au plus près de l'emprise ferroviaire pour limiter au maximum la partie qui est inaccessible aux animaux (BUTON C., 2022) et permettre un déplacement longitudinal jusqu'au dispositif de franchissement.

En outre, les clôtures permettent aussi de protéger le terrain ferroviaire. En effet, certaines espèces dont les lapins et les blaireaux qui sont des fouisseurs creusent des galeries en dessous des emprises ferroviaires et peuvent abîmer les voies en surface (CARSIGNOL J. TEKIELAK G., 2019).

Une clôture classique est composée, d'un grillage fixé par des poteaux. En fonction de la faune présente sur le site, il est possible d'adapter le type de mailles (BJORN et al., 2003). Certains animaux sont capables de creuser plusieurs centimètres en dessous de la clôture pour la traverser, il est donc recommandé d'enterrer la partie basse de la clôture.

La neige doit nécessiter un point d'attention. En effet, dans les zones enneigées, une hauteur minimale doit être garantie pendant l'hiver pour éviter qu'un animal puisse passer le grillage grâce à la neige.

Les prix estimés peuvent être présentés de cette façon (CARSIGNOL J. TEKIELAK G., 2019) :

- Clôture standard grande faune 1,8 - 2,0 m, 35 à 50 € HT/ml (fourniture : 2 à 3 € HT / ml)
- Clôture petite faune 1,40 m (maille soudée 25 x 25 ou 25 x 13 mm) : 10 à 20 € HT / ml
- Clôture batracien (maille 6,5 x 6,5 mm) : 10 à 20 € HT/ml.

4.2. Les clôtures adaptées à la biodiversité

La clôture a souvent un effet filtre. En fonction du type de dispositif installé, elle risque de laisser passer un certain type de faune et d'en empêcher d'autres. Comme précisé plus haut, une clôture n'est jamais complètement étanche. Cependant il est recommandé que cette perméabilité soit désirée pour limiter les blessures lors de la traversée de l'animal.

La clôture adaptée à la biodiversité permet le passage d'une petite faune. les taxons qui vont passer ces ouvertures dépendent de la taille de l'ouverture. Il existe deux types de passage, celui créé par la surélévation du dispositif et celui créé par l'espacement entre différents piquets ou la taille de la maille d'un grillage.

4.2.1. Passage en dessous de la clôture

Une ouverture de 10 à 20 cm est nécessaire pour la petite faune (BRUXELLES ENVIRONNEMENT, 2019). Plus l'ouverture est grande plus elle peut bénéficier à des espèces différentes. Ces ouvertures sont nécessaires au moins tous les 15 mètres.

Bruxelles environnement dans son document sur les clôtures pour la faune évoque les clôtures en châtaignier. Ce sont des clôtures en bois avec des piquets enfoncés dans le sol d'1/3 de leur longueur. Les piquets sont coupés à leur base pour laisser un espace de passage de hauteur supérieure ou égale à 10 cm. Si la clôture est de l'ordre de 50 à 60 cm de haut, il est conseillé de mettre 2 fils tendeurs, si la clôture est supérieure à 80 cm de hauteur, un troisième fil risque d'être nécessaire.



Figure 26: Illustration de clôture laissant un espace de passage au sol
Source : (BRUXELLE ENVIRONNEMENT, 2019)

D'autres exemples de clôtures surélevées peuvent exister :

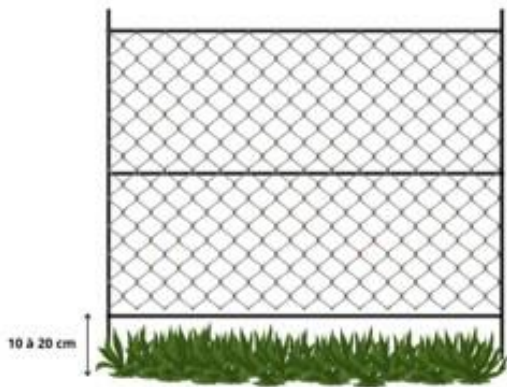


Figure 27: clôture maillée avec un espace au sol de 10 à 20 cm

Source : D'après (BRUXELLE ENVIRONNEMENT, 2019)

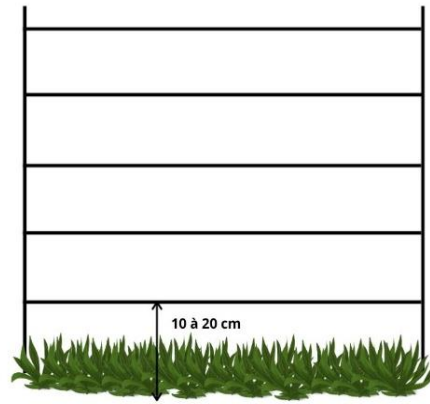


Figure 28: Clôture sans mailles avec un espace au sol de 10 à 20 cm

Source : D'après (BRUXELLE ENVIRONNEMENT, 2019)

4.2.2. Passage entre les piquets ou mailles d'une clôture



Clôture en châtaignier aménagée par Bruxelles Environnement avec une ouverture (lattes raccourcis en bas) - © Bruxelles Environnement

Figure 29: Clôture en châtaignier aménagée par Bruxelles Environnement

Source : (BRUXELLE ENVIRONNEMENT, 2019)

Des exemples peuvent être présentés pour cette partie comme les clôtures en châtaignier.

Ce dispositif est constitué de piquets reliés entre eux par des fils tendeurs et la particularité est que 3 piquets sont coupés tous les 15 m pour permettre le passage de la petite faune (BRUXELLES ENVIRONNEMENT, 2019). Les animaux les plus fins et petits peuvent passer entre les piquets et les plus grands ont la possibilité de traverser tous les 15 m.

D'autres exemples peuvent être illustrés, c'est le cas des mailles supérieures ou égale à 10x10 cm.

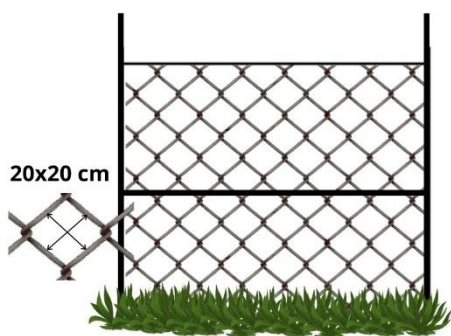


Figure 30: Clôture avec des mailles de dimensions 20x20 laissant passer la petite faune

Source : D'après (BRUXELLE ENVIRONNEMENT, 2019)

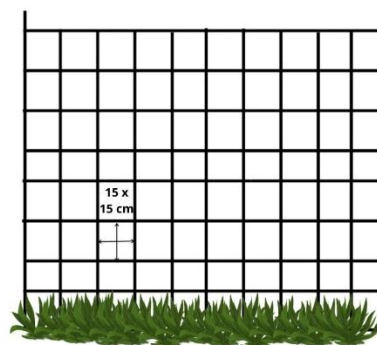


Figure 31: Clôture avec des mailles de dimensions 20x20 laissant passer la petite faune

Source : D'après (BRUXELLE ENVIRONNEMENT, 2019)

Les clôtures adaptées à la biodiversité sont souvent celles avec le moins de matériels et avec des designs simples. Elles sont donc probablement moins coûteuses que les clôtures classiques mises en place en gare. Les clôtures en bois comme d'autres dispositifs sont rarement perçues comme des dispositifs pouvant être adaptée à la biodiversité. Pourtant, sur certains sites, elles sont véritablement bénéfiques à la petite faune locale.

Par exemple, une clôture en bois proche de deux espaces végétalisés peut être observée à la gare de Nîmes Pont-du-Gard. Aucune réflexion lors de la conception du projet n'a concerné les clôtures adaptées à la biodiversité alors même que des couleuvres ont été observées sur le site et que c'est une zone Natura 2000.

Pour aller plus loin :

BJORN et al. (2003). Wildlife and Traffic : A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions. *Rapport Cost 341*.

BRUXELLE ENVIRONNEMENT. (2019). Recommandations techniques bâti et biodiversité clôtures favorables au passage de la faune.

BUTON C. et al. (2020). Etat des connaissances et retour d'expérience sur les dispositifs de sortie des clôtures pour les ongulés sauvages. *ITCOP*.

CARSIGNOL J. TEKIELAK G. (2019). Clôtures routières et ferroviaires & faune sauvage, Critères de choix et recommandations d'implantation. *CEREMA*.

CEREMA. (2021). passages à faune. préserver et restaurer les continuités écologiques, avec les infrastructures linéaires de transport.

CLERGEAU P. (47-57). Utilisation des concepts de l'écologie du paysage pour l'élaboration, d'un nouveau type de passage à faune. gibier faune sauvage. 1993.

Müller et Berthoud. (1994). Sécurité faune/trafics. Manuel pratique à l'usage des ingénieurs civils. *Ecole polytechnique de Lausanne*.

III. Les Dispositifs Anti-collisions et Anti-Electrocution

Les dispositifs anti-collisions sont des éléments architecturaux qui sont censés réduire voire rendre nul le nombre de collisions de l'avifaune avec un élément de gare. Il est possible de les classer en plusieurs catégories, ceux pour diminuer les collisions avec le trafic ferré (non réellement présentés dans cette notice), ceux pour diminuer les collisions avec le vitrage et enfin ceux pour diminuer le nombre de collisions avec les lignes électriques. Ces derniers éléments architecturaux peuvent présenter des risques autres que la collision, liés à l'électrocution. Les dispositifs réduisant ce dernier risque sont aussi présentés dans cette partie.

1. Les solutions pour les collisions avec le trafic ferré

En zone urbaine, le nombre de collisions de la faune avec le trafic ferré ne semble pas être un enjeu majeur. Les spécialistes des passages à faune pensent que ce nombre est très faible. Cependant, ils ne s'intéressent pas aux animaux comme la petite faune, car ces derniers ne sont pas à l'origine d'incident majeur avec le réseau ferroviaire.

En effet, pour eux la mise en place de dispositif est corrélée avec un risque élevé de collisions et donc l'impact produit (mise en danger de la sécurité, mauvaise régulation des trains...). En 2018, c'est 1432 incidents et 207 172 minutes perdues (LE SAY M., 2019) sur le trafic ferré causés par une collision avec un animal.

Certaines études témoignent des effets du trafic ferré sur la petite faune comme le phénomène de propulsion des papillons (PENONE, 2012) empêchant leurs migrations. En revanche, aucun chiffre ne permet de se rendre compte de l'ampleur de cet effet.

Une attention plus grande dans ces recherches a donc été faite pour les autres types de collisions possibles en gare. Le vitrage ou encore les lignes électriques sont des objets architecturaux, sujets à ces problématiques.

2. Les solutions pour les collisions avec le vitrage

Le vitrage constitue un important risque de collision pour l'avifaune notamment pour ces caractéristiques de transparence et de réflexion de la lumière (SCHMID et al., 2010). Il est donc possible de travailler sur cet élément architectural pour limiter les dangers lors du déplacement des animaux. Ce risque concerne autant les bâtiments que les panneaux publicitaires ou encore que le vitrage d'abris bus.

Des recommandations générales peuvent être suggérées :

- **Eteindre au maximum les lumières la nuit** : la lumière attire les animaux qui ne verront pas forcément la vitre et risquent de la percuter. Il est donc primordial de penser à éteindre les bâtiments mais aussi les panneaux publicitaires. Cette recommandation participe également à la diminution de la pollution lumineuse et donc à la tranquillité nocturne de la faune.

- **Baisser les stores** : cette recommandation peut être appliquée après le travail ou pour le week-end afin que quand le bâtiment n'est pas utilisé, les surfaces vitrées puissent être mieux repérées par l'avifaune.
- **Eloigner les grandes plantes des vitres** : la végétation peut attirer les oiseaux vers la surface vitrée.

Une étude (SORDELLO R. et al., 2022) a montré que la présence de graffitis ou de vitre sale sur un abris à bus limitait le risque de collisions.

2.1. Le vitrage moins réfléchissant et moins transparent

Il est recommandé selon le guide *les oiseaux, le verre et la lumière dans la construction* d'assurer un taux de réflexion du vitrage extérieur de maximum 15 % (SCHMID et al., 2010). Cependant, la transparence reste problématique.

2.1.1. Repenser la vitre pour diminuer le pouvoir réfléchissant

En architecture, il est possible de créer des vitres qui par leur forme diminuent le nombre de collision.

Voici des formes innovantes de vitrage qui peuvent être imaginées (SCHMID et al., 2010) :

- **Les vitres bombées ou des vitres inclinées** : l'idée est que la forme de la vitre ne permette pas de refléter l'environnement extérieur et donc que l'animal puisse se rendre compte qu'il existe une surface infranchissable.
- **Du vitrage coloré** : la couleur va permettre d'offrir une protection puisque certains taxons pourront se rendre compte du leurre. Cependant, ce n'est pas une protection suffisante puisque les vitres seront toujours réfléchissantes.



Figure 32 : l'ancienne vitrine internationale de Citroën, située au 42, avenue des Champs-Élysées dans le 8e arrondissement de Paris.

Source : Trameverteetbleue.fr



Figure 33 : Balustrade de balcon translucides
Source : Vogelfreundliches Blaen mit Glas

- **Le vitrage translucide** : ce dispositif a aucun impact sur l'oiseau qui a conscience que la surface vitrée est présente. Le vitrage translucide permet une bonne diffusion de la lumière si la matière est bien choisie.

- **Les vitrages décomposés en plus petites unités** : le principe est de créer plusieurs vitres séparées les unes des autres. Plus il y a de vitres et plus leur taille sont petite plus l'efficacité de ce vitrage fera ses preuves. Si l'unité est plus grande que 40 cm x 40 cm, elle est trop grande pour être efficace.

2.1.2. Les systèmes de pare-soleil et stores

Le principe est d'installer, des stores, des pare-soleil, des ombrières qui participent à masquer en partie la vitre. Au départ, ce dispositif sert à empêcher le passage des rayons du soleil mais il permet aussi de diminuer les réflexions et la transparence des vitres (SCHMID et al., 2010).

Ce dispositif offre une bonne protection même si les stores sont positionnés de façon horizontale. Il permet aussi d'éviter de propager la lumière intérieure du bâtiment vers le ciel.

Il permet également de mutualiser les enjeux de biodiversité avec ceux environnementaux.

Le pare-soleil a un objectif effectivement premier de régulation thermique afin de limiter les rayons du soleil à l'intérieur du bâtiment.



*Figure 34: dispositif de pare-soleil
Source : (SCHMID et al., 2010)*

2.2. La Vitrophanie

La vitrophanie est une technique qui consiste à coller un plastique avec des motifs sur la vitre à l'intérieur d'un bâtiment ou sur une paroi extérieure. Le dispositif peut prendre la forme d'autocollants qui représentent des rapaces ou alors des bandes verticales ou horizontales d'une couleur foncée toujours dans la perspective de rendre visible la vitre.



*Figure 35: dispositif de vitrophanie
Source : comvitro.fr*

Cependant, il existe toujours un risque qu'un oiseau percute la vitre entre deux motifs, c'est notamment possible si l'espace laissé est supérieur ou égale à celle des espèces d'oiseau présentes sur le site de l'aménagement.

L'efficacité de ce dispositif est contestée. D'après une étude (Schmid et al, 2008), les stickers en forme d'oiseaux ne limitent pas

beaucoup les collisions. Les bandes verticales avec un large recouvrement seraient plus propice à protéger la biodiversité (BIBER, 1998).

Il est notamment connu que les oiseaux perçoivent beaucoup mieux le blanc que le noir, ce qui peut définir la couleur des stickers pour augmenter leur efficacité (Environnement et Nature, 2021).

Ce dispositif est d'autant plus intéressant pour des vitres déjà posées, il permet de les modifier sans devoir remplacer toutes les vitres.

2.3. La Sérigraphie

La sérigraphie est une technique de gravure de vitrage. Les motifs sont directement marqués sur les vitres. Cette technique permet pour les nouveaux bâtiments voyageurs d'avoir une bonne entrée de lumière dans la gare et une bonne vue de l'intérieur vers l'extérieur tout en protégeant l'avifaune des collisions (SCHMID et al., 2010).

Ces deux dernières techniques peuvent être dérangementes pour l'œil humain au départ, mais il s'y habitue.

L'hypothèse de l'absence d'application en gare des techniques de vitrage présentées peut donc être liée au confort visuel des usagers, en fonction du dispositif, l'utilisateur peut moins voir l'extérieur. Cependant, la sensibilisation d'une part pour expliquer ce changement de vitres et d'autre part faire en sorte que le vitrage apporte un maximum de luminosité peuvent compenser cette absence de confort. L'intervention de l'association nationale des architectes des bâtiments de France, notamment lorsque le projet est dans un site proche de monument historique peut aussi être un obstacle.

3. Les solutions pour les collisions avec les lignes électriques

Les lignes électriques, comme présentées précédemment, présentent des risques de collisions et d'électrocution. Les mesures qui semblent les plus propices à la tranquillité de la faune sont également celles les plus difficiles à envisager. La première mesure doit être pensée la plus en amont du projet. Il s'agit d'imaginer un tracé de lignes électriques qui passerait le moins possible par des zones à forts enjeux de migrations. De la même manière, il serait idéal de pouvoir mettre les lignes électriques parallèlement au sens de migrations.

Cependant, parfois les contraintes obligent les lignes à traverser perpendiculairement un itinéraire de migrations. Certains dispositifs peuvent alors être pertinents en second recours.

3.1. Au niveau des poteaux électriques

3.1.1. La configuration du pylône

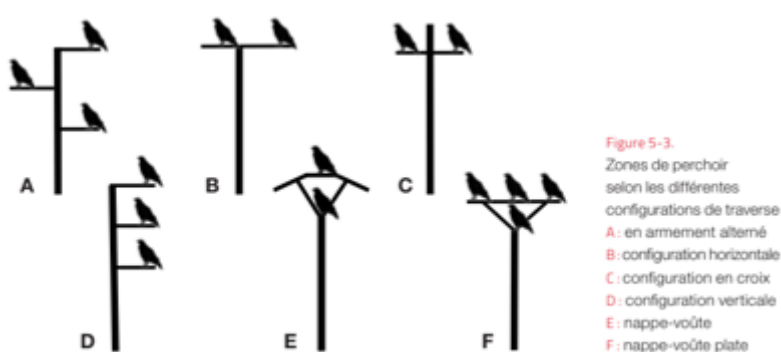


Figure 36 : schéma des différentes configurations de poteaux
Source : (Martin et al., 2019)

Le risque d'électrocution est étroitement lié à la manière dont l'animal va toucher deux points à potentiels différents. Les traverses les moins dangereuses sont celles avec une disposition horizontale (B) ou un armement alterné (A) avec des isolateurs suspendus. Le risque diminue quand la séparation entre la branche inférieure et le conducteur de la branche supérieure est plus grande que 1,5 m. La nappe en voûte (E) présente également un risque moindre, si la distance entre le sommet de la voûte et les conducteurs est supérieure à 1 mètre (MARTIN et al., 2019).

Les configurations, A, B et E sont donc celles qui limitent au maximum les risques sur l'avifaune.

Un pylône en bois ou béton est plus favorable qu'un élément métallique. De plus, l'espacement entre des fils de phases opposés a une incidence directe sur l'augmentation ou la diminution du risque d'électrocution. L'efficacité de cette adaptation est évaluée comme totale parmi les modalités évaluées comme élevé parmi les modalités suivantes : très élevé, élevé, moyen-faible, faible (Martin et al., 2019).

3.1.1. Rendre les pylônes moins attractifs

Dans la littérature scientifique et grise, il est possible de retrouver des injonctions à ne pas laisser la possibilité à l'avifaune de se poser d'une manière ou d'une autre sur les poteaux électriques (Martin et al., 2019, Roche P. et al., 2021). Le principe étant que si aucun habitat n'est accessible pour la faune sur les structures électriques, la fréquence de pose d'un oiseau sur les lignes diminue, ce qui diminue également la probabilité d'électrocution.

Les mesures pouvant être proposées sont de diminuer la hauteur du mat, diminuer la disponibilité de nourriture (notamment dans une zone en ville), créer des nichoirs plus attractifs et sécurisés éloignés de la gare.

Ces indications sont particulièrement suivies en France quand la biodiversité est prise en compte dans les projets. Le principe étant que si aucun habitat n'est possible pour la faune sur les structures électriques, la fréquence de pose d'un oiseau sur les lignes diminue, ce qui diminue également la probabilité d'électrocution.

Cependant, d'autres pays ont une opinion différente, c'est le cas notamment de la Chine. D'après l'équipe design d'AREP, ce pays a tendance à ajouter des dispositifs au sommet des pylônes pour que les oiseaux puissent nicher. En effet, les pylônes électriques sont souvent plus élevés que les arbres environnants. Ils présentent une zone particulièrement attractive pour certains taxons qui craignent les prédateurs terrestres. Les nichoirs sur les pylônes facilitent aussi l'expansion de certaines espèces (Garrido J.R. & Fernández-Cruz, 2003) ainsi que la chasse, puisque la hauteur des pylônes ainsi que les couloirs dégagés de végétations autour de ceux-ci leur permettent une grande visibilité sur l'espace au sol (Martin et al., 2019). De plus, comme les lignes électriques participent activement à fragmenter les habitats pour l'avifaune, favoriser la mise en place de nichoirs, permet de rétablir une partie de la continuité écologique.

En outre, mettre en place des nichoirs favorise aussi la multiplication des oiseaux qui s'y installeront. Par manque de place, certains oiseaux auront tendance à nicher dans d'autres endroits du pylône que ceux prévus pour. Ainsi, ces zones du pylône ne seront pas sécurisées, entraînant une augmentation du nombre d'électrocution.

Cette mesure est donc controversée et il ne semble pas y avoir de solution idéale pour assurer à la fois une continuité écologique et la régularité du trafic ainsi que l'absence d'incidents. Il existe cependant des alternatives envisageables à la fois pour une portabilité en gare et pour une pertinence en termes de biodiversité.

3.2. L'enfouissement des lignes électriques

Enfouir les lignes électriques reste le moyen le plus efficace pour rendre nuls les risques de collisions. Il permet aussi de ne pas fragmenter des lieux d'habitats. Cependant, le coût est quatre à cinq fois plus élevé que pour des lignes aériennes (Martin et al., 2019). De plus, l'installation d'un tel dispositif a un impact direct sur la faune des sols, ce qui entraîne un impact sur la végétation à la surface et toute la biodiversité qui y est liée. L'entretien de ces lignes se trouve être plus compliqué que pour des lignes aériennes.

La pertinence de ce dispositif semble donc fortement discutable, il peut être intéressant pour des cas particuliers mais probablement pas pour la majorité des projets.

3.3. Au niveau de la visibilité des lignes et de leur isolation

Si l'enfouissement des lignes ne semble pas être une mesure envisageable, il reste encore toutes les mesures liées à la visibilité des lignes. Si l'animal percute ces dernières, c'est parce qu'il ne les voit pas. Les dispositifs de visibilité des lignes permettent de répondre à cet enjeu.

3.3.1 Les câbles torsadés

Le principe des câbles torsadés est de ramener le risque d'électrocution à zéro en isolant et torsadant les fils, mais également de contrer les risques de collisions. En effet, il rend les lignes électriques plus visuelles pour l'avifaune. La structure du câble est alors composée de trois phases recouvertes individuellement par un matériau isolant. Ce dispositif est souvent complété par un dispositif anti-perchage car ces câbles présentent aussi un risque d'accrochage pour les animaux.

Leur coût est bien sûr plus élevé qu'un câblage habituel ce qui explique leur utilisation limitée. Il nécessite plus de points de supports, puisque le poids du câble est plus grand (MARTIN et al., 2019).

Bien que ces câbles présentent la limite de ne pas pouvoir dépasser une tension de 30kV, d'après le site de la SNCF, les lignes à grande vitesse ne dépassent pas les 25 kV. Les câbles torsadés pourraient donc être mis en place en zone ferroviaire.

L'efficacité de ce dispositif est cependant discutable. Il garantit normalement une protection pendant sa durée de vie estimée à 20 ans, cependant leur efficacité a été évaluée comme élevée parmi les modalités suivantes : Très élevée, élevée, moyen-faible, faible et elle s'atténue notamment avec le temps (Dwyer et al., 2017).

3.3.2. Des câbles de gardes de plus grande section

Les câbles de gardes de plus grande section sont des câbles avec un noyau de garde de type OPGW, un noyau de fibre optique d'au moins 20 mm de section. Ces câbles sont donc plus visibles. Cependant aucune étude a déterminé l'efficacité de ce dispositif. Son coût est évalué comme élevé parmi les modalités suivantes : Très élevée, élevée, moyen-faible, faible (Martin et al., 2019).

3.3.3 Les balises



Figure 37 : balise spirale
Source : 123rf.com

Les balises sont les dispositifs les plus utilisés afin d'éviter les collisions :

- Les spirales en PVC émettent un léger sifflement lorsque le vent souffle, provoquant un avertissement sonore pour les oiseaux qui le perçoivent grâce à leur ouïe fine.
- Les bandes en plastiques



Figure 38 : balise avisphère
Source : RTE france

- Les bandes néoprènes
- Les balises avisphères : ce sont des sphères métalliques bicolores photoluminescentes. Elles sont formées de deux demi-sphères émettant de la lumière. Un côté est de couleur rouge, l'autre blanche. Ce dispositif est le fruit d'un partenariat entre la RTE et la LPO, au sein du comité Avifaune (CNA).

Le site de la RTE (mettre adresse) indique les imensions souhaitées (50cm diamètre), et incite a les espacer de 35 mètres environs. Les nouvelles balises créées depuis 2014 ont une dimension plus épaisse de l'ordre de 60 cm de diamètre mais un espacement moins important de l'ordre de 30 mètres.

- Les lampes à néon rouge : ce sont dispositifs lumineux alimentés par le conducteur lui-même et repoussent les oiseaux, en rendant visible le système électrique.

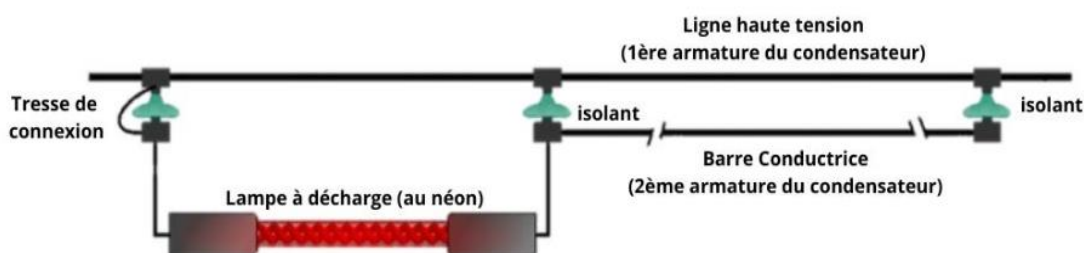


Figure 39 : Schéma d'une balise néon rouge
Source : Blog4ever

Les balises ont un coût évalué à moyen-faible parmi les modalités suivantes : Elevé-Très élevé, très élevé, élevé, Moyen-faible (Martin et al., 2019).

S'il est difficile d'évaluer le pourcentage d'efficacité, certaines études ont montré une efficacité qui varie de 10 à 90 %. Cependant rare sont ceux qui dépassent les 50 % (Barrientos et al., 2011). La nuit, la signalisation non-lumineuse n'est pas efficace (Drewitt et al., 2008), mais la signalisation lumineuse peut avoir des effets pervers : désorientation de l'animal, attraction et piégeage d'insectes. De plus, la pose de balise ne peut être que provisoire, car l'efficacité risque de diminuer avec le temps notamment due à la dégradation du dispositif. Il faut aussi prendre en compte le risque d'accrochage pour l'animal avec ce dispositif.

Si les balises présentent des caractéristiques intéressantes pour limiter les collisions, elles ne font pas partie des solutions les plus recommandées.

3.4. Les leurres

L'effarouchement visuel est un dispositif qui effraie les oiseaux par la mise en place d'effigies de rapaces aux sommets des pylônes. Il existe aussi des effarouchements sonores (imitation de cris de détresse) qui ont le même objectif. Ces dispositifs sont souvent combinés et utilisés dans le cadre aviaire, notamment dans les aéroports pour veiller à la sécurité plus que pour

limiter les impacts pour la faune. L'efficacité réelle de ces dispositifs est encore en cours d'évaluation mais une étude suisse (Hanagasioglu et al., 2015) souligne que les animaux peuvent s'habituer aux émissions sonores. Par exemple, ce dispositif n'a plus d'effet après quelques mois d'installation sur les pigeons en gare, d'après les spécialistes de la LPO (**Employés de la LPO, Benoit Viseux et Tanguy Borgarelli**). De plus, en gare, la nuisance sonore pourrait entraîner un inconfort pour les habitations proches du site, pour les usagers voire les employés. .

Il faut noter que ce dispositif peut générer des nuisances également pour l'animal (Sordello et al., 2021) et au lieu de le diriger vers une zone de traversée sûre, le désorienter et l'emmener vers des zones dangereuses ou perturber son horloge biologique. De plus, il limite les collisions des lignes électriques avec l'avifaune mais il ne favorise pas la connectivité écologique et peut même en être une barrière.

Il est possible de trouver sur Internet des effaroucheurs sonores allant de 70 à 1200 euros.

4. Penser aux cavités-pièges

La ville a tendance à un être un destructeur de cavité pour la faune. En effet, les habitations neuves laissent peu d'anfractuosités dans les façades où la faune peut nicher.

Les animaux ont effectivement tendance à nicher dans des cavités parfois dangereuses comme des poteaux creux de clôtures. L'animal peut alors se retrouver coincer à l'intérieur, se blesser en voulant y entrer ou se blesser en essayant de s'en échapper. Il faut donc d'une part boucher ces cavités représentant des pièges et d'autres part favoriser d'autres habitats en ville plus adaptés à des espèces animales.

4.1. Les poubelles fermées

En gare, les poubelles sont ouvertes. La poubelle, quand elle est ouverte, représente une cavité-piège pouvant attirer l'animal par la présence de nourriture, mais aussi le piéger.

Une poubelle fermée constituerait un mobilier de gare pour mettre ces déchets mais obstrué par un couvercle ou autre outil de fermeture.

L'absence de poubelles fermées peut s'expliquer par une contrainte de confort. Peu de passants jettent leur déchet dans une poubelle ouverte, car il faut soulever le couvercle et donc entrer avec une surface jugée comme sale. Ces contraintes pourraient être contournées par des design innovant qui permettrait à la fois de satisfaire l'utilisateur et de favoriser la biodiversité.



Figure 64: Les poubelles présentes dans les gares en France
Source : Le site Réseau et Connexion

Pour aller plus loin :

BARRIENTOS et al. (2011). Meta-analysis of the effectiveness of marked wire in reducing avian collisions with power lines. *Conservation Biology*.

BIBER J. (1990). Parois paraphones transparentes et collisions d'oiseaux.

- DREWITT, A. &. (2008). Collision effects of wind-power generators and other obstacles on birds. *Annals of the New York Academy of Sciences*.
- DWYER, J. H. (2017). Avian electrocutions on incorrectly retrofitted power poles. *Journal of Raptor Research* , 293-304.
- Environnement et Nature. (2021). Nature et bâti, Cohabiter avec la faune.
- GARRIDO J.R. & Fernández-Cruz, M. (2003). Effects of power lines on a White Stork *Ciconia ciconia* population in central Spain.
- LE SAY M. (2019, Juillet 2). Réseau ferré et collisions avec la faune : concilier régularité des trains et continuités écologiques. *SNCF réseau*. Paris, la défense, France.
- MARTIN et al. (2019). Les oiseaux et les réseaux électriques en Afrique du Nord. *Guide pratique pour l'identification et la prévention des lignes électriques dangereuse*.
- PENONE, C. (2012). Fonctionnement de la biodiversité en ville : contribution des dépendances vertes ferroviaires. P. 19.
- ROCHE P. et al. (2021). Sciences eaux territoires. Corridors écologiques et conservation de la biodiversité, intérêts et limites pour la mise en place de la Trame verte et bleue.
- SCHMID et al. (2010). Les oiseaux, le verre et la lumière dans la construction. *ASPAS*.
- SORDELLO R. et Al. (2022). Les déplacements des espèces volantes: vers la mise en oeuvre d'une "Trame aérienne" dans le cadre de la politique Trame verte et bleue ? *naturae*.

IV. Les dispositifs d'éclairage

La problématique de la luminosité pour la biodiversité est très importante. En 2018, un arrêté visant à limiter la pollution lumineuse permet en France de prendre en compte la luminosité dans les projets d'aménagement. Cependant, d'après l'ADEME, en 2020, plus de 35% des émissions lumineuses sont encore dirigés vers le ciel (CEREMA, 2020) générant des perturbations pour la faune nocturne.

Dans cette partie, les dispositifs d'éclairage seront étudiés à travers trois adaptations possibles ; Régler la couleur et la température de la lampe, optimisation du temps d'éclairage, adaptation des mâts des lampadaires.

1. Optimiser le temps d'éclairage

1.1. Eteindre

L'extinction de la luminosité est la technique qui semble être la plus pertinente en vue des études en termes de biodiversité. Son application en gare semble complexe, la sécurité en est la première raison : la responsabilité d'une chute causée par un manque de luminosité serait endossée par la SNCF (Nicolas Garand, responsable de l'exploitation de la gare de Nîmes Pont-Du-Gard). Le lien criminalité et luminosité a de plus été évoqués à plusieurs reprises lors des entretiens, tous métiers confondus.

En 2007, un document regroupant de nombreux articles a permis de déterminer ce qui fait consensus concernant la luminosité et la criminalité dans la littérature scientifique anglaise (Mosser S., 2007). Les conclusions de cette étude sont les suivantes ; une présentation des résultats à grande échelle est difficilement généralisable; pour certaines zones ponctuelles, il y a effectivement une véritable amélioration en termes de criminalités et une participation de manière générale à la diminution du sentiment d'insécurité. Cependant, une étude en Angleterre a montré que les différents scénarios d'éclairage (extinction, diminution, changement de lumière...) ne diminuent pas le taux de criminalité (Steinbach R. et al., 2015). Malgré des preuves scientifiques tenues, le sentiment d'insécurité lié à la lumière reste un facteur central pour les concepteurs des espaces urbains qui accueillent du public.

1.2. Allumage par détection de passages :

La détection de passage ou de présence est un dispositif qualifié d'intelligent puisqu'il permet de détecter la présence de quelqu'un ou le passage d'un véhicule. Le développement de ce dispositif a été favorisé par l'arrivée des LED qui ont permis le principe d'allumage et d'extinction successive. Ainsi ce dispositif s'ajuste au besoin des usagers et permet de laisser des plages de tranquillité pour la faune. Pour une grande efficacité, il faut veiller à ce que le détecteur de passage ne repère pas les animaux, notamment ceux de grandes tailles.

Il faut cependant noter que le phénomène d'éclairement puis d'extinction de la lumière peut créer aussi des phénomènes néfastes pour la faune, comme une réaction de stress pour l'animal qui prendra le clignotement de la lumière pour un danger potentiel (SORDELLO et al., 2021). Le changement brutal de luminosité peut aussi déclencher des phénomènes d'éblouissement ou d'aveuglement ou encore engendrer des comportements dangereux pour l'animal (THEVIENT P., 2015).

En outre, ce dispositif par son fonctionnement permet de faire des économies d'énergie et d'argent (IODICE M., 2022). Cependant, son coût de fourniture est qualifié de coûteux.

Le détecteur de présence est un des dispositifs les plus recommandé chez AREP et la SNCF à travers le guide de l'éclairage. Un nouveau guide va être édité, mais celui de 2019 recommande ce dispositif pour les voies de remisages notamment, mais aussi pour les passages souterrains (AREP, 2019).

1.3. Les dispositifs d'adaptation en fonction d'une période dans la journée :

Il est également possible d'adapter la puissance lumineuse en fonction d'une période de la journée. Effectivement, l'arrêté de 2018 impose des périodes d'extinction de la lumière.

En effet, il indique que :

- Les extérieurs destinés à la sécurité des déplacements des personnes et des biens ainsi que ceux pour le confort des usagers (excepté les accès PMR qui sont sous la réglementation du code du travail) sont à éteindre 1h après la cession des activités et à rallumer à 7h au plus tôt ou 1h avant la reprise de l'activité si celle-ci se déroule plus tôt.
- La mise en lumière du patrimoine peut être allumée au plus tôt au coucher du soleil et au plus tard à 1h du matin ou à la fermeture si c'est situé dans un parc, jardin ou un lieu qui ferme au public.
- Les bâtiments non-résidentiels peuvent être allumés au plus tôt au coucher du soleil et au plus tard à 1h du matin. Les éclairages intérieurs doivent être éteints 1h après la cession des activités et peuvent être rallumés à 7h au plus tôt ou 1h avant la reprise de l'activité si celle-ci se déroule plus tôt.
- Les parcs de stationnement peuvent être allumés au plus tôt au coucher du soleil et éteint 2 heures maximum après la cession de l'activité et rallumés à 7h au plus tôt ou 1 heure avant le début de la reprise de l'activité.
- Les chantiers en extérieur, peuvent être allumés au plus tôt au coucher du soleil et au plus tard à 1h après la cession de l'activité.

Pour assurer l'éclairage pour ces plages horaires, il est possible de choisir parmi ces dispositifs :

1.3.1. La Télégestion

La télégestion est une gestion de l'éclairage qui consiste à définir des horaires fixes d'allumage et d'extinction de l'éclairage. Il peut participer à la diminution de la pollution lumineuse s'il s'éteint complètement ou en partie au cœur de la nuit, mais il ne permet pas de s'adapter au besoin réel de l'éclairage comme de varier la puissance de la lumière.

1.3.2. L'horloge astronomique

L'horloge astronomique est prévue pour s'allumer et s'éteindre en fonction d'horaire spécifique lié au cycle solaire et à la position géographique du dispositif. Toutes les armoires électriques peuvent intégrer ce dispositif, il a l'avantage de pouvoir participer à la diminution de la pollution lumineuse mais il ne peut pas réellement s'adapter au besoin d'éclairage réel. Le coût estimé pour un tel dispositif est de 500 euros HT (SORDELLO et al., 2021).

1.3.3. Les Cellules photosensibles

Les cellules photosensibles s'adaptent en théorie facilement à la luminosité ambiante et donc au besoin réel de l'éclairage (SORDELLO et al., 2021). Par exemple, elles sont normalement capables

de s'adapter vis-à-vis de la luminosité apportée par la lune. Ce sont souvent des cellules réglées sur un seuil de 5 lux⁶.

Cependant, ce dispositif présente souvent des dysfonctionnements comme la possibilité qu'il s'allume en plein jour.

Son efficacité dépend de la capacité de détection des cellules photosensibles. La majorité des espèces animales sont perturbées par les éclairages en période de crépuscule et de l'aube. L'extinction est d'autant plus efficace plus elle est faite en amont.

2. Adaptation de la couleur et de la température de la lampe

2.1. Les lumières orangées

La lumière blanche a un impact néfaste sur la faune. D'après le tableau du CEREMA (en annexe 2.), la lumière émettant dans un large spectre est plus néfaste que celle émettant dans un spectre plus étroit. D'après une étude réalisée aux Pays-Bas, les couleurs émises par différentes lumières ont des impacts variés sur la faune (Commission Européenne, 2023). En effet, la lumière blanche et la lumière grise sont celles les plus néfastes à la tranquillité nocturne contrairement à la lumière rouge et orangés, plus favorables pour la biodiversité. Cependant, la lumière rouge n'est

demeure nécessaire									
	UV							IR	
Longueurs d'ondes (nm)	<400	400 - 420	420 - 500	500 - 575	575 - 585	585 - 605	605 - 700	>700	
									Lampes les « moins néfastes »
									Lampes néfastes mais aux impacts plus « modérés »
Poissons d'eau douce	x	x	x	x	x	x	x		- Sodium Basse Pression - LEDs Ambrées à spectre étroit
Poissons marins	x	x	x	x					- Sodium Basse Pression - Sodium Haute Pression
Crustacés (zooplancton)	x	x*	x*						- LEDs Ambrées à spectre étroit - LEDs Rouges
Amphibiens et reptiles	x	x	x	< à 500 et > à 550	x	x	x	x	- Sodium Basse Pression
Oiseaux	x	x	x	x		x	x	x	- Sodium Basse Pression - LEDs Ambrées à spectre étroit
Mammifères (hors chiroptères)	x	x	x	x			x		- Sodium Haute Pression - Fluo compacte (Blanc le plus chaud < 2700°K) - Tube Fluorescent (Blanc le plus chaud < 2700°K)
Chiroptères	x	x	x	x					- Sodium Basse Pression - Sodium Haute Pression
Insectes	x	x	x	x					- LEDs Ambrées à spectre étroit - LEDs Rouges

Figure 40 : Tableau comparant les perturbations occasionnées par la lumière en fonction des espèces

Source : (THEVIENT P., 2015)

pas une solution miracle la meilleure solution. : certains taxons seront plus impactés par certaines longueurs d'ondes, et il n'existe aucune lumière qui conviennent à tous les taxons. La lumière rouge impacte notamment la plupart des espèces de chauves-souris (autant que la lumière blanche).

⁶ C'est une mesure d'éclairement qui correspond au flux lumineux reçu par une surface éclairée d'un mètre carré. (THEVIENT P., 2015)

Ainsi, pour chaque espèce, il est possible d'identifier quelle longueur d'onde les impactent (Figure 40) (THEVIENT P., 2015).

>N2anmoins la réglementation a statué : la lumière doit être ajustée à une température n'excédant pas les 3 000 K, (arrêté de 2018 concernant la pollution lumineuse en ville). La réglementation est plus sévère vis-à-vis des espaces naturels. Elle statue sur une température maximale de 2400 K. Pour les parcs nationaux, c'est une température de 2700 K en agglomération et 2400 K hors agglomération qui est préconisée.

Ce sont ainsi les lumières émettant dans un spectre étroit qui sont donc à privilégier. Il faut, en effet, favoriser une lampe à sodium haute pression plutôt que des lampes à vapeur de Mercure ou encore des LED rouge-orangées plutôt que les LED blanches (CEREMA, 2020).

Les LED orangées ou ambrées sont proposées dans des catalogues chez les fabricants, elles ont une efficacité énergétique moindre par rapport au LED blanche et elles sont plus coûteuses. De plus, les lumières orangées sont moins préconisées dans les projets, car ils entraînent une diminution du confort visuel par rapport à la lumière blanche.

Cependant, elles sont un bon compromis entre luminosité et biodiversité.

Au niveau d'AREP, les recommandations suivent la réglementation de 2018. Les prescriptions sont les suivantes : ne pas éclairer vers le ciel, éviter les angles trop proches de l'horizontale et mettre des éclairages extérieurs avec des lumières à une température de 3000 k. Toutes ces recommandations sont renseignées dans le guide de l'éclairage communs à la SNCF et AREP (AREP, 2019)⁷.

Seul les voies de remisages et les quais extérieurs ont l'autorisation d'avoir une température jusqu'à 4000 k et ne sont pas concernés par l'arrêté de 2018. Cette exception peut être liée à des enjeux de sécurité dans un lieu où les employés sont très proches des trains et où une bonne visibilité est nécessaire.

Les retours d'expériences ont notamment relevé que dans le technicentre de Montigny-lès-Metz (Charles d'Edouard Soulet, architecte sur le projet de la gare de Montigny-lès-Metz), la MOA a refusé des strates de végétation haute pour une question de visibilité mais aussi une lumière allumée sur tous le site même la nuit car les activités du centre ne s'arrêtent pas la nuit.

Il pourrait cependant être possible dans des technicentres de différencier les zones et d'éteindre ou d'adapter l'éclairage dans des zones où le besoin n'est pas assuré toute la nuit.

1.2.1 Le dispositif BugSaver de l'entreprise BEGA :

L'entreprise BEGA est une entreprise spécialisée dans les fournitures liées à l'éclairage. Il propose dans son catalogue, un dispositif de lampadaire changeant de température et de puissance lumineuse en cours de nuit.

En fonction de l'heure, la température se modifie. En début de nuit, elle est de 3000 K et en milieu de nuit (de minuit à 5h du matin) elle se dirige vers une chaleur plus chaude de 1800 K. Ce changement s'accompagne également d'une réduction de la puissance lumineuse en milieu de nuit et d'un changement de couleur. La lumière blanche-orangée, devient ambré-orangée.



Figure 42 : Plage horaire du dispositif
Source : Bega.com

⁷ Une nouvelle version est, lors de la rédaction de cette notice, en train d'être finalisée

Ce dispositif est dirigé à distance via un appareil de commande de l'entreprise ou une gestion d'éclairage DALI de niveau supérieur.

AREP ne dispose pas de retours d'expérience pour ce dispositif. Le dispositif est plus onéreux qu'un dispositif plus simple constitué d'une lampe émettant de la lumière blanche s'étendant sur une plage horaire large, mais éteint pendant quelques heures en pleine nuit et il serait probablement moins efficace.

Le mieux serait d'avoir dès le début et la fin de nuit une haute température de 1800 K et une extinction en milieu de nuit. En effet, les périodes crépusculaires sont celles les plus importantes pour l'activité de la faune, le dispositif de BugSaver ne permet pas de prendre en compte cette information.

Ce dispositif serait probablement potable en gare avec un budget élevé pour la lumière dans le projet, mais pas celui le plus optimal.

3. L'orientation du flux lumineux

3.1. Arranger les mâts

Les articles de littératures scientifiques ou grises évoquent la nécessité de diriger le flux de lumière vers le sol. Le principe est d'éviter d'avoir un flux de lumière s'élevant vers le ciel qui constitue une forte nuisance pour les oiseaux migrateurs. En effet, les particules de lumières s'associent avec les particules en suspension dans l'atmosphère créant un halo lumineux bien visible au-dessus des villes empêchant les animaux de se repérer grâce à la lumière de la lune ou des étoiles (SORDELLO et al., 2021). De la même manière, la hauteur des mâts permet d'assurer un flux lumineux en direction du sol.

La direction du flux lumineux vers le sol est encadrée par l'arrêté de 2018, qui préconise des lampadaires qui n'émettent pas de lumière à plus de 4 % de la lumière totale émise, pour les parcs de stationnement et les éclairages extérieurs.

Pour calculer cette émission, c'est le rapport URL qui est calculé. Il correspond à la lumière émise au-dessus de l'horizontale divisée par le flux total sortant du luminaire (ComatelecSchröder, 2020).

Les lumières de façades ou de mise en valeur du patrimoine ou la végétation sont des dispositifs particulièrement néfastes, puisque, ils sont généralement tournés vers le ciel et éclairent la végétation, nuisant à la flore et à la faune qui y habite.

Dans l'arrêté de 2018, les éclairages de mise en valeur du patrimoine sont censés être désormais éteint à partir de 1h du matin ou à la fermeture du parc si la lumière en question s'y situe à l'intérieur d'un site qui ferme.

Parmi les recommandations du CEREMA, on peut retrouver une injonction à éloigner les points lumineux des uns des autres pour créer des espaces sombres permettant à la faune de se déplacer (CEREMA, 2020). Cette technique ne permettra pas forcément de recouvrir l'entièreté du chemin illuminé sans rajouter de mâts mais le principe est de faire des ouvertures dans la barrière que représente la lumière.

3.2. Dispositif de coupe-flux :

Le dispositif de coupe-flux est un lampadaire muni d'un défilement qui peut prendre une forme de simple extension du luminaire et qui consiste à dissimuler la source lumineuse à la vue de l'observateur (Michalski S. et al., 2020). Il en existe de plusieurs formes. Ce coupe-flux diminue l'éblouissement par la lumière en dehors de la surface utile et le fait converger de manière plus directe vers l'orientation donnée au luminaire (de préférence le sol). Le coupe-flux participe directement à l'atténuation de l'attraction des espèces vers la source lumineuse. L'efficacité de ce dispositif est d'autant plus assurée s'il est complété par une première orientation du flux vers le sol.



Figure 43 : Un Exemple de dispositif coupe-flux
Source : (SORDELLO et al., 2021)

3.3. Utiliser des lampadaire défilé (full cut-off) :

Les lampadaires défilés ont la particularité d'avoir une intensité de 0 candéla à un angle de 90 degrés par rapport à son axe vertical descendant. C'est un dispositif orienté strictement à l'horizontale. Il participe donc à empêcher le phénomène d'éblouissement.

2.4. Choisir un revêtement de sol moins réfléchissant :

Pour diminuer le réfléchissement vers le ciel de la lumière émise par les lampadaires, il faut choisir un sol avec un faible coefficient de réflexion. Attention, les sols reflétant le minimum de lumière sont des sols végétalisés. Il serait alors absurde de vouloir illuminer les sols végétalisés.

Il faut donc avoir un bon compromis entre un faible coefficient de réflexion et en sol en cohérence avec la volonté de diminuer les nuisances pour la biodiversité

REX-Le projet Luciole de la ville Lille

Le contexte du projet : Le projet a été initié par la ville de Lille pour diminuer l'impact de la pollution sur les chiroptères et les papillons de nuit fortement impacté dans la ville.

Lieux : un espace semi-naturel à Lille (le parc de la Citadelle)

L'aménagement comprend :

- La mise en place de 300 dispositifs émettant de la lumière sur une bande de 2600 mètres de long.
- L'installation de LED ambrées de 1700 K en période d'activité des chiroptères, de 2200 K en semaine de transition et de 2700 K en période hivernale.
- Une gradation de lumière pour la première partie de la nuit (allumage en fonction du type d'usages de la voie, voiture, vélo, piéton)
- Un allumage à détection de présence par infrarouge en seconde partie de nuit.

Le budget : l'Union Européenne finance 70% des réalisations pour un budget de 620 000 euros. A la fin de l'année 2017, le projet Luciole a été mis en service.

Source : (La ville de Lille, 2024)

Pour aller plus loin...

(2024). Récupéré sur BEGA: <https://www.bega.com/fr-fr/>

AREP. (2019). guide de l'éclairage des gares, ateliers et bureaux.

CEREMA. (2020). AUBE-Aménagement, urbanisme, biodiversité, éclairage.

Comission Européenne. (Novembre 2023). Light Pollution: Mitigation measures for environmental protection.

IODICE M. (2022). La gestion économe des installations d'éclairage public, Etat de l'art et application. *Voirie, espace publics: des solutions économes, fiche n°5, CEREMA*.

La ville de Lille. (2024, 02 06). *Le projet « Luciole »*. Récupéré sur lille.fr: <https://www.lille.fr/Votre-Mairie/Lille-en-bref/Une-ville-durable/Le-projet-Luciole#:~:text=LUCIOLE%20est%20une%20op%C3%A9ration%20qui,n%C3%A9gatifs%20de%20l'%C3%A9clairage%20public>.

MOSSER S. (2007). Eclairage et sécurité en ville: l'état des savoirs. 77-100.

SORDELLO et al., R. (2021). Trame noire, méthodes d'élaboration et outils pour sa mise en œuvre. *OFB*.

STEINBACH R. et al. (2015). The effect of reduced street lighting on road casualties and crime in England and Wales: controlled interrupted time series analysis. *J Epidemiol Community Health*.

THEVIENT P. (2015). Eclairage du 21ème siècle et biodiversité. *Les cahiers biodiv'2050*.

V. Les toitures et Façades végétalisées

Les toitures et façades végétalisées peuvent participer de manière direct ou indirect à la connectivité écologique. En effet, elles peuvent être des habitats pour la faune mais elles peuvent aussi créer des liens entre deux espaces propices à la faune. Les toitures végétalisées sont des espaces sur le toit ou sur une terrasse qui accueillent de la végétation. La façade végétalisée est quand-à-elle une surface d'un mur qui peut accueillir de la végétation qui est soit plantée au sol et qui grimpe ou alors qui est plantée directement sur la façade.

L'association ADIVET⁸ regroupe les acteurs de la fabrique de la ville et propose différents types d'accompagnement notamment des groupes de travail évoquant; les formation, les règles de construction et DTU, les outils de planification ou encore référentiel des performances écosystémiques des projets.

1. Les toitures végétalisées

1.1. Les différents types de toitures végétalisées

L'artificialisation des sols a un effet sur la diminution des espaces verts en ville. Les toitures végétalisées permettent d'inclure de la nature en milieu urbain en remplaçant les toits nus par de la végétation. Les toitures ne remplacent pas les espaces végétalisés au sol (Johan H., 2020) mais elles peuvent permettre de réduire la fragmentation des habitats et de répondre à l'enjeu de connectivité écologique en reliant des zones d'intérêt faunistique.

Une toiture végétalisée est composée de végétation, d'un substrat, d'une couche d'étanchéité et d'un isolant. Elle peut être apposée directement sur la toiture et prendre tout l'espace de cette dernière, elle peut être mise en place grâce à un système modulaire pré-planté ou alors être planté dans des unités indépendantes de taille réduite accolées les unes aux autres et posées sur la toiture.

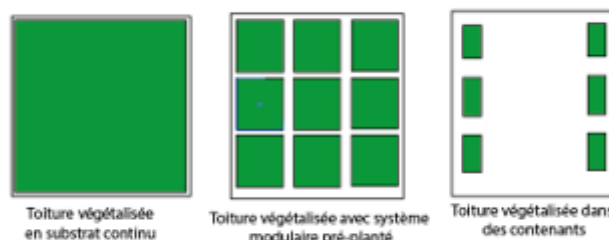


Figure 45 : typologie de l'emprise au sol de la végétation de la toiture
Source : D'après (DOURCELLE A., 2018)

La méthode de système modulaire pré-planté est avantageuse pour son faible coût économique et sa facilité de réversibilité, mais au niveau de la biodiversité la mauvaise répartition de l'eau et des nutriments entre les plantes ne permet pas un bon développement diversifié de la strate végétale, ce qui nuit à la faune. La toiture peut aussi être végétalisée uniquement par la présence de bacs ou jardinières qui sont remplis de substrat. De la même manière, les avantages en termes de coût et de réversibilité rendent ces toitures plus accessibles. Cependant, la connectivité

⁸ adivet.net

écologique semble être peu développée par ce biais. En effet, ces types de plantation créent des espaces discontinus ne permettant de couvrir l'ensemble de la toiture. Il est bien évidemment possible de coupler plusieurs formes de toitures (MAIRIE DE PARIS, 2017).

Il existe plusieurs types de toitures végétalisées, la typologie la plus utilisée est celle qui les catégorise en fonction de l'épaisseur du substrat :

- La première toiture est celle dite "extensive". L'écart de taille du substrat varie selon les articles scientifiques, mais en moyenne le substrat a une épaisseur de l'ordre de 3 à 12 cm.
- La deuxième toiture est celle dite "semi-intensive", en moyenne le substrat est de 12 à 30 cm
- La dernière toiture est celle dite "intensive", en moyenne le substrat est de 30 à 80 cm

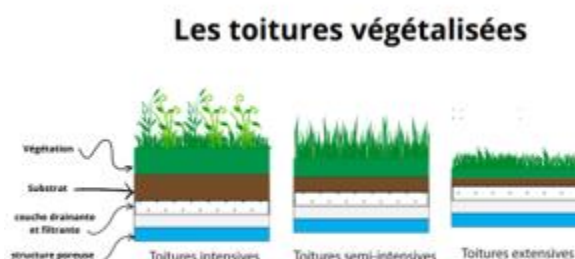


Figure 46 : Typologie de toitures en fonction de l'épaisseur du substrat
D'après (JOHAN H. et al., 2017-2020)

Il faut de plus noter que pour les toitures végétalisées, la mairie de Paris met en avant un autre type de toiture qui est celle dite "semi-naturelle", la différence réside alors dans la fonction. En effet, le guide distingue les semi-intensifs plus esthétiques, des semi-naturelles qui seraient plus propices à accueillir de la biodiversité notamment grâce à un entretien moins régulier. L'épaisseur du substrat est en moyenne la même entre la toiture « semi-intensive » et celle « semi-naturelle ».

Pour ce qui est des caractéristiques, voici un résumé dans ce tableau (MAIRIE DE PARIS, 2017), (NATUREPARIF, 2011) :

TYPES	EXTENSIF	SEMI-INTENSIF	SEMI-NATURELLE	INTENSIF
HAUTEUR DE LA VÉGÉTATION	3 À 20 CM	10 À 50 CM	10 À 50 CM	50 CM ET PLUS
TYPES DE VÉGÉTATION	SÉDUMS, MOUSSE, PETITES VIVACES	PLANTES PEU EXIGEANTE EN EAU ET NUTRIMENTS; SÉDUMS, GRAMINÉES, HERBACÉES VIVACES, BULBES, PETITS ARBUSTES	PLANTES AVEC INTÉRÊT POUR LA FAUNE; GRAMINÉES, BULBES, HERBACÉES, VIVACES, ARBUSTES (A PETIT DÉVELOPPEMENT)	HERBACÉES, ARBUSTES, ARBRES (SI L'ÉPAISSEUR DU SUBSTRAT LE PERMET)
ENTRETIEN	FAIBLE (1 À 2 FOIS/AN)	MOYENS (PASSAGE PLUS EN ÉTÉ 5 À 8 FOIS/AN)	FAIBLE (2 FOIS/AN, FAVORISER LE DÉVELOPPEMENT LIBRE DE LA VÉGÉTATION)	FORT (COMME UN JARDIN CLASSIQUE)
ÉCOLOGIE	-	+	++	+++
PORTANCE	30 À 150 KG/M ²	150 À 350KG/M ²	150 À 350 KG/M ²	PLUS DE 350 KG/M ²
COÛT	25-100 €/M ²	100-200 €/M ²		PLUS DE 200€/M ²

Figure 47 : Tableau de comparaison des différentes toitures végétalisées
Source : D'après (JOHAN H. et al., 2017-2020)

En plus de distinguer le type de substrat, il existe également plusieurs manières de planter sur une toiture (NATUREPARIF, 2011) :

- Le tapis : c'est un couvert végétal généralement pré-cultivé. Cette plantation est peu coûteuse et facile à mettre en place mais le substrat est fin et comporte un nombre faible d'espèces végétales majoritairement du Sédum.
- Le semis : une plantation de graine directement sur la toiture, ce système permet de diversifier la strate végétale mais demande un arrosage régulier et il faut des conditions climatiques optimales pour la germination et la croissance des plantes.
- Enfin la plantation en motte ou godets qui est une plantation ponctuelle et pré-cultivée avec une couverture végétale assez lente et dont le succès dépend de la qualité du substrat. Les godets sont plus onéreux mais ont un substrat plus épais garantissant un meilleur taux de réussite.

1.2. Les bienfaits en termes de biodiversité

Il est possible de trouver des articles scientifiques démontrant des bienfaits directs pour la connectivité écologique. Braaker et al. ont démontré une connectivité verticale reliant le sol aux toitures végétalisées sur des populations d'arthropodes (BRAAKER, 2014). En outre, la hauteur des bâtiments peut affecter l'accessibilité à certains taxons. En effet un bâtiment supérieur à 10 m sera une barrière physique pour les pollinisateurs (Johan H. et al., 2020).

Tous les documents étudiés s'accordent à dire que la diversité végétale et l'épaisseur du substrat sont des facteurs non-négligeables de biodiversité, en permettant d'accueillir plus de nutriments différents pour la faune et plus d'habitats potentiels. De plus, les monocultures (fait d'une seule espèce végétale) sont plus susceptibles d'être vulnérables à des conditions extrêmes. Natureparif préconise un substrat supérieur à 10 cm (Natureparif, 2011), de plus l'étude groove (Johan H. et al., 2020) démontre qu'une toiture diversifiée et avec une haute épaisseur de

substrat comprendra plus d'invertébrés de toutes sortes; cloportes, mille pattes, collemboles avec aussi des phytophages⁹ qui attirent leur prédateur : les arthropodes. Dans certaines toitures végétalisées de l'étude (périmètre de l'Ile-de-France), la présence d'espèces parasites montre la richesse de la biodiversité qu'on peut rencontrer sur les toits. La richesse floristique des toitures végétalisées a aussi été évaluée dans une autre étude montrant qu'elle était supérieure à celles des prairies urbaines et que la biomasse y était équivalente (Dourcelle, 2018).

La surface est un autre facteur qui joue sur le potentiel écologique d'une toiture. En effet plus la surface est grande plus la toiture est susceptible de subir des conditions climatiques de vents forts qui vont être en défaveur d'une biodiversité riche. C'est autant de facteurs à prendre en compte pour permettre à des plantes spontanées de coloniser ces lieux (Johan H., 2020).

Il est possible de rajouter sur les toitures des habitats en plus pour la faune, en effet, les oiseaux les prennent pour des zones de nidification (Dourcelle A., 2018).

Une étude réalisée en Suisse (Braaker et al., 2014) montre que la compétition interspécifique (entre différentes espèces) due au manque de place, explique une meilleure répartition des espèces sur les toits qu'au sol où des espèces dominantes sont plus susceptibles de prendre le dessus.

1.3. La portabilité en gare des toitures végétalisées

Toutes les études semblent également d'accord sur le fait de favoriser la plantation d'essences locales et indigènes et de laisser les plantes spontanées pousser librement. La gestion de ces toitures est cependant discutée. En effet, un entretien trop fréquent peut porter atteinte à la biodiversité, mais une absence d'entretien peut faire périr la toiture notamment en été, en cas de grande sécheresse. Le guide de l'étude groove conseille donc seulement quelques contrôles par an pour un maximum d'efficacité en matière de biodiversité. Cependant, en gare, la sécurité étant prioritaire, il semble difficile d'envisager une gestion peu fréquente. En effet, surtout avec une toiture comportant des arbustes et des feuilles la contrainte de l'exploitant résulte du danger de chute sur les feuilles mortes tombées au sol. Un entretien régulier au moins au sol sera sûrement préconisé.

Comme les autres surfaces végétalisées la MOA redoute le coût de l'entretien et la compétence à apporter pour gérer de tels espaces. Toutes ces remarques ont été beaucoup discutées avec les acteurs du monde de la construction que ce soient les paysagistes ou les architectes qui ont l'habitude de préconiser ces toitures. Lorsqu'ils le font, ils ne savent pas forcément si l'exploitant aura la compétence ou le budget pour bien entretenir ces espaces.

L'entretien est une des contraintes de la mise en place de toitures végétalisées, cependant ce dispositif est également rejeté pour d'autres questions de coût que celui de leur entretien. La loi énergie climat mentionne effectivement qu'une toiture de plus de 1000 m² doit avoir 30% de sa surface recouverte soit par des panneaux photovoltaïques soit par une toiture végétalisée. Lorsqu'une surface de toiture est libre, le choix de la MOA va donc se porter plus souvent sur des panneaux photovoltaïques que sur une toiture végétalisée. Les panneaux ont plusieurs avantages. Ils peuvent être subventionnés. Ils peuvent aussi générer des revenus et si ce n'est pas le cas, le client a souvent la garantie de rembourser le prix de fourniture, d'installation et de la gestion au bout de quelques années. En revanche, la toiture végétalisée n'a pas ces avantages. Lors d'un entretien (Nicolas Grand, responsable de l'exploitation de la Gare Nîmes Pont-du-

⁹ Les phytophages sont des animaux avec un régime alimentaire végétarien, ils se nourrissent donc majoritairement de plante, c'est le cas par exemple du phasme, du puceron, du mulot et du criquet.

Guard), l'exploitant d'une gare a exprimé le fait qu'une toiture végétalisée n'apporte rien, le bienfait est seulement esthétique pour une entreprise comme la SNCF.

Cependant, en plus de préserver la biodiversité, la toiture végétalisée apporte d'autres services écosystémiques, comme celui de bien-être pour les usagers. Elles permettent également de rafraîchir la ville et donc de diminuer les phénomènes d'îlots de chaleur. La toiture isole aussi thermiquement le bâtiment entraînant des économies d'énergie. Enfin, outre la fonction esthétique, la toiture végétalisée est un espace de plus qui peut stocker le CO₂ en ville et participer à la réduction de la pollution de l'air (MADRE, 2014).

Les toitures extensives sont souvent choisies pour une caractéristique de portances du toit. Cependant, en entretien, un architecte a assuré que n'importe quelles toitures (Apmegbo Boris Gontran, un des architectes de la gare de Melun), si elle est dimensionnée au préalable, peut-être installée. Il est ainsi possible de sélectionner des toitures intensives avec un plus grand bénéfice pour la biodiversité.

Son développement semble donc propice à favoriser la connectivité écologique en gare.

2. Les façades végétalisées

Les façades végétalisées peuvent soit participer directement à la connectivité écologique en favorisant les déplacements, soit elles peuvent participer indirectement en créant des habitats pour la faune en ville (Madre F. et al., 2015). De plus, elles peuvent jouer le rôle de corridor écologique (IBGE, 2007), notamment en créant une connectivité écologique en pas japonais comme les toitures (MADRE F., 2014). Leur rôle est souvent double : esthétiques et environnementales (Vandermissen G., 2020-2021).

Au niveau environnemental, elle forme une isolation thermique en étant une couche supplémentaire du bâti. Elles captent aussi par leur végétation, le CO₂. Elle participe aussi en ville comme les toitures à la diminution du phénomène d'îlot de chaleur et elles participent aussi à la diminution du ruissellement (VANDERMISSEN G., 2020-2021). Elles sont généralement utilisées pour des problèmes liés à la dégradation des façades pour lutter contre les graffitis mais aussi dans des enjeux liés à l'acoustique si la couverture végétale du bâti est totale.

Les façades végétalisées ont cependant des limites, certaines plantes peuvent endommager la façade du bâti, il est donc conseillé de faire un ravalement de façade au préalable. De plus, leur utilisation doit se limiter à une façade peu ou pas vitrée. (Vandermissen G., 2020-2021) ; Les plantes recommandées pour une façade végétalisée sont similaires aux recommandations d'espace végétalisé sur une toiture ou au sol : mélanger plusieurs espèces sur toute une façade ou encore choisir des plantes adaptées au climat local (LUDWIG P. MURATET A., 2019).

La typologie de toiture définie dans cette étude a été sélectionnée dans le document scientifique : *Les façades végétalisées : Analyse comparative et mise au point d'un outil d'aide à la décision* (Vandermissen G., 2020-2021). Il est possible de distinguer les green façades correspondant à des façades végétalisées où la plantation se fait au sol en pleine terre des living Walls, des murs végétalisés où le substrat est directement posé sur le mur.

1.1 Les façades végétalisées (Green façades)

Les green façades correspondent à un type de façades végétalisées composées de plantes grimpantes plantés en pleine terre. La végétation pousse donc en bas de la façade et monte au fur et à mesure de la croissance de la plante.

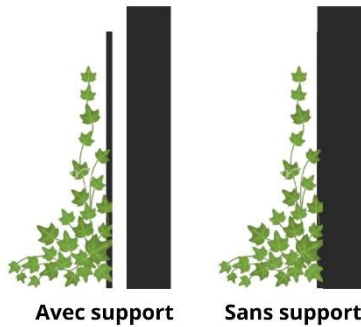


Figure 49 : Les typologies de façades végétalisées
Source : D'après (VANDERMISSEN G., 2020-2021)

Il existe deux types de plantes grimpantes :

- Celles qui s'accrochent, avec des systèmes de crampons, par exemple le lierre, ce qui implique que la façade n'a pas besoin de support pour ce type de plantes.
- Celles qui doivent être câblées pour indiquer le chemin de leur croissance, comme les rosiers grimpants, ce qui implique que la façade a besoin d'un support pour ce type de plantes.



Figure 48 : façade végétalisée dans l'avenue Jean Jaurès (Paris 19^e)
Source : Pinterest

Il existe donc des green façades avec supports et d'autres sans support. Nous avons résumé leur principales caractéristiques et différences dans le tableau suivant :

PROPRIÉTÉS	AVEC SUPPORT	SANS SUPPORT
MISE EN PLACE	Support permettant de passer outre les contraintes architecturales du bâtiment. Peu de contrainte d'installation.	Uniquement la plantation pleine terre.
POTENTIEL BIODIVERISTÉ	Peu de diversité de plantes (uniquement grimpantes).	Peu de diversité de plantes (uniquement grimpantes).
EFFICACITÉ	COUVERTURE TRÈS LENTE	COUVERTURE TRÈS LENTE
COÛT	20 à 60 €/m ² (coût des câble/barres en inox)	0, 16 à 1,6 €/m ² (peu coûteuse)
ENTRETIEN	Très peu d'entretien (ramasse des fanes si plantes au feuillage caduc)	Très peu d'entretien (ramasse des fanes si plantes au feuillage caduc)

Figure 50 : Tableau des caractéristiques des plantes avec et sans supports
Source : D'après (VANDERMISSEN G., 2020-2021)

Les green façades n'ont pas forcément besoin d'un système d'arrosage puisque les plantes sont installées en pleine terre. Elles peuvent se réguler par l'apport d'un sol qui répartit bien l'eau et les nutriments.

Les façades avec un support nécessitent de prendre en compte le poids du dispositif pour son installation.

Il est intéressant de noter que les green façades ont un coût très faible de fin de vie, le support est souvent réalisé en aluminium, ce qui se recycle très bien. De plus, le décrochage se fait par la mort des plantes en coupant à la racine. Un nettoyage de la façade peut être réalisé par la suite.

Le choix des plantes est important pour permettre à la biodiversité de s'y développer au maximum. Il faut privilégier les plantes grimpantes qui forment des habitats et ressources pour les pollinisateurs et mélanger les différentes espèces de plantes grimpantes.

1.2 Les murs végétalisés (les Living Walls)

Les living Walls sont des structures modulables réalisés sur mesure pour la façade. Elles sont notamment créées pour s'accommoder aux contraintes du bâtiment, la végétation est donc plantée directement sur la façade. Si la façade végétalisée comporte des vitres, un contournement sera nécessaire et plutôt onéreux.

Ces murs végétaux sont des structures plus complexes que les façades végétalisées, il en existe de plusieurs types :

1.2.1 Les technologies « panels »

La technologie « panels » se compose de cage métallique remplie de substrat d'où les plantes prennent racine. Cette technologie a l'inconvénient de faire pousser les végétaux de manière peu naturelle ce qui ne permet pas à l'ensemble de la faune de ce type de végétation de se servir de cette façade comme habitat. Elle nécessite également un arrosage régulier et une fertilisation constante. De plus, ce dispositif est souvent utilisé avec de la sphaigne, une matière première importée du Chili, son utilisation n'est donc pas très éco-responsable et puis ce substrat est souvent emporté par les oiseaux, facilement inflammable et sèche très vite sans une irrigation importante.

L'entreprise Vivagreen fabrique cette technologie de façade et annonce un coût d'installation de 55 à 1000 euros/m² et un besoin de consommation de 1L/m² par jour. D'autres entreprises proposent aussi des technologies « panels », c'est le cas de Le Prieuré, Soprema, Plantdesign ou encore l'entreprise Gabion.

1.2.2. Les technologies « soil-cells »

La technologie « soli-cells » technologie consiste à faire pousser chaque plante dans une cellule de substrat individuelle, l'irrigation se fait dans chaque cellule. Ce dispositif demande donc une irrigation et une alimentation en nutriment pour les plantes constantes puisque la réserve disponible de la cellule est réduite. Ce type de façade végétalisée est souvent utilisé pour des petits projets extérieurs.



Figure 51 : Façade végétalisée de type « soil-cells »

Source : (VANDERMISSEN G., 2020-2021).

1.2.2. Les technologies « planter boxer »

La technologie « planter-boxer » est comme son nom l'indique composée de jardinières intégrées à la façade. Elles sont constituées d'un substrat organo-minéral, favorable au développement de beaucoup d'espèces animales.

Cependant, ce dispositif présente les mêmes inconvénients que les technologies « soil-cells », une réserve en eau et nutriment trop faible et donc un besoin d'irriguer très régulièrement. De plus, de par sa technologie, ce dispositif est très contraignant au niveau du poids.

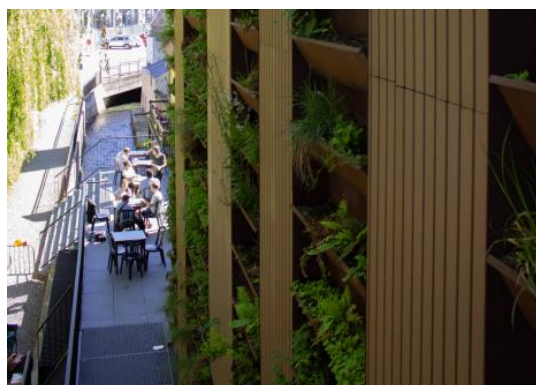


Figure 52 : Façade végétalisée de type « Planter Box »

Source : (VANDERMISSEN G., 2020-2021).

1.2.3. Les technologies « felt-layer »



Figure 53: Façade végétalisée du quai Branly réalisée par Patrick Blanc

Source : Mur végétal Patrick Blanc

Cette technologie est la plus utilisée (VANDERMISSEN G., 2020-2021), elle a été inventée par Patrick Blanc. Il a notamment fait certaines façades à Paris.

Comme les autres dispositifs présentés précédemment, cette technologie est très demandeuse en eau et en fertilisant.

Le principe est de coller une membrane PVC directement sur la façade, puis un feutre qui sert de substrat et qui accueille les graines. Ces dernières germeront par la suite. Cette technologie permet de retenir une grande quantité d'eau. L'entreprise VGTEX qui les fabrique, donne des caractéristiques du dispositif ; un poids de 25 kg/m² et un coût de l'ordre de 250 à 450 euros/m². Au niveau de l'entretien, il est recommandé de bien surveiller les livings Walls pour qu'ils soient bien approvisionnés en ressources nécessaires à leur bon développement (VANDERMISSEN G., 2020-2021), il est notamment recommandé de ramasser les fanes en automne.

Les coûts de gestion sont souvent pris en compte par l'entreprise installatrice et fait partie du contrat. Ils peuvent notamment piloter les systèmes d'arrosage à distance.

1.2.4. Les murs en gabions végétalisés.

Les murs en gabions végétalisés font l'objet d'un brevet déposé par la SNCF. Ils sont présents dans certains projets aux abords de voies ferrées comme à Moirans (38) pour réduire les nuisances sonores et servir de mur de soutènement.

Le mur est composé de plusieurs couches :

- La première faite de terre où les racines vont se développer.
- La deuxième couche est composée de gabions, laissant des interstices pour faire sortir les plantes.

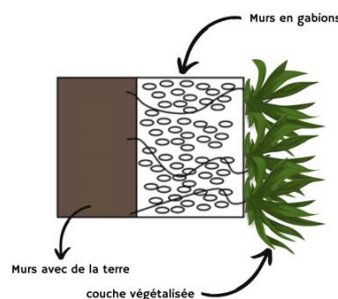


Figure 54: Illustration d'un muret en gabion végétalisé

Source : D'après l'entretien réalisé avec l'équipe LAK+ de la SNCF

- La dernière couche est celle végétale. Les plantes sélectionnées sont choisies pour être résistantes au climat propre au lieu d'aménagement. Elles ne sont donc pas toujours locales.

Ce dispositif est favorable à de nombreux taxons, insectes, lézards, amphibiens mais aussi reptiles. Le créateur du dispositif est l'équipe LAK+ de la SNCF qui préconise un très faible entretien d'un fauchage mécanique par an (Loïc Panfietti et Antoine Sautet, SNCF Réseau, paysagiste de l'équipe LAK+).

D'après ces concepteurs (équipe LAK+ paysage de la SNCF), il existe la possibilité d'adapter le mur vis-à-vis du site. Il est également possible de varier le type de pierre déposée, et de les moduler en fonction du besoin architecturale. Pour ce qui est de la végétation, ce qui est utilisé pour le moment sont des plantes sèches, résilientes au froid notamment en rapport avec le premier site d'études (Moiran 38).

Pour aller plus loin...

(2024). Récupéré sur BEGA: <https://www.bega.com/fr-fr/>

BRAAKER, S. e. (2014). Habitat connectivity shapes urban arthropod communities : the key role of green roofs. 1010-1020.

DOURCELLE A. (2018). Ecologie des toitures végétalisées en Île-de-france : Analyse comparative des services rendus par les substrats.

IBGE. (2007). Realiser des façades vertes. *Guide pratique pour la construction et la rénovation durables de petits bâtiments*, 1-14.

JOHAN H. et al., B. M. (2017-2020). Ecologie des toitures végétalisées : synthèse de l'étude groove.

LUDWIG P. MURATET A. (2019). Plantons locales en Île-de-France. *ARB, institut paris région*.

MADRE F. (2014). Biodiversité et bâtiments végétalisés : une approche multi-taxons en paysage urbain.

MAIRIE DE PARIS. (2017). Guide des toitures végétalisées et cultivées.

NATUREPARIF. (2011). Réaliser des toitures végétalisées favorables à la biodiversité.

Serret H. et al. (2017). Mettre les espaces verts d'entreprise au service de la biodiversité urbaine.

VANDERMISSEN G. (2020-2021). Les façades végétalisées : Analyse comparative et mise au point d'un outil d'aide à la décision.

VI. Les Habitats pour la Faune

Les habitats pour la faune représentent des lieux de tranquillité pour la faune leur permettant d'effectuer l'ensemble de leur cycle de vie. Un habitat participe donc indirectement à la connectivité écologique, mais également pour certains lieux une connectivité directe. En effet, augmenter la surface végétalisée permet de rapprocher des patches d'habitats entre eux.

Il est possible de distinguer les habitats favorables à un ensemble d'espèces de ceux favorables à un taxon ou un ensemble de taxons en particulier.

1. Les Habitats favorables à un ensemble d'espèces

1.1. Les espaces végétalisés au sol

Les espaces végétalisés au sol peuvent être variés ; des prairies, des zones humides, des zones de gazons, des zones boisées sont autant d'espaces présents en ville qui seraient possible de développer dans les quartiers de gare.

Plusieurs recommandations générales (LUDWIG P. MURATET A., 2019) permettent d'accueillir au mieux la biodiversité :

Il est par exemple recommandé de diversifier à la fois les espèces végétales mais aussi les différentes strates végétales. En effet, il est essentiel de pouvoir autant aménagé des strates basses correspondant à des herbes et à des fleurs au sol que des strates moyennes comme les arbustes, les haies et bosquets que les strates hautes comme les arbres. Cette diversification des hauteurs de végétation permet à toute espèce animale de pouvoir retrouver un habitat et une zone de circulation qui lui conviendra au mieux.

Une des recommandations les plus controversée consiste en la plantation de variétés locales qui constituent des habitats ou des sources de nourriture pour la faune présente sur le site. Cependant, pendant de nombreux entretiens effectués pour la rédaction de ce document, des arguments concernant la difficulté de respecter cette recommandation ont été apportés. En effet, les plantes qui sont considérées comme locales sont de plus en plus sujets à des détériorations dues à des maladies, des nuisibles ou encore du climat. Le réchauffement climatique en est probablement la première cause. Le climat change trop vite pour laisser le temps aux espèces locales de s'adapter. De cette manière, les plantes choisies par les paysagistes sont souvent un mixte entre du local et du résilient pour un territoire donné. Les entretiens ont montré que les acteurs du monde de la construction n'ont pas forcément connaissance d'outils qui permettent de sélectionner des essences qui seront résilient avec un climat actuel et futur comme ARBOclimat. Une importance toute particulière doit être donnée à l'essence plantée au regard de la population faunistique et floristique déjà présente et quelles conséquences ce dernier aura sur le reste de la biodiversité du site.

ii. La marre

La marre est un lieu favorable aux amphibiens parce qu'elle leur assure un lieu de reproduction, mais c'est également un lieu de chasse et de ressource en eau pour d'autres espèces (LPO, Aménagements pour les reptiles et les amphibiens, 2023).

Il est important de noter que pour la biodiversité, ce dispositif a tout intérêt à être installé à la place d'une zone imperméable. Sur une zone non-artificialisée, creuser pour mettre de l'eau peut nuire à la faune déjà présente.

Cependant, les marres sont souvent mal vues en ville, elle crée des zones de prolifération pour les moustiques jugés comme nuisibles. Cet espace au sol est aussi une zone de nuisance pour les habitations aux alentours, car certaines espèces de grenouilles (rieuse et rainettes) sont particulièrement sonores surtout à la belle saison (NOBLET J., 2019).

La marre est recommandée notamment pour compléter les dispositifs d'entrée des passages à faune. Elle peut offrir des lieux de repos pour des espèces et attirer vers le passage sécurisé. Elle facilite les échanges de part et d'autre de l'infrastructure (AUDIE-LIEBERT et al., 2021).

1.2. Les Haies et bosquets

Les haies et bosquets sont des dispositifs intéressants. D'une part ils peuvent remplacer des clôtures et d'autre part, ce sont des réservoirs de biodiversité ; le hérisson en fait notamment son lieu de vie (LPO, Aménagements pour les mammifères, 2023). Les haies champêtres sont fortement utilisées par la faune comme abri, par les oiseaux nicheurs mais aussi les abeilles qui profitent des végétaux remplis de moelle pour nicher (LUDWIG P. MURATET A., 2019). Ils permettent, comme les espaces végétalisés, à leur échelle, de multiplier les habitats disponibles pour les animaux, mais aussi de servir de réserve alimentaire et de lieu de reproduction (EL Jai B. et al., 2015).

Les haies ont l'avantage de s'adapter aux conditions climatiques et de limiter le ruissellement.

Certaines espèces végétales dans les haies sont néfastes pour la faune (LUDWIG P. MURATET A., 2019) ; c'est le cas des Thuyas, des Cyprès ou encore du Lauriers qui ne permettent pas aux animaux de s'y abriter. En outre, elles appauvrissent le sol et sont beaucoup plus sensibles aux maladies que d'autres espèces végétales.

D'autres plantes peuvent alors être favorisées :

- Le lierre parce qu'il offre des fleurs aux pollinisateurs à la fin de la saison.
- Le noisetier qui offre une floraison précoce qui peut aussi favoriser les pollinisateurs.
- Le cornouiller sanguin et le Viorne Lantane qui sont des espèces qui peuvent permettre de nourrir les oiseaux.

Pour la faune, l'entretien des haies est très important. Il faut notamment comme pour chaque espace végétalisé, éviter de faucher en période de nidification, entre août et décembre notamment. *Plantons locales en île-de-France*, conseille de rassembler les feuilles mortes autour des haies pour favoriser les espèces qui hibernent proche de ces espaces (LUDWIG P. MURATET A., 2019).

1.3. Les murets ou mur en gabion

Les murets en gabion sont très demandés dans le monde de la construction (murs acoustiques, réemploi, murs de soutènement...) mais ils ont aussi des avantages en biodiversité puisqu'ils peuvent servir d'habitats pour les amphibiens, les insectes ou encore les reptiles comme le lézard muraille présent sur de nombreux sites de gare qui aime particulièrement ce dispositif. Les murs en gabions végétalisés sont une variante de ce dispositif, ils sont présentés dans le chapitre *toitures et façades végétalisées*.

1.4. Tas de bois mort

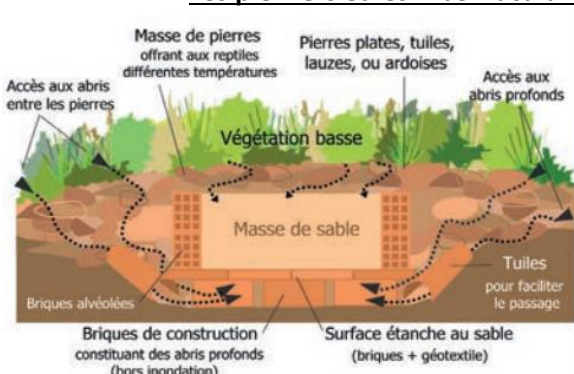
Le tas de bois mort peut paraître très facile à mettre en place et peu réfléchis et pourtant, il est favorable à de nombreux taxons. La LPO assure que les insectes, amphibiens, reptiles, et même les mammifères utilisent ce type d'installation (LPO, Créer un tas de bois, s.d.). Le dispositif consiste en un recouvrement du sol de plusieurs branche morte, parfois feuilles ou encore pierres, de manière à créer des habitats sous le recouvrement.

Un retour d'expériences ont permis de comprendre que ce dispositif était peu proposé dans des projets d'aménagement pour son aspect négligé (Anaïs Guidicelli, chargée d'étude paysagiste chez AREP) . Cependant, cette contrainte pourrait être dépassée par un panneau de sensibilisation par exemple.

De plus, pour le projet de la gare de Melun, les élus à l'origine de l'aménagement ne voulaient aucun aménagement pour la faune dans lequel, il serait possible de cacher des objets. Il est donc intéressant de noter que l'aspect négligé n'est pas la seule contrainte pour la mise en place de tel dispositif, la sécurité en est également un. Enfin, comme tout aménagement qui serait bénéfique au reptile, il est souvent conseillé de ne pas évoquer ce groupe faunistique que ce soit pour une proposition de projet ou pour une sensibilisation auprès du public. Le reptile est pour les usagers forcément un serpent représentant un danger.

2. Les habitats spécifiques à un nombre restreint d'espèces

2.1. Les pierriers et les hibernaculum



L'hibernaculum est un abri artificiel (LPO, 2012) qui a pour objectif de servir d'habitat pour les reptiles en hiver. Cet abri peut également constituer un lieu de ponte, de chasse ou une zone de refuge le reste de l'année.

Il est composé d'un empilement de matériaux inertes pour fournir une cavité recouverte de végétaux ou de géotextile. Il faut faire en sorte que le cœur de la structure reste accessible pour les reptiles.

Ces structures peuvent être enterrées ou semi-enterrées. Le coût estimé par le

Figure 55 : Illustration d'un exemple d'hibernaculum

Source : CEREMA

CEREMA est de l'ordre de 4000 à 6000 euros (AUDIE-LIEBERT et al., 2021).

Les pierriers sont des dispositifs beaucoup moins organisés que les hibernaculum puisqu'ils sont constitués uniquement d'un tas de pierres. Les paysagistes d'AREP ne les préconisent pas, car ils anticipent un refus de la MOA. En effet, les usagers voient le dispositif comme de la négligence d'entretien. De plus, un tel dispositif peut ne pas être perçu comme suffisamment esthétique pour faire partie d'un projet d'aménagement.

2.2. Les Ruches et les alternatives

2.2.1. Les Ruches

Un dispositif de ruche consiste en un espace fermé abritant une colonie d'abeilles. En ville, il y a une multiplication des projets incluant l'installation de ruches. Les projets urbains s'intéressent beaucoup aux abeilles qui produisent du miel, les abeilles domestiques (*Apis mellifera*). Cependant, il existe des abeilles sauvages qui n'ont pas cette capacité de produire du miel, mais qui sont aussi en voie de disparition et qui pollinisent des plantes qui nous sont bénéfiques. La multiplication de ruches permet une multiplication d'habitats sécurisés pour les abeilles domestiques, ce qui les avantage par rapport à l'abeille sauvage. Une augmentation de la pression intraspécifique est l'une des causes de la disparition des abeilles dues à l'artificialisation

des sols, la deuxième cause étant la réduction des surfaces végétalisées ne permettant pas aux abeilles sauvages de nidifier dans le sol (Muséum d'histoire naturelle, 2018).

Les ruches participent à la sensibilisation autour des questions de biodiversité, il est donc préférable, quand ce dispositif est préconisé, de l'accompagner de panneau explicatif.

Les ruches doivent être entretenues chaque année au printemps en grattant et lavant les cadres et planchers. Si la colonie change, il faut laver et désinfecter entièrement la ruche avant d'introduire une nouvelle colonie.

2.2.2. Les carrés au sol

Les carrés au sol sont des alternatives aux ruches pour favoriser les abeilles sauvages. Ce dispositif est plus discret, il est donc plus difficile d'en faire un outil de sensibilisation mais il peut faire partie d'une surface végétalisée et être complété par un panneau. Il est composé d'un cadre en bois remplis d'un mélange de terre et de sable ou alors de terre et d'argile. Il est enterré à 50 cm et souvent une grille recouvre le trou ou alors une couche de galet pour éviter qu'il se remplisse de déjections de chat, de chiens ou de lapins (LPO, Aménagements pour les insectes, 2023). Ce dispositif peut aussi prendre la forme de grille au sol, vendu sur certains sites. Un trou dans le sol peut aussi faire l'affaire s'il est composé de sable.



Figure 56: grille au sol pour abeilles sauvages
Source : Amazon

La grille de sol en gravier coûte 196 euros sur internet

2.2.3. Les briques à trou pour abeilles

Les briques à trou comme les carrés au sol permettent également de favoriser les abeilles sauvages. Ce sont des briques de murs qui sont composés de petits trous de différents diamètres qui permettent aux abeilles de venir s'abriter.



Figure 57: Brique à trous d'abeille
Source: Sciencepost

Ce concept a émergé du Royaume Unis, puisque dans ce pays pour les bâtiments de plus de 5 m de hauteur, la création de brique à trous est obligatoire. Ce dispositif fait l'objet d'une controverse. En effet, certains scientifiques se sont exprimés dans un article du Guardian (Marais S., 18 janvier 2022). Pour certains les briques à trous ont le mérite d'être un outil de sensibilisation. Cependant, un professeur en biologie à l'Université de Sussex s'est questionné sur la taille des trous dans les briques qui selon lui sont trop petits pour véritablement accueillir des abeilles. L'entretien de ce dispositif est aussi discuté dans cet article. Sans conclusions communes de la part des spécialistes, certains pensent qu'il ne faut pas nettoyer, d'autres, au contraire, craignent pour les abeilles et les êtres humains des conséquences de regroupement d'acariens dans de tels espaces.

Ce dispositif a été imaginé par l'entreprise Green & Blue et ils ont reçu un prix de l'innovation SOIL ASSOCIATION. Il est possible de retrouver des briques à trous pour abeilles à une valeur de 30, 14 euros HT sur internet.

2.3. Les hôtels à insectes et des alternatives

2.4. 1. Les hôtels à insectes

Les hôtels à insectes sont des dispositifs qui rassemblent de nombreux taxons d'insectes et qui sont fortement discutés par les scientifiques et acteurs du monde de la construction.

Les entretiens avec les paysagistes (Anaïs Guidicelli, chargée d'étude paysagiste chez AREP) ont pu mettre en lumière que la préconisation d'hôtel à insectes dans des projets liés à une volonté de biodiversité n'était pas systématique. Les paysagistes et chercheurs ont des doutes quant aux bienfaits de ce dispositif. En effet, le rassemblement de trop de taxons d'insectes différents dans une surface relativement faible inquiète. La propagation de maladie ou la colonisation de nuisibles au détriment d'espèces que l'on veut protéger sont pointées du doigt.

Si l'objectif est de favoriser les insectes, les espaces végétalisés avec des strates végétales diversifiées sont aussi des dispositifs efficaces qui peuvent profiter à plus d'espèces. Cependant, l'hôtel à insectes peut aussi permettre de favoriser l'abeille sauvage, mais aussi d'autres espèces qui n'ont pas d'accès à des habitats en ville. Il serait donc bénéfique pour certains taxons.



Figure 58: Hôtel à insectes de la gare Nîmes Pont-du-Guard

Source : photographie de Laure Viala

Cette controverse est surtout liée aux caractéristiques de l'hôtel à insectes qui ne semblent pas forcément toujours adaptés à la situation. Par exemple, un hôtel à insectes éloigné d'une zone d'alimentation ou un hôtel qui ne prendrait pas en compte les besoins des espèces visées ne serait pas pertinent. Une étude à Marseille a mis en évidence que sur 71 hôtels à abeilles seulement 41 avait été habités par des abeilles (GESLIN et al., 2020). Aucune étude n'a été trouvée pour la rédaction de ce document concernant l'efficacité d'un tel dispositif pour les insectes de manière générale.

Certaines préconisations permettent alors d'éviter qu'il soit utilisé par les insectes (NOBLET J., 2019). Il faut notamment ne pas traiter le bois, il faut éviter tout ce qui est colle, vernis, peinture. Il est possible en revanche de protéger le bois avec de la brou de noix. Pour ce qui est du matériel, les insectes préfèrent les bûches de bois, l'argile et le pisé, les mille-feuilles de planches, les fagots (de bambou, sureau, framboisier), les tas de paille, les faux nids, les coquilles d'escargots, tous les matériaux dans lesquels les insectes peuvent creuser ou sinon, il faut créer des trous. Coller l'hôtel à un mur permet par exemple de le rendre plus accessible notamment pour créer un lien entre le sol et le dispositif. Il faut également éviter d'avoir une orientation plein sud de l'hôtel.

Enfin, ces aménagements doivent être entretenus et surveillés, notamment parce que les abeilles n'aiment pas utiliser un lieu qui a été occupé au préalable par d'autres taxons. Il reste souvent des déchets et parfois des parasites.

L'hôtel à insectes peut prendre plusieurs formes, il est possible de designer le dispositif pour l'intégrer au paysage urbain, végétal ou à une gare avec une architecture particulière.

2.4.1. Les spirales à insectes

La spirale à insectes est une alternative aux hôtels à insectes. Ce dispositif est un aménagement composé de murets de terres sèches montés en spirale qui permettent de réchauffer et d'assécher une terre légère, autour on plante des espèces aromatiques et nectarifères proches.



Figure 59: Spirales à Insectes
Source : Ladepeche.fr

Ils ont l'avantage d'aider d'autres animaux à s'abriter dans le dispositif.

2.4.2. Un gîte à insectes

En réalité, il existe beaucoup de formes qui peuvent être bénéfiques à des espèces d'insectes. Le dispositif peut seulement être un empilement de palettes ou encore une buche suspendue dans un mur, il est possible d'inventer de nombreux dispositifs (LPO, Aménagements pour les insectes, 2023). Il faut juste adapter le dispositif en fonction des espèces d'insectes sur le site de l'aménagement.

L'aspect négligé que pourrait présenter le gîte à insectes a été évoqué en entretien avec une paysagiste (Anaïs Guidicelli, chargée d'étude paysagiste chez AREP) qui a dit ne pas forcément préconiser ce type de dispositif. Encore une fois, une sensibilisation peut dépasser cette contrainte.

2.5. Les Nichoirs et les gîtes

Les Nichoirs et gîtes sont des habitats destinés souvent à un nombre d'espèces restreints. La forme du dispositif est l'un des facteurs principaux qui détermine quelle(s) espèce(s) seront concerné(es). Le dispositif comporte une cavité dans laquelle l'animal peut venir nicher. Le terme « nichoir » est plus utilisé pour les oiseaux, ils sont censés leur favoriser un habitat sécurisé pendant les périodes de nidification. Les gîtes sont des termes utilisés pour d'autres espèces comme les chiroptères ou encore les hérissons.

Il est possible de trouver sur internet un tableau sur le type de nichoir qu'il faut installer par rapport à un type d'espèce d'oiseau en particulier (Loiret Nature Environnement, 2021) :

Hôtes	Largeur Intérieure (mm)	Hauteur Intérieure (mm)	Profondeur Intérieure (mm)	Diamètre ou l x h (mm)	Type nichoir	Hauteur des nids (m)
Moineau domestique	100	220	100	32 à 35	à balcon fermé	3 à 5
Mésange charbonnière	100	250	100	30 à 32	à balcon fermé	1 à 6
Mésange bleue	100	200	100	27 à 28	à balcon fermé	2 à 4
Rougequeue noir	280	150	180	60 x 60	semi-ouvert	1 à 5
Martinet noir	220	140	450	30 x 35	fermé	Sup à 5
Choucas des tours	400	350	400	400 x 130	semi-ouvert	Sup à 5
Effraie des clochers	500	500	700	130 x 180	Fermé	Sup à 4
Chevêche d'Athéna	250	300	250	70	Fermé	1 à 5
Faucon crécerelle	200	200	400	200 x 130	semi-ouvert	Sup à 8

Figure 60: Tableau de caractéristique de nichoirs en fonction d'espèces
Source : Nature Loiret Environnement

Les matériaux à privilégier sont, le bois de sapin, de chêne ou peuplier, le béton peut aussi être utilisé. Il faut faire attention à ce que le nichoir, s'il est en bois, ne soit pas traité.

Les gîtes à hérissons quant à eux, prennent plutôt une apparence de caisse retournée, recouverte de feuille (LPO, Aménagements pour les mammifères, 2023). Pour les gîtes à amphibiens, des pierres apposées les unes aux autres idéalement de 20 à 40 cm suffisent à apporter une tranquillité à ces animaux (LPO, Aménagements pour les reptiles et les amphibiens, 2023).

Pour les chiroptères, le gîte doit avoir une cavité à l'abri de l'éclairage et doit abriter une certaine chaleur. Les chauves-souris peuvent utiliser des interstices dans les volets et fissures pour s'abriter (ROUSELLE K. et NOWICKI F., 2016). Il s'agit alors de se demander s'il faut créer un gîte artificiel ou leur permettre de nicher plus facilement dans l'espace du bâtiment qu'ils ont choisi.



Figure 61: Photographie du mur de Sigean
Source : lunivers-derika.over-blog.com

Au parc animalier de Sigean, le parc a installé un mur à oiseaux, il est creusé à plusieurs endroits pour accueillir des oiseaux. Ce dispositif permet de mutualiser des objectifs de sensibilisation, d'optimisation d'espace et de préservation d'habitat pour les oiseaux. Le mur à oiseaux peut représenter une solution pour éviter la pose de l'avifaune sur les lignes électriques environnantes

Les nichoirs doivent être lavés chaque année pour prévenir les risques de maladies, ce processus est à effectuer entre septembre et octobre toujours pour une

question de respect des périodes de nidification.

2.6. L'Aménagement d'un biotope à reptiles

Le biotope est un milieu naturel défini par une certaine nombreuse caractéristique physicochimique qui suffisent à l'épanouissement des êtres vivants¹⁰. Il est possible d'imaginer

¹⁰ D'après la définition du site cnrtl.fr

différents biotopes pour différents types de taxons, la LPO conseille en ville l'installation d'un biotope à reptiles (LPO, 2023).

Le biotope à reptiles est composé en termes de végétation ; d'arbustes et d'espèces grimpantes avec au minimum 25% de ligneux (LPO, Aménagements pour les reptiles et les amphibiens, 2023). Le principe est d'avoir un aménagement très ensoleillé où le reptile va avoir des espaces pour se cacher et s'abriter mais pourra aussi avoir accès au soleil.

3. Les éléments architecturaux des gares qui peuvent servir d'habitats pour la faune

Il peut exister de nombreux éléments de gare à imaginer pour inclure au mieux la biodiversité, cette partie s'intéresse à deux dispositifs identifiés dans des projets, ils ont donc déjà été appliqué au moins une fois dans un contexte de mobilité.



3.1. Banc pisé

Le banc pisé est un dispositif évoqué en entretien (Valentin Morin, ingénieur paysagiste, SNCF réseau) qui est constitué de terre compactée, d'une fine dalle de béton et d'assise propre qui sert à protéger la terre compactée de l'eau. Ce dispositif a la particularité d'avoir la même consistance que les murs des bâtiments avec une certaine rugosité. Il serait intéressant de se questionner sur la possibilité que ce mobilier d'attente crée un habitat pour le lézard muraille présent sur de nombreux sites de gares, dans les murs rugueux.

3.2. Abris bus végétalisés



Figure 64: Abri bus végétalisé
Source : AREP

L'équipe Design d'AREP a réfléchi à un mobilier d'attente qui comprenne des parties végétalisées dans le cadre d'un aménagement entre Nantes et Carquefou. L'abri bus comprend une toiture végétalisée et une paroi d'assise végétalisée. Cette paroi est constituée de barrières en bois espacées les unes des autres sur lesquelles une végétation grimpante peut s'enrouler pour croître.

La toiture de ce mobilier est très fine puisqu'elle fait un peu plus de 8 cm, c'est donc une toiture extensive. La biodiversité reste favorisée, mais pourrait être plus développée. Notamment en fonction du design, il serait possible d'augmenter l'épaisseur du substrat de la toiture.

De la même manière, il est possible de réfléchir autrement à l'assise végétalisée puisqu'elle a posé des problématiques d'usages. En effet, les personnes utilisant le dispositif n'osaient pas s'asseoir par peur de se salir ou par peur de la proximité avec les insectes. Il serait donc

intéressant de designer le dispositif différemment pour pallier ce problème tout en gardant une partie verticale végétalisée pour faire le lien avec la toiture et le sol.

Pour aller plus loin...

AUDIE-LIEBERT et al. (2021). Les passages à faune. Préserver et restaurer les continuités écologiques, avec les infrastructures linéaires de transport,. CEREMA.

EL Jai B. et al. (2015). Favoriser la restauration de la biodiversité en milieu urbain: les facteurs de réussite dans le cadre de quatre projets de restauration.

GESLIN et al. (2020). Bee hotels host a high abundance of exotic bees in an urban context. *acta oecologica*, volume 105.

Loiret Nature Environnement. (2021). Nature et Bâti, Cohabiter avec la faune sauvage.

LPO. (2023). Aménagements pour les insectes. *Guide technique Biodiversité et paysage urbain*, fiche n°27.

LPO. (2023). Aménagements pour les mammifères. *Guide technique : Biodiversité et paysages urbains*, fiche 24.

LPO. (2023). Aménagements pour les reptiles et les amphibiens,. *guide technique bâti et biodiversité* n°26.

LPO. (s.d.). *Créer un tas de bois*. Récupéré sur LPO-auvergne-rhone-alpes: <https://auvergne-rhone-alpes.lpo.fr/s-engager/en-tant-que-citoyen/pour-aller-plus-loin/creer-un-tas-de-bois/>

LUDWIG P. MURATET A. (2019). Plantons locales en île-de-France. *ARB, institut paris région*.

Marais S. (18 janvier 2022). Brighton bee bricks initiative may do more harm than good, say scientists. *The Guardian*. Récupéré sur The Guardian.

Muséum d'histoire naturelle. (2018). Y a t-il vraiment moins de biodiversité en ville ? conférence du 29 septembre 2018.

NOBLET J. (2019). *Agir pour la biodiversité tout autour de vous*. Plume de Carotte.

ROUSELLE K. et NOWICKI F. (2016). chiroptères et infrastructures de transports. CEREMA.

VII. La gestion des dispositifs

En amont de la conception d'un aménagement paysager, il est important de prendre en compte certains critères pour le choix des espèces. Il faut effectivement essayer d'avoir des plantes adaptées aux conditions climatiques locales, aux caractéristiques des sols ou encore à la phytosociologie¹¹. Tous ces critères dépendent donc d'un terrain.

Le guide, *Plantons local en Ile-de-France*, met l'accent sur l'importance dans la phase de conception de surfaces végétalisées de penser aux modes de gestion. Lors de plusieurs entretiens, ce sujet a été abordé. En effet, il a été souligné la nécessité d'une discussion entre l'aménageur et l'exploitant en amont du projet. Cette discussion aurait pour but de déterminer les capacités de l'exploitant à assurer la gestion (entretien et maintenance) des dispositifs mis en œuvre, notamment en matière de budget, de compétences ou encore de matériel. Cette page permet d'exposer les différents types de gestions d'espaces végétalisés identifiés qui favorisent la biodiversité. La gestion différenciée, l'éco-pâturage ou encore les programmes de la SNCF font partie de ces modes de gestion.

1. La gestion différenciée

La gestion différenciée a fait son apparition en 1889, elle est un mode de gestion d'espace végétalisé prenant en compte les besoins de la biodiversité afin de la préserver (LUDWIG P. MURATET A., 2019). Aujourd'hui, elle peut aussi avoir l'appellation de gestion raisonnée ou écologique. En comparaison avec les thématiques de préservation de la biodiversité ce sujet est précurseur (André E., 1889), il est apparu dans un cadre paysagiste pour permettre une gestion de l'espace végétalisée différentes suivant leur type (CAUE de la Vendée, 2015).

Les bénéfices pour la biodiversité apportés par la gestion différenciée sont multiples et dépendent des techniques choisies ; elle permet d'offrir une source d'alimentation et des habitats pour la faune, elle fertilise les sols, elle limite l'érosion et le ruissellement en facilitant l'infiltration de l'eau dans le sol.

Au-delà des enjeux biodiversité, la gestion différenciée a des intérêts culturels, sociaux et économiques à ne pas négliger (CAUE de la Vendée, 2015). Au niveau culturel, elle peut permettre de valoriser des paysages communaux, de mettre en valeur des sites patrimoniaux ou encore de diversifier et transmettre le savoir-faire et l'art du jardinier. Au niveau social, elle permet d'améliorer le cadre de vie des habitants et d'éduquer le grand public à l'environnement. Enfin au niveau économique, elle permet d'optimiser du temps d'entretien et de matériels.

Il n'existe pas une seule liste fixe d'actions à mener mais plutôt un ensemble d'actions possibles pour faire attention à la faune et la flore.

Les principales actions sont présentées dans les chapitres ci-dessous :

- Laisser pousser
- Améliorer la gestion des arbres
- Penser la gestion dès la conception
- Prendre en compte les périodes d'activité de la faune
- Ne pas utiliser de produits phytosanitaires

¹¹ La synergie des espèces entre elles

- Ne pas faucher en une seule fois

1.1. Laisser pousser

Un des principaux objectifs de la gestion différenciée est de réduire la fréquence de l'entretien des espaces végétalisés. Laisser la végétation se développer permet à la faune d'être plus tranquille et de s'installer durablement dans une surface végétalisée. Plus un terrain est entretenu plus il risque d'être déserté par les animaux. En effet, les herbes hautes sont autant d'endroits où la faune peut s'abriter.

Dans le discours des acteurs du monde de la construction (Nicolas Garand, responsable de l'exploitation de la gare de Nîmes Pont-du-Guard), la gare doit être entretenue pour des questions de sécurité, ce qui rend difficile cet aspect de la gestion différenciée.

De plus, laisser pousser la végétation est souvent jugés par les usagers comme de la négligence d'entretien (Hélène Redel, Véronique Couvrat et Julien Bevière, responsable de l'exploitation des gares du RER C). Cette impression de gare non « propre » peut freiner l'expansion de ce mode de gestion.

De plus, en gare, ce mode d'entretien des dispositifs est sujet à des problèmes de plantes envahissantes. En effet, les gares sont colonisées par des plantes qui en plus de pousser très vite et dans les zones non voulues comme aux abords des voies. Ces plantes sont souvent exogènes et non bénéfiques à la faune locale. En effet, les animaux auront tendance à moins retrouver de ressources alimentaires puisque l'espèce invasive va monopoliser les ressources de la végétation autour et se développer au détriment des autres. Le phénomène entraîne la réduction de la diversification d'espèces végétales, c'est particulièrement vrai avec la renoué du Japon, une plante colonisant les abords des voies ferrées (Biaunier et al., 2019). Cette dernière peut abîmer les infrastructures (la plante a la capacité de s'insinuer dans les anfractuosités, elle peut à long terme abîmer des murets, des écluses, etc.), compromettre la circulation, diminuer la visibilité des trains pour les personnels intervenants, mais aussi envahir des zones de compensation. Pour faire face à ce phénomène, une des actions préconisées est de faucher cinq à huit fois par an, ce qui est loin de la fréquence désirée pour une gestion différenciée.

D'autres techniques sont utilisées pour lutter contre les plantes envahissantes :

- L'arrachage manuel,
- La plantation d'espèces à fort recouvrement et avec des réseaux racinaires denses (adaptées à la faune locale),
- La mise en place de prédateurs des plantes envahissantes (FLANDIN, J. & PARISOT, 2016).

De plus, deux programmes concernant ces questions sont présentés plus loin dans ce document.

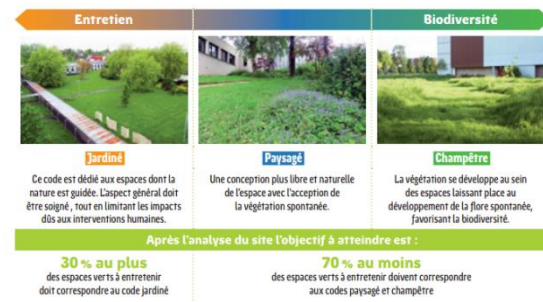
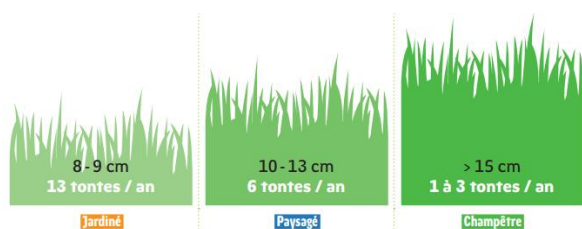


Figure 65: Illustration des espaces végétalisés par rapport à leur potentiel biodiversité

Source : guide de la gestion différenciée des espaces verts

La fauche est préférable à la tonte et au broyage pour la biodiversité (FLANDIN, J. & PARISOT, 2016).

1.2. Adapter le mode de gestion en fonction de l'espace végétal.



Le principe est d'adapter la gestion différenciée à un espace et à son usage.

Figure 66: Nombre de tontes par an en fonction de l'espace végétalisé désiré

Source : guide de la gestion différenciée des espaces verts

Prenons l'exemple d'un parc ; ce dernier peut être composé de certaines zones végétalisées dont la fréquentation des promeneurs est faible voire et il est alors possible d'entretenir ces zones qu'une à deux fois par an. En revanche, d'autres zones comme celles de promenades fortement empruntées.

Cette adaptation s'étend aussi à la mise en place de différents types d'espèces et de strates végétales. En effet, il faut noter que les arbustes ne seront pas entretenus comme les arbres ou encore que les massifs de fleurs ne soient pas entretenus comme de la pelouse.

En fonction de chaque strate, un entretien spécifique est prévu, en termes de fauchage, d'arrosage, de fertilisation ou encore de désherbage.

1.3. L'intérêt de gérer les arbres d'une meilleure façon

Plusieurs raisons amènent à considérer comme nécessaire l'élagage ou l'abattage d'un arbre : maladie, réduction de l'entretien des feuilles mortes, un intérêt esthétique, dangerosité de la chute d'une branche. Un arbre ancien sera habituellement remplacé par un arbre plus jeune.

Lorsqu'il est choisi d'entretenir l'arbre avec une technique d'élagage, celle-ci est souvent opérée de manière récurrente et peut interférer avec des périodes de nidification pour les oiseaux.

Il est donc important de comprendre que cette action est particulièrement néfaste pour la faune mais également pour le développement de l'arbre, dans la mesure où elle peut le fragiliser et diminuer sa croissance. De plus, la coupe d'arbre entraîne une diminution de la continuité écologique pour les insectes (FLANDIN, J. & PARISOT, 2016).

Cependant, si l'arbre est atteint d'une maladie, il est important de le couper pour éviter qu'elle se propage à la végétation présente à proximité.

1.4. Faire attention aux périodes d'activités importantes de la faune

En fonction des espèces à préserver une grande attention doit être faite quant à la période pour entretenir les espaces végétalisés. *Le guide de gestion écologique des espaces collectifs publics et privés* donne des recommandations générales selon certains types de taxons (FLANDIN, J. & PARISOT, 2016). :

- Pour les insectes :
 - Il faut veiller à éviter leur période d'activité d'avril à septembre.
 - Il faut faucher plutôt que broyer
 - Il est recommandé de faire en sorte de faucher en plusieurs fois (voir la partie 1.6. de ce chapitre)
 - Il est conseillé de faucher à plus de 10 cm du haut du sol
- Pour les oiseaux :
 - Il faut veiller à éviter leur période de nidification généralement de mars à juillet.
 - Il est recommandé d'essayer de maintenir des zones de refuges en hiver
 - Il faut également favoriser les haies diversifiées avec des arbustes à baies
- Pour les Chauves-souris :
 - Il est recommandé d'intervenir entre mars et début mai ainsi qu'entre mi-septembre et mi-novembre
 - Il faut aussi essayer de maintenir des zones de refuges en hiver
- Pour les amphibiens :
 - Il est conseillé de veiller à ne pas intervenir de février à septembre dans les zones en eau et dans les marres.

1.5. Ne pas utiliser de produits phytosanitaires

Les produits phytosanitaires ont un véritable impact sur la biodiversité. Il est donc conseillé de désherber manuellement et non avec des produits qui desserviraient la faune. Ces produits impactent directement les animaux sur leur capacité de reproduction, ils empêchent le développement des insectes dans les plantes hôtes et ils détruisent une partie de la petite faune présente au sol (FLANDIN, J. & PARISOT, 2016).

Au-delà de la faune, ce sont les Hommes qui en sont le plus impactés puisqu'ils jouent sur la qualité de l'eau, de l'air et donc sur la santé publique.

Bien que cette pratique soit maintenant minoritaire, leur utilisation dans les jardins amateurs contribue à cette pollution au même titre que les espaces publics pour la qualité de l'eau (Blanchoud et al., 2007). Pour cette raison, le gouvernement a interdit leur utilisation dans plusieurs cas, notamment pour les particuliers d'acheter, d'utiliser et de stocker des produits phytopharmaceutiques de synthèse dans les jardins, les potagers, les balcons, terrasses et plantes d'intérieur. Cette loi est celle de Labbé modifiée par la suite par la loi de transition énergétique (art 68) du 1^{er} janvier 2019.

1.6. Ne pas faire le fauchage en une seule fois

La gestion différenciée préconise notamment de ne pas tout faucher en même temps (FLANDIN J. et al., 2016), sinon les insectes présents sur les plantes seront emportés parmi les débris de végétaux. Il faut donc leur donner la possibilité de quitter le site fauché avant de venir chercher plus tard ce qui reste de la fauche. De cette manière, il est recommandé de faucher le matin ou à forte chaleur quand les insectes sont présents sur la partie haute des tiges. L'idéal est de ne réaliser qu'un seul point de coupe des plantes lors de la fauche. L'insecte aura peu de chance de se trouver sur cet unique point, il pourra donc s'échapper.

Cette gestion a l'avantage d'être plus économique bien qu'elle demande une intervention plus fine de la part du prestataire qui a la responsabilité de la gestion du lieu.

Les difficultés de l'application de ce type de gestion sont doubles. La première barrière est liée aux usagers des espaces végétalisés qui auront tendance à trouver cette gestion négligée. En 2011, une étude (Plante & Cité, 2011) a montré que c'était 1/3 des usagers qui avait tendance à se fier à cette opinion. En revanche, ils sont 79% de cette étude à vouloir l'arrêt de l'utilisation des produits phytosanitaires. La deuxième barrière concerne les pratiques et la formation du prestataire en charge de la gestion d'espace végétalisé. Il ne comprend pas forcément cette volonté de prendre en compte la biodiversité et a des difficultés à adapter ses pratiques.

2. L'éco-pâturage



Figure 67 : L'éco-pâturage de la SNCF
Source : SNCF

L'éco-pâturage est une gestion écologique de la végétation notamment aux abords des voies qui permet la régulation de la croissance des végétaux par leur ingestion de la part d'animaux pâturant. Ces animaux peuvent être des ovins, des caprins, des bovins ou encore des équidés (Lelay M. et al., 2019). L'objectif de cette gestion pour la SNCF est de réduire leur utilisation de produits phytosanitaires et de lutter contre les plantes invasives.

Ces projets ont plusieurs effets positifs sur la biodiversité, ils favorisent une flore diversifiée en essaimant les graines et ils empêchent l'utilisation d'engin mécanique ce qui permet le développement des oiseaux et des insectes dans ces zones. L'éco-pâturage entretient un environnement similaire à celui d'une zone prairiale, offrant alors un accueil pour les nombreux insectes, pollinisateurs et la petite faune locale. Enfin, le fait d'utiliser des espèces rustiques pour le pâturage favorise la conservation des espèces pâturant non-consommées par l'Homme.

En plus de ces nombreux avantages, l'éco-pâturage permet aussi de créer de la communication et de l'éducation autour de ces questions de biodiversité, en créant du lien notamment entre les riverains. Il participe au bien-être des usagers ainsi qu'à la réduction des coûts d'entretiens des talus ferroviaires. Si l'espace est suffisamment grand et éloigné du public, les animaux peuvent être laissés sur le terrain, diminuant en même temps, les coûts d'entretien.

Cependant, l'éco-pâturage n'a pas que des points positifs. En effet, les animaux sont souvent la cible de comportements malveillants de la part des usagers. De plus, si l'éco-pâturage est intensif, les animaux auront tendance à dégrader le talus plutôt qu'à aider à le préserver.

D'après un retour d'expérience (Frédéric Madre, enseignant chercheur au Muséum d'Histoire Naturelle), le coût de l'éco-pâturage est plus élevé que celui du débroussaillage classique, notamment parce que bien que la technique en elle-même soit moins coûteuse, il faut penser à entretenir des clôtures et à se munir d'abreuvoirs et de tout ce qui permet d'accompagner les animaux. Les clôtures doivent souvent être entretenues.

Cependant, dans certains cas, l'éco-pâturage peut être plus intéressant que les autres modes de gestion du point de vue économique. Par exemple, dans le cadre de l'aménagement du centre d'exploitation de la ligne 15, l'installation d'une grande toiture végétalisée est prévue pour le

projet. L'entretien envisagé est un éco-pâturage car les coûts d'entretien projetés sont inférieurs à ceux de l'entretien mécanique des lieux toujours d'après Frédéric Madre, travaillant sur le projet.

3. Les programme de recherche SNCF

Cette partie sur la gestion différenciée permet de mettre en avant deux programmes de recherche de la SNCF : le programme recherche sur les Espèces Exotiques Végétales Envahissantes (REEVES) et les recherches sur l'ensemencement choisi.

3.1. L'ensemencement choisi

Le principe de ce programme est de planter de la végétation sur les voies afin de remplacer les espèces envahissantes par des plantes d'une hauteur inférieure à 10 cm (SNCF, « CHOISIR LA VÉGÉTATION PLUTÔT QUE LA SUBIR », 2023). Cette taille a été déterminée pour les raisons suivantes :

- permettre l'observation des défauts des rails,
- ne pas gêner le passage des trains
- limiter les risques de chutes des agents intervenants sur les voies.

Les plantes sont choisies pour résister au climat local.

Cette technique a été pensée en complément de l'éco-pâturage, sur des types de zones où celui-ci ne pourrait être mis en oeuvre, toujours dans un objectif de lutte contre l'utilisation des produits phytosanitaires. Le principal site d'expérimentation choisi est celui du technicentre de Villeneuve-Saint-Georges situé dans le Val-de-Marne.

L'installation de ces plantes nécessite l'application d'une technique complexe nommée l'hydromulching. Le principe est de déposer sur le sol un mélange de graines avec de l'eau, de la cellulose, de la fibre de bois et de la matière organique. Les plantes poussent ainsi beaucoup plus vite et prennent le dessus sur les indésirables.

Ce mode de gestion, s'il aboutit à une solution opérationnelle, aura l'avantage de créer une continuité écologique au niveau des rails qui représentaient par avant un terrain hostile au passage des animaux. L'utilisation effective de ces espaces par la faune dépend de la présence d'autres dispositifs à proximité, ainsi que de l'attraction des animaux pour ces plantes. L'inconvénient est que le dispositif pourrait aussi inciter les animaux à rester dans l'emprise ferroviaire créant alors d'autres types de problématiques.

Il faut s'interroger sur le risque que cette végétation devienne à terme de la végétation envahissante.

3.2. Le programme REEVES

Le programme de recherche sur les Espèces Exotiques Végétales Envahissantes (REEVES) mené par SNCF réseau vise à trouver une solution à l'invasion des plantes envahissantes et de limiter l'utilisation de produits phytosanitaires. Deux phénomènes biologiques sont étudiés ; les

composés allélopathiques¹² et les symbioses de mycorhizes¹³. Ils permettent de mieux comprendre les mécanismes de développement des plantes envahissantes ainsi que de mettre en place des techniques pour favoriser la pousse de plantes locales les plus adaptées à la faune et pouvant à la fois survivre aux conditions climatiques mais aussi concurrencer les espèces envahissantes.

Ce programme a été lancé en 2019 pour une durée de 4 ans.

Dans un premier temps, il s'intéresse aux phénomènes biologiques permettant la propagation des espèces envahissantes et comme ils sont difficiles à évaluer en milieu extérieur, les premières expérimentations se sont faites en laboratoire.

Ce programme a pour objectif dans un deuxième temps la plantation d'espèces spécifiques pour rétablir une concurrence végétale aux espèces envahissantes sur des sites d'expérimentation comme en Champagne-Ardenne (Localisation à Deville, Nouzonville et Charleville puis à Germaine et Ay-en-Champagne) et en région PACA (Localisation à Morières-lès-Avignons et Jonquerettes puis à Agay). Les espaces sélectionnés ont pour caractéristiques communes d'accueillir cinq espèces envahissantes d'intérêt ; la Renouée du Japon (*Reynoutria japonica*), l'Ailanthé (*Ailanthus altissima*), le Robinier faux-acacia (*Robinia pseudoacacia*), le mimosa (*Acacia dealbata*), la Canne de Provence (*Arundo donax*) et d'être des talus végétalisés.

(SNCF, Le programme REEVES, 2021).

Le programme mobilise plus de 14 chercheurs et 5 laboratoires (Morin V., 2020) :

- Le Laboratoire d'Agronomie et Environnement (LAE, Université de Lorraine)
- Le Laboratoire Sol et Environnement (LSE, Université de Lorraine)
- Le CNRS avec le Laboratoire Interdisciplinaire des Environnements Continentaux (LIEC, Université de Lorraine)
- L'Institut Méditerranéen de Biologie et d'Ecologie (IMBE, Aix-Marseille)
- Le Centre d'Ecologie Fonctionnel et Evolutive (CEFE, Montpellier)

Le budget de REEVES est de 1,5 million d'euros

Pour aller plus loin....

André E. (1889). *Traité général de la composition des parcs et jardins*.

BIAUNNIER et al. (2019). Renouées asiatiques et infrastructures de transport. *Sciences Eaux & Territoires*, 44-49.

Blanchoud H., e. a. (2007). Contribution by urban and agricultural pesticide uses to water contamination at the scale of the Marne watershed. *Science of the total Environment*.

CAUE de la Vendée. (2015). *guide méthodologique de la gestion différenciée*.

FLANDIN, J. & PARISOT (2016). GUIDE DE GESTION ÉCOLOGIQUE DES ESPACES COLLECTIFS PUBLICS ET PRIVÉS. *Natureparif*.

¹² Éléments chimiques naturellement produits par de nombreuses espèces végétales via les racines (exsudats racinaires) ou les feuilles (pluiolessivats, dégradation de la litière, volatilisation). Ils induisent des interactions entre les plantes et avec les micro-organismes. Définition officielle (Rice, 1984) : « tout effet direct ou indirect, néfaste ou bénéfique, d'une plante sur une autre, micro-organismes compris, dû à la production de composés chimiques libérés dans l'environnement ».

¹³ association symbiotique de champignons microscopiques au système racinaire du végétal, favorisant sa nutrition et ses défenses.

LELAY M. et al. (2019). L'éco-pâturage pratiqué par SNCF Réseau. *Sciences eaux et territoires* .

LPO. (2023). Aménagements pour les insectes. *Guide technique Biodiversité et paysage urbain, fiche n°27*.

LPO. (2023). Aménagements pour les mammifères. *Guide technique : Biodiversité et paysages urbains, fiche 24*.

LPO. (2023). Aménagements pour les reptiles et les amphibiens,. *guide technique bâti et biodiversité n°26*.

LUDWIG P. MURATET A. (2019). Plantons local en île-de-France. *ARB, institut paris région*.

Morin, V. (2020, septembre 3). *PROGRAMME DE RECHERCHE DE SNCF RÉSEAU SUR LES ESPÈCES VÉGÉTALES ENVAHISSANTES (REEVES)*. Récupéré sur especes-exotiques-envahissantes.fr: <http://especes-exotiques-envahissantes.fr/programme-de-recherche-de-sncf-reseau-sur-les-especes-vegetales-envahissantes-reeves/#:~:text=Le%20programme%20REEVES&text=Identifier%20une%20m%C3%A9thode%20de%20gestion,v%C3%A9g%C3%A9tation%20sur%20les%20zones%20co>

Plante & Cité. (2011). *AcceptaFlore*.

SNCF. (2021). *Le programme REEVES*. Récupéré sur SNCF.

SNCF. (2023). « *CHOISIR LA VÉGÉTATION PLUTÔT QUE LA SUBIR* ». Récupéré sur SNCF.

Définition

Les Habitats : parmi les éléments du paysage, les habitats sont des milieux où une population d'individus d'une espèce donnée ou d'un groupe d'espèces peuvent normalement vivre et s'épanouir. En termes plus simples, c'est le milieu de vie d'un organisme. Il est formé d'un ensemble de facteurs écologiques qui constituent le milieu et offrent les ressources suffisantes pour permettre à une population d'une espèce de vivre et se reproduire.

Trame noire : ensemble connecté de réservoirs de biodiversité et de corridors écologiques pour différents milieux dont l'identification tient compte d'un niveau d'obscurité suffisant pour la biodiversité nocturne (SORDELLO et al., 2021).

Les services écosystémiques : cette notion renvoie à la valeur monétaire des écosystèmes, calculée en fonction de ce qu'ils fournissent à l'humanité : il en existe de quatre grands types ; Les services d'approvisionnement qui correspondent à ce que la nature fournit à l'Homme comme la nourriture, les matières premières ou encore les substances médicinales, les services de régulation qui correspondent à la régulation du climat, la régulation du cycle de l'eau ou encore un rôle de prévention contre les catastrophes naturelles, les services culturels qui correspondent à ce que la nature peut offrir d'immatérielle comme les valeurs spirituelles ou encore éducatives et enfin les services de soutien constituent un services de maintien des conditions favorables à la vie sur Terre, d'après la définition communément admise de l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire (MEA).

Les Taxons : entité d'êtres vivants regroupés dans un ensemble par leur caractéristique communes venant notamment de leur lien de parenté.

Annexe

1. Tableau concernant les passages à faune et les taxes

PARTIE



176 LES PASSAGES À FAUNE, UNE MESURE EFFICACE POUR RÉTABLIR LES CONNECTIVITÉS TRANSVERSALES

Groupe d'espèces		Passage toute faune						Passage petite faune					
		Exceptionnel		Remarquable		Ordinaire		Ouvrage non dédié à la faune équipé de banquettes enherbées	Passage canopée	Tunnel amphibien (double sens)	Petit ouvrage hydraulique équipé d'une banquette	Ouvrage de talweg sec	Ouvrage simple
Espèce	Supérieur (tranchée couverte, tunnel)	Intérieur (viaduc)	Supérieur	Intérieur (viaduc)	Supérieur	Intérieur	Supérieur ou inférieur						
		● (si H > 4 m)	●	● (si H > 4 m)	○	○ (si H > 4 m)	○ (pour inférieur seulement si H > 4 m sinon X)	X	X	X	X	X	X
Ongles	Carf	●	●	●	●	●	●	○	X	X	○	○	X
	Chevreuil, chamois	●	●	●	●	●	●	○	X	X	○	○	○
	Sanglier	●	●	●	●	●	●	○	X	X	○	○	○
	Ours brun	●	●	●	●	●	●	○	X	X	○	○	X
	Lynx	●	●	●	●	●	○	○	X	X	○	○	○
Carnivores	Loup	●	●	●	●	●	●	○	X	X	○	○	X
	Loup	●	●	●	●	●	●	○	X	X	○	○	X
	Renard	●	●	●	●	●	●	○	X	●	●	●	●
	Chat sauvage	●	●	●	●	●	●	○	X	●	●	●	●
	Blaireau	●	●	●	●	●	●	○	X	●	●	●	●
	Loutre	○	● (Mixte hydraulique) ○ autres	○	● (Mixte hydraulique) ○ autres	○	● (Mixte hydraulique) ○ autres	○ (Intérieur mixte hydraulique) ○ Supérieur	X	○	●	○	○
	Vison d'Europe												
	Martre	●	●	●	●	●	●	○	○	●	●	●	●
	Fouine												
	Autre petit mustélidé	●	●	●	●	●	●	○	X	●	●	●	●
Genette	●	●	●	●	●	●	○	?	●	●	●	●	

2. Tableau du CEREMA des impacts de la lumière en fonctions des taxons

Groupe	Impacts	Obligations générales*/Obligations dans des cas particuliers*/ Recommandations
Insectes	<ul style="list-style-type: none"> ■ Effet piège/puits à l'échelle locale ■ Effet barrière par attraction, à l'échelle paysagère 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Éviter les alignements denses de luminaires ■ Espacer les points lumineux ■ Pas d'émissions dans l'ultra-violet et éviter les émissions dans le bleu
Oiseaux	<ul style="list-style-type: none"> ■ Effet sur l'accouplement ■ Effet sur la nidification ■ Effet sur la dispersion des juvéniles ■ Effet sur la chronobiologie ■ Effet sur la migration 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ulr = 0 ■ Limiter la puissance des points lumineux pour agir sur l'effet de halo (par réflexion sur les matériaux du sol ou de façade) ■ Pas de lumière directe émise vers la mer ■ Mesures d'extinction en période de migration/d'envol ■ Éviter l'éclairage sur des points hauts (tours...) ■ Éviter les éclairages de type lasers, canons à lumière etc souvent dirigés vers le ciel et visibles à des kilomètres ■ Éclairer le moins possible les parcs et jardins et y éviter les lumières blanches (limiter les émissions de l'ultra-violet au bleu) ■ Pas d'éclairage de mise en valeur sur des bâtiments abritant, ou ayant abrité, des colonies d'espèces protégées
Mammifères terrestres	<ul style="list-style-type: none"> ■ Effet barrière par répulsion à l'échelle paysagère ■ Effets sur l'alimentation ■ Effet sur la chronobiologie 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pas d'émissions dans le bleu ■ Limiter voire supprimer l'éclairage dans les zones de continuités écologiques terrestres ■ Réduire les surfaces et quantités de lumières émises vers le sol
Mammifères volants	<ul style="list-style-type: none"> ■ Évitement de la lumière pour toutes les espèces à une échelle globale (réduction des aires de répartition) ■ Avantage pour l'alimentation au niveau local pour certaines espèces (du fait de l'attraction des insectes) ■ Effets sur la chronobiologie 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Toutes mesures visant à réduire voire supprimer la pollution lumineuse (nombre, intensité, couleur, positionnement des points lumineux, orientation)
Poissons	<ul style="list-style-type: none"> ■ Effet attraction ■ Effet répulsion ■ Effets sur l'alimentation ■ Effets sur la reproduction ■ Effets sur la croissance 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pas d'éclairage direct des cours d'eau et surfaces en eau
Amphibiens et reptiles	<ul style="list-style-type: none"> ■ Effet attraction ■ Effet répulsion ■ Effet barrière en période migratoire. Effet sur la reproduction. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pas d'éclairage direct des cours d'eau et surfaces en eau, et du domaine public maritime (dont plage) ■ Températures de couleur chaudes et spectres étroits ■ Extinction en période de migration ■ Laisser des trouées noires pour rendre les infrastructures perméables
Flore	<ul style="list-style-type: none"> ■ Effet sur la croissance et le cycle de vie (chute des feuilles, ouvertures des bourgeons...) ■ Effet sur la reproduction (pollinisation) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ cf. Insectes ■ Proscrire les éclairages en contre-plongée ■ Éviter les éclairages de « mise en valeur » des végétaux dans les parcs ■ Limiter les éclairages en milieux naturels/agricoles/forestiers

* Ces obligations sont celles prévues dans l'arrêté ministériel du 27/12/2018. Elles peuvent ne s'appliquer que dans certains espaces. Il est également possible de prévoir de nouvelles obligations par arrêté préfectoral dans certains cas.