

IMPACTS ÉCOLOGIQUES DES CLÔTURES ET SOLUTIONS DE REMÉDIATION POSSIBLES

**État des connaissances et bonnes pratiques
spécifiques aux centrales photovoltaïques au sol**



Auteur

Cet ouvrage a été rédigé par Caryl BUTON, Cabinet X-AEQUO.

Contributeurs

Il a été réalisé en liaison avec un Comité de suivi constitué de : Véronique de Billy (OFB, Direction générale Déléguée Mobilisation de la Société - Direction Appui aux stratégies pour la Biodiversité), Thomas Eglin (ADEME Service Planification Energétique Prospective Impacts Territoires, Animateur Impacts Environnementaux des ENRs), Pierre Rale (ADEME, Service Réseaux et Énergies Renouvelables, filière photovoltaïque), Christine Saint-Andrieux (OFB, Direction de la recherche et de l'appui scientifique, Service Anthropisation et fonctionnement des écosystèmes terrestres).

Ont également contribué au sein du Comité scientifique et technique réuni pour l'occasion : Géraldine Audie-Liébert (CEREMA Sud-Ouest), Anne-Laure Dugué (LPO), Julie Gabrieli (Observatoire des Galliformes de Montagne), Eric Guinard (CEREMA Sud-Ouest), Jonathan Jumeau (Collectivité européenne d'Alsace), Nicolas Kaldonski (IMBE), Emmanuel Menoni (OFB - en retraite).

Sont remerciés les autres relecteurs dans ses versions de travail ou finale : Sylvain Clapot (AMETEN), Frédéric Fève (naturaliste indépendant), Sabrina Foli (Auddicé Environnement, AFIE), Samuel Maurice (AMETEN), Jean François Noblet (Nature et humanisme), Vincent Vignon (OGE).

Ont également contribué : Laurent Arthur (Chauve-Qui-Peut), Apolline Auclerc (Laboratoire Sols et Environnement UMR 1120 INRAE Université de Lorraine), Emmanuelle Baronnet-Frugès (Alliance Hérissons), Anne Burban-Finger (le Sanctuaire des Hérissons), Thierry Chevrier (FDC 05), Nicolas Klatka (Piqu'caen), Mathieu Narce (FRC PACA), Sara Stahl (Les Ptis Kipics), Quentin Vincent (Sol&Co).

Ce travail a par ailleurs été l'occasion d'échanges nombreux et constructifs avec différents acteurs de la filière. Je les remercie collectivement pour la richesse de ces débats, leurs retours d'expériences et les propositions qui ont été intégrées dans le guide.

Crédits

- Toutes les illustrations ont été incluses avec l'aimable autorisation des auteurs.
- Couverture : C. Buton.

Remerciements

Tous mes remerciements vont à l'Office Français pour la Biodiversité en la personne de son Directeur M. Pierre Dubreuil pour la confiance accordée en soutenant ce projet, ainsi qu'à Véronique de Billy pour sa disponibilité et son appui constant dans ce projet. Je tiens à remercier très cordialement l'ensemble des personnes qui ont apporté des éléments dans cette vaste réflexion.

Remerciements également à :

- en France : Laura Clévenot (SNCF Réseau), Raphaël Colombo (Asellia Ecologie), Mathilde Deleaux (CeA), Eléonore Drais-Canovas (CeA), Jules GISBERT-LAUBRY (Biotope), François Nowicki (CEREMA), Jean-Noël Philibert (FDC83), Stéphanie Zieger-Morrisson (SNCF RESEAU) ;
- en Australie : Leonard Fitzpatrick (Bats Queensland & Bat Conservation and Rescue Queensland), Jon Luly (James Cook University), Jennefer Mclean (Tolga Bat Hospital & wildlifefriendlyfencing.org), Rodney Van Den Deer (University of Melbourne) ;
- aux États-Unis : Jeff Gagnon (AZDOT), Shaula Hedwall (U.S. Fish and Wildlife Service), Andrew Jakes (Smithsonian's National Zoo and Conservation Biology Institute), Karl Kosciuch (Western EcoSystems Technology, Inc.), Alex Mc Inturff (U.S. Geological Survey Washington Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, School of Environmental and Forest Sciences, University of Washington), Wenjing Xu (University of Michigan) ;
- au Royaume-Uni : Rory Canavan (IENE, ARUP) ;
- ainsi qu'au Groupe de spécialistes de la conservation de la connectivité de la CMAP de l'IUCN.

Ce travail a reçu le soutien financier de l'Office Français pour la Biodiversité.

Contact

Caryl BUTON, Cabinet X-AEQUO, x-aequo@orange.fr, Les 3 Rivières, C2-15, 410 avenue Janvier Passero, 06210 Mandelieu La Napoule (Fr.)

Caryl BUTON est ingénieur agronome, spécialisé en sciences et génie de l'environnement, naturaliste et membre de l'Association Française Interprofessionnelle des Écologues (AFIE). Consultant indépendant, il a développé sur le terrain depuis plus de 25 ans une expertise spécifique sur les questions de fragmentation des milieux naturels et de clôtures animales. Il est enseignant vacataire sur ces thématiques auprès d'écoles d'ingénieurs (ENSAIA, ENGEES). Il participe aux réseaux techniques traitant des continuités écologiques : membre du Comité Scientifique et d'Experts du réseau européen IENE ainsi que du groupe de spécialistes de la conservation de la connectivité de la CMAP de l'IUCN ; participation aux publications récentes du CEREMA et au programme de recherche ITTECOP ; jury (au titre de l'AFIE) du Prix National du Génie Ecologique de l'A-IGéco et du Prix Infrastructures pour la Mobilité, Biodiversité & Paysage de l'IDDRIM, etc.

Citation recommandée : Buton, C., 2023, Impacts écologiques des clôtures et solutions de remédiation possibles. État des connaissances et bonnes pratiques spécifiques aux centrales photovoltaïques au sol, Cabinet X-AEQUO.



Les éléments contenus dans ce guide n'ont qu'un caractère informatif sans aucune valeur réglementaire ou normative. Il appartient à chaque lecteur de les replacer dans le cadre de son projet. Chaque recommandation ou suggestion formulée au sein de ce guide doit être recontextualisée au cas par cas, conformément au principe de proportionnalité inscrit au code de l'environnement, en intégrant d'autres enjeux ou contraintes propres à chaque projet : paysage, risques naturels (p. ex. plans de prévention des risques d'inondation), incendie, etc.

Le présent guide est proposé à l'aune des connaissances scientifiques et guides publiés dont nous avons connaissance, ainsi que des retours d'expérience qui nous ont été transmis lors de la rédaction.

Ce travail a été l'occasion d'échanges nombreux avec divers intervenants réunis au sein d'un comité de suivi et d'un comité scientifique et technique ou sollicités de façon spécifique. Toutefois, certaines des recommandations et suggestions n'ont pas fait l'objet de consensus. Le présent document ne saurait donc être considéré comme une vision validée ou partagée par l'ensemble des contributeurs.

Compte tenu de la variété des contextes d'application, de l'étendue de la problématique des impacts écologiques des clôtures ainsi que du caractère émergent et innovant des études scientifiques et des méthodes proposées en réponse à leurs incidences sur la faune sauvage, la responsabilité de l'auteur ne saurait être engagée par les usages qui seraient faits de ce document à l'occasion de réalisations particulières.

Dans un contexte de 6^{ème} phase d'extinction massive de la biodiversité, il devient urgent d'atténuer les pressions d'origine humaine s'exerçant sur la flore et la faune sauvage. Parmi les facteurs de pressions à l'origine de ce déclin, les scientifiques de l'IPBES citent prioritairement le changement d'usage et d'affectation des terres et des mers, qui a pour conséquences de dégrader voire de détruire les habitats des espèces sauvages, et d'altérer voire interrompre leurs mouvements migratoires, compte tenu de l'installation de multiples obstacles à leurs déplacements. Ces incidences fragilisent les populations, affectent le bon accomplissement de leurs cycles de vie, altèrent le renouvellement des générations et peuvent, à terme, engendrer la disparition des espèces les plus sensibles. Afin d'y remédier, la France s'est engagée à contribuer aux engagements internationaux et communautaires de préservation des milieux naturels et d'arrêt de l'érosion de la biodiversité dans les territoires. Outre la mise en place d'aires protégées, une des solutions est de maîtriser les pressions exercées par l'homme sur les milieux naturels et les espèces, en adaptant lorsque cela est possible, les pratiques aux besoins de ces espèces. En 2009, une politique spécifique de **préservation et de restauration des réseaux d'échanges de la faune sauvage entre les milieux naturels** (dits « continuités écologiques ») est mise en place : la Trame verte et bleue. Celle-ci se décline notamment dans les schémas de planification régionale (Sraddet), dans les documents d'urbanisme locaux (Scot et PLU) et se traduit par des actions de restauration de la connectivité sur le terrain notamment autour de la réduction de l'incidence d'obstacles ou de leur suppression (passages à faune, effacement de barrages...).

Autre pression majeure identifiée par l'IPBES et aux conséquences de long terme pour la biodiversité : le changement climatique. Celui-ci suppose la mise en place urgente de mesures d'adaptation et d'atténuation, dont la préservation des puits de Carbone naturels et la décarbonation de notre économie via notamment le déploiement des énergies renouvelables. Parmi les filières énergétiques concernées, les parcs solaires photovoltaïques constituent un des piliers majeurs de la Programmation Pluriannuelle de l'énergie 2019-2028 et de tous les scénarios prospectifs visant à répondre à l'objectif de neutralité Carbone pour la France dès 2050. Comme d'autres infrastructures clôturées de grande taille, ces parcs peuvent toutefois engendrer des incidences négatives significatives sur la biodiversité, en modifiant les conditions d'habitats pour les espèces sauvages et leurs corridors migratoires, corridors par ailleurs cruciaux pour permettre aux espèces d'adapter leur aire de répartition géographique dans le contexte de changement climatique. Aussi, **réduire l'empreinte biodiversité des parcs solaires photovoltaïques est un objectif qui ne doit pas être négligé**. Il suppose la mise en œuvre de mesures d'atténuation de ces incidences, et ce, à l'aune de l'ensemble des connaissances disponibles (cf. action 31 du Plan Biodiversité 2018 et mesure 5 du Plan solaire 2021).

Parmi les dispositifs à l'origine de pressions sur la biodiversité au sein des parcs solaires photovoltaïques, les clôtures bénéficient d'un socle de connaissances scientifiques et techniques déjà consistant, que ce soit en termes de caractérisation des risques d'incidences que de solutions de remédiation possibles. Connaissances généralement acquises sur d'autres types d'infrastructures et qu'il importait de partager avec les développeurs et l'ensemble des partenaires de la filière pour qu'ils se les approprient. C'est l'ambition de ce guide réalisé par le Cabinet X-AEQUO, qui propose une démarche pas-à-pas i) d'évaluation des enjeux de maintien ou de restauration des continuités écologiques au sein des sites concernés par les projets ; et ii) d'identification des choix technologiques recommandés au regard des différentes solutions alternatives possibles. Cette publication fait en quelque sorte écho aux évolutions législatives récentes qui ont conduit à la définition des modalités techniques de limitation de l'engrillagement des espaces naturels avec la loi du 2 février 2023.

L'OFB et l'ADEME ont souhaité soutenir la réalisation de ce guide, de même que sa diffusion et son appropriation par les différents acteurs via le futur Centre national de Ressources « EnR biodiversité, sol, eau et paysage ». Les retours d'expériences sur sa mise œuvre future, permettront par ailleurs une amélioration continue des pratiques. D'autres guides sont attendus, dont un sur les méthodes d'évaluation du bilan Carbone de ces projets et les modalités d'atténuation de leurs incidences sur la biodiversité, les sols et les paysages. Ensemble de recommandations techniques qui permettront de garantir in fine l'éco-conception des parcs solaires photovoltaïques, clef de la conciliation des politiques climatiques et de préservation de la biodiversité de l'État.

Véronique de Billy
OFB

Direction générale Déléguée Mobilisation de la Société
Direction Appui aux stratégies pour la Biodiversité

Thomas Eglin
ADEME

Service Planification Energétique Prospective
Impacts Territoires

PARTIE I : PRÉSENTATION GÉNÉRALE

1.1 Origine du projet – éléments de contexte	07
1.2 Objectifs	08
1.3 Domaine d'application	08
1.4 Définitions	09

PARTIE II : SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES RELATIVES AUX INCIDENCES ÉCOLOGIQUES DES CLÔTURES ET MESURES DE REMÉDIATION POSSIBLES

2.1 Synthèse des connaissances	14
2.2 Synthèse des recommandations proposées	18

PARTIE III : IMPACTS ÉCOLOGIQUES DES CLÔTURES

3.1 Origine des données présentées	24
3.2 Les clôtures, facteur direct de blessures et de mortalité	26
3.3 L'effet barrière : variantes et implications	48
3.4 Les clôtures, facteurs d'impacts indirects sur la flore et les habitats	58
3.5 Un impact cumulé avec les autres facteurs de fragmentation	61
3.6 Synthèse et mise en perspective	62

PARTIE IV : GUIDE DE BONNES PRATIQUES

4.1 Recommandations méthodologiques	68
4.2 Recommandations techniques	85
4.3 Recommandations pour les suivis environnementaux et l'amélioration des connaissances	107

· CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	117
· RÉFÉRENCES	119
· Table des illustrations	124
· Table des encarts	126

Abréviations

CPV : Centrale solaire Photovoltaïque au sol
 DFCI : Défense des Forêts Contre l'Incendie
 DECI : Défense Externe Contre l'Incendie
 EIE : Étude d'Impact sur l'Environnement
 ERC : séquence réglementaire « Éviter Réduire Compenser »
 OLD : Obligations Légales de Débroussaillage
 PLU : Plan Local d'Urbanisme
 SRADDET : Schémas Régionaux d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires
 TN : niveau du Terrain Naturel

Pictogrammes



Mention ou synthèse spécifique au cas des CPV.



Point de vigilance particulier.



Piste de questionnement à aborder à l'occasion de chaque projet (notamment lors de l'élaboration du projet et lors de l'EIE).



Point de vigilance intéressant aussi la phase chantier. En l'absence de données spécifiques à ce stade sur les clôtures de chantier, ce guide suggère de transposer par précaution à cette phase chantier les recommandations formulées par ailleurs.



Indication « pour mémoire » : point de détail ou définition particulière pour aller plus loin dans l'explication.

PARTIE I : PRÉSENTATION GÉNÉRALE

1.1 Origine du projet – éléments de contexte

Comme de nombreuses installations industrielles, les centrales solaires photovoltaïques (CPV) installées au sol sont en général encloses. Les clôtures limitent les risques d'intrusion et d'accès aux installations sensibles et ont donc une fonction de sécurité des biens et des personnes. Dans le cadre des CPV, ces clôtures font partie intégrante du projet global d'aménagement. À ce titre, l'évaluation de leurs impacts potentiels sur la faune, la flore, les habitats naturels et les équilibres écologiques est à mener lors de l'Étude d'Impact sur l'Environnement (EIE). L'objectif est d'appréhender la nécessité de prendre des mesures pour les atténuer, conformément à la logique de la séquence "Éviter, Réduire, Compenser" (ERC) qui vise l'absence de perte nette voire un gain de biodiversité¹. La pose de clôtures peut également nécessiter une déclaration préalable de travaux dans certains secteurs². Enfin, certains plans locaux d'urbanisme fixent des règles relatives à la hauteur, la nature ou l'aspect extérieur de ces clôtures. Il convient de le vérifier au cas par cas.



Contenus attendus dans les études d'impact : article R. 122-5 du Code de l'environnement (cas des projets soumis à une procédure d'évaluation environnementale – puissance crête > 1MWc).

Contenus attendus dans les études d'incidences environnementales : article R. 181-14 du Code de l'environnement. (cas des projets soumis à une évaluation au cas par cas et pour qui une étude d'impact ne s'impose pas finalement – 300 kWc < puissance crête < 1 MWc)

Au stade de la conception puis de l'instruction des projets de CPV, il arrive que le degré de précision des choix techniques effectués varie entre le « cœur du projet » (équipements nécessaires à la production d'énergie photovoltaïque) et les aménagements connexes parmi lesquels figurent les clôtures. Ces dernières sont par exemple rarement définies de façon précise lors des phases amont de conception et d'instruction des projets. Pourtant, ces choix techniques (surfaces encloses, type de matériel, modalités de mise en œuvre, etc.) conditionnent la nature et l'intensité des impacts écologiques engendrés. De façon générale, il est vivement recommandé de préciser dans les dossiers les choix techniques effectués et les mesures ERC associées³. Dès lors, ce sont bien les impacts de l'ensemble des dispositifs nécessaires à l'installation d'une CPV qui doivent être évalués, y compris les clôtures ou plus généralement le dispositif d'exclusion périphérique (Cf. définition en partie 1.4). Par ailleurs, comme le souligne le récent guide de l'ADEME sur l'agrivoltaique, il convient d'être également attentif aux « petits » projets qui ne sont pas soumis à étude d'impact, mais qui peuvent avoir des effets cumulés notables s'ils se multiplient⁴. Enfin, face aux défis de lutte contre le changement climatique et de souveraineté énergétique, les sources d'énergie alternatives décarbonées sont appelées à se développer massivement avec un risque de pression accrue sur des espèces et des milieux peu concernés actuellement.

À ce jour, les recommandations officielles portent sur la nécessité d'intégrer les clôtures à la fois dans l'analyse paysagère du projet⁵, et dans celle de la conservation des corridors

biologiques via la préservation de zones tampons et le choix d'un maillage adapté⁶. De plus, la pleine compréhension des impacts écologiques peut nécessiter un niveau de détails et d'investigations particulier. Cela doit en particulier conduire à faire interagir la conception de la stratégie d'exclusion périphérique et la définition du projet photovoltaïque en lui-même (p. ex. design général de la CPV).

En regard de ces différents enjeux, force est de constater que peu d'éléments de synthèse opérationnels ont été à ce jour formalisés quant à l'impact écologique des clôtures et aux mesures d'atténuation possibles. Au-delà du contexte photovoltaïque, ce constat semble valable y compris dans des secteurs où la prise en compte environnementale est ancienne comme celui des Infrastructures de Transport par exemple (début de l'écologie routière ou « road ecology » dans les années 1980). Les guides mentionnent de façon générale l'effet barrière de ces équipements sur la Trame Verte et Bleue⁷ et plus succinctement encore les effets de cumuls des clôtures ou de dangers liés aux poteaux creux. Les clôtures y sont présentées avant tout et à juste titre comme des solutions efficaces pour réduire le risque de collisions d'animaux avec des véhicules et figurent parmi les mesures de réduction possibles au titre de la séquence « Éviter Réduire Compenser »⁸. Souvent, les recommandations émanant de l'urbanisme et du bâti sont elles aussi dispersées et centrées sur la problématique générale de rupture des continuités. Elles portent aussi parfois sur les pièges physiques (poteaux). De manière opérationnelle, les préconisations portent généralement sur le choix ou l'adaptation des matériels, plus rarement sur la logique générale d'exclusion périphérique d'un site donné. Par ailleurs, bien que des approches innovantes aient déjà été menées sur des territoires faisant office de pilotes et concernant l'évaluation de clôtures agropastorales ou forestières, aucune synthèse n'existe en France sur les clôtures qui puisse guider de manière pragmatique les projets industriels, ni a fortiori les CPV. Ce constat semble partagé plus largement au niveau européen.

Devant ce constat, l'Office Français de la Biodiversité a invité le Cabinet X-AEQUO à présenter les impacts écologiques potentiels des clôtures de CPV, et à proposer des points de vigilance pour l'élaboration des projets ou leur évaluation environnementale lors d'un séminaire du réseau thématique "SolEoBio"⁹. L'intérêt suscité par cette problématique auprès des membres de ce réseau a conduit à envisager une mise à disposition plus complète de ces informations sous la forme d'un Guide des Bonnes Pratiques. Sa rédaction a permis de compléter les données et de renforcer encore la contextualisation au domaine photovoltaïque.



Idéalement, cette première version du guide de Bonnes Pratiques est destinée à évoluer pour prendre en compte les retours d'expérience à venir et les découvertes futures de la recherche dans ce domaine. Elle comprend cependant de nombreuses recommandations méthodologiques et techniques qui peuvent d'ores et déjà être mises en œuvre, car fondées sur la connaissance scientifique et les retours d'expérience en France et à l'étranger.

Références :

¹ Articles L110-1 et L.163-1 du Code de l'environnement.

² (MEDDTL, 2011) et p. ex. (DREAL Grand Est, 2018).

³ Lignes directrices ERC du MEEDTL et guides du CGDD associés : <https://www.ecologie.gouv.fr/eviter-reduire-et-compenser-impacts-sur-environnement>

⁴ (ADEME et al., 2021)

⁵ (MEDDTL, 2011 p75) et p. ex. (DDTM du Gard, 2017) ou (DREAL Grand Est, 2018). L'intégration paysagère est ici prise au sens esthétique, visuel.

⁶ (MEDDTL, 2011, p126)

⁷ P. ex. (Iuell et al., 2007) et (Obrien et al., 2018).

⁸ (Alligand et al., 2018)

⁹ (Buton, 2021)

1.2 Objectifs

Ce guide de Bonnes Pratiques s'applique aux projets de Centrales Photovoltaïques (CPV) installées au sol pour lesquelles il tente d'apporter des éclairages techniques et méthodologiques lors des phases de conception, de réalisation, d'exploitation et de démantèlement. Il présente un panorama des impacts écologiques des clôtures et propose une approche méthodologique permettant de définir les mesures d'évitement ou de réduction à envisager au cas par cas. Ce guide identifie aussi les lacunes dans les connaissances

actuelles qui sont autant de pistes d'études. Il a vocation à consolider les critères d'évaluation et de décision, ainsi qu'à aider les acteurs de la filière photovoltaïque à renforcer encore l'intégration environnementale de leurs projets.



Au-delà du domaine photovoltaïque, la démarche proposée peut servir de base de réflexion pour d'autres types d'implantations industrielles, d'activités économiques ou d'espaces.

1.3 Domaine d'application

Ce guide :

- concerne les CPV installées aux sols (i. e. où les panneaux peuvent être accessibles aux intrus). Il ne traite pas des installations en toitures ou sur ombrières ni de celles implantées sur des plans d'eau. Certains axes de réflexion présentés peuvent toutefois être transposés ;
- est dédié à la problématique des clôtures et plus globalement à celle des dispositifs d'exclusion périphérique ;
- traite des CPV implantées sur des sites nouveaux ainsi qu'en réaménagement d'anciens sites industriels, éventuellement eux-mêmes déjà clôturés ;
- vise avant tout les clôtures définitives, c'est-à-dire celles qui sécuriseront le site durant toute la phase d'exploitation. Par extrapolation, il permet de s'interroger également sur les clôtures temporaires posées en phase chantier ;
- et porte à la fois sur des contextes naturels, ruraux ou urbains (p. ex. friches industrielles). Si les enjeux écologiques sont potentiellement plus prégnants en milieux naturels non anthropisés, les clôtures peuvent aussi avoir des impacts sur la faune sauvage présente en milieux dégradés ou anthropisés.

Il s'adresse :

- aux maîtres d'ouvrage, développeurs et porteurs de projets de CPV ;
- aux collectivités en charge de la planification de ces projets ;
- aux maîtres d'œuvre de la phase d'étude puis de travaux ;
- aux bureaux d'études environnementaux en charge des EIE ;
- aux services de l'État et aux établissements publics en charge de missions d'appui technique à l'instruction ;
- aux entreprises de travaux ;
- aux scientifiques écologues pour les questions soulevées et les pistes d'investigations proposées ;
- et plus généralement au grand public et aux associations afin de favoriser la compréhension des enjeux de préservation de l'environnement.



(Photo : C. Button)

1.4 Définitions

Clôture : dans ce guide, le terme de clôture pris au sens large inclut à la fois le système ajouré formant barrière (autour des CPV, le plus souvent en grillage souple ou rigide - *encart n°3*), ainsi que tous ses éléments de support (poteaux y compris embases, plots, jambes de force, etc.) ou de renforcement anti-intrusion (renforts en pied de clôture ou bavolets en crête de clôture), et tous les organes de fixation (p. ex., ligature, visserie, brochage)¹⁰ (*encart n°2*). On qualifie ici de clôture périphérique celle qui entoure une installation (ici, une CPV). Les principaux types de grillages sont illustrés (*encart n°3*).



Cette définition n'est pas celle retenue en droit et dans les décisions jurisprudentielles (encart n°1).

Dispositif d'exclusion¹¹ périphérique : les clôtures périphériques envisagées dans ce guide ont pour fonction première d'empêcher des intrusions de personnes au sein des installations (Cf. partie 4.1). Elles constituent une modalité possible parmi les dispositifs d'exclusion périphérique, eux-mêmes n'étant qu'une des possibilités pour assurer la sécurité d'un site (*encart n°24*). Les dispositifs d'exclusion périphérique incluent les clôtures et leurs équipements connexes assurant principalement une fonction de traversée comme les ouvrants destinés aux personnes (portillons et portails), les grilles de franchissement hydraulique ou encore les éventuels équipements faunistiques spécifiques (p. ex. passages pour animaux). Ces clôtures d'exclusion périphérique peuvent aussi viser délibérément certaines espèces animales indésirables au sein de l'emprise. Elles s'intègrent au vaste ensemble des

clôtures d'exclusion étudiées dans la littérature scientifique internationale (« exclusion fences »)¹².

Exclos : les clôtures périphériques peuvent avoir pour effet d'exclure certaines espèces animales de l'enceinte de la CPV (les ongulés notamment). L'intérieur de la zone clôturée forme donc un « exclos » pour les taxons considérés par opposition à des « enclos » qui auraient pour fonction de maintenir des animaux enfermés.

Impacts : parmi l'ensemble des thématiques environnementales, ce guide se concentre sur les impacts écologiques des clôtures qui sont les effets potentiels sur la faune sauvage et les équilibres biologiques, mais aussi par répercussion sur la flore et les habitats naturels. Les aspects de paysage et de cadre de vie ne sont pas détaillés. Par ailleurs, les notions d'éventuelles pollutions ou d'écobalan liées à la mise en œuvre des diverses techniques, bien que pertinentes, ne sont pas abordées ici.



Ce sont principalement les effets défavorables à la biodiversité qui sont détaillés ici de façon à proposer d'éventuelles mesures de prévention ou de réduction. A contrario, des effets favorables à certaines espèces peuvent aussi exister (ill. 2) et certains sont cités au fil du texte : pour une vue générale, se reporter p. ex. à Jakes et al. (2018) ou Smith et al. (2020). C'est néanmoins l'une des difficultés pour aborder les questions relatives aux clôtures : la présence d'animaux sauvages qui utilisent les poteaux ou fréquentent des enceintes clôturées peut masquer les effets négatifs de ces mêmes clôtures sur le reste de la faune et de la flore sauvage.

encart n°1. Définition juridique d'une clôture.

Ce guide n'a pas pour objet de produire une analyse détaillée des textes. Il se contente de reprendre *in extenso* et à titre indicatif les éléments fournis p. ex. par Froissart (2011) et Stevens et Reffay (2019) dans le cadre des réflexions et concertations menées sur les engravillages.

On ne trouve pas de textes officiels récents qualifiant ce que l'on peut considérer comme « clôtures ». Mais une circulaire ancienne du ministère de l'équipement (25 juillet 1986) les définit comme suit : « une clôture peut être constituée de murs, quelle qu'en soit la hauteur, de portes, de portails, d'ouvrages à claire-voie en treillis, de pieux, de palissades, d'ouvrages métalliques, grilles, herses, barbelés. Elle peut aussi être constituée de haies vives et de fossés ».

Selon une circulaire plus ancienne du même ministère (N°78.112 du 21 août 1978) : « une clôture est ce qui sert à encloire un espace, le plus souvent à séparer deux propriétés : propriété privée et domaine public ou deux propriétés privées. Elle est alors élevée en limite séparative des deux propriétés ». « Ne constitue pas en revanche une clôture au sens du code de l'urbanisme, un ouvrage destiné à séparer différentes parties d'une même unité foncière en fonction de l'utilisation par le même propriétaire de chacune d'elles ... à l'inverse, un ouvrage séparant plusieurs parcelles d'une même unité foncière, mais dont les droits sont mis en œuvre par différents utilisateurs (par contrat de bail ou autres...) constitue une clôture au sens du code de l'urbanisme ».

Références :

- ¹⁰ Cette définition précise celle donnée par Mc Inturff et al. (2020).
- ¹¹ Par cohérence avec la bibliographie récente, c'est ici le terme de dispositif d'exclusion qui a été préféré à celui de contention, ce dernier renvoyant plus

à des notions de maintien d'animaux au sein d'une enceinte.

¹² (Smith et al., 2020)

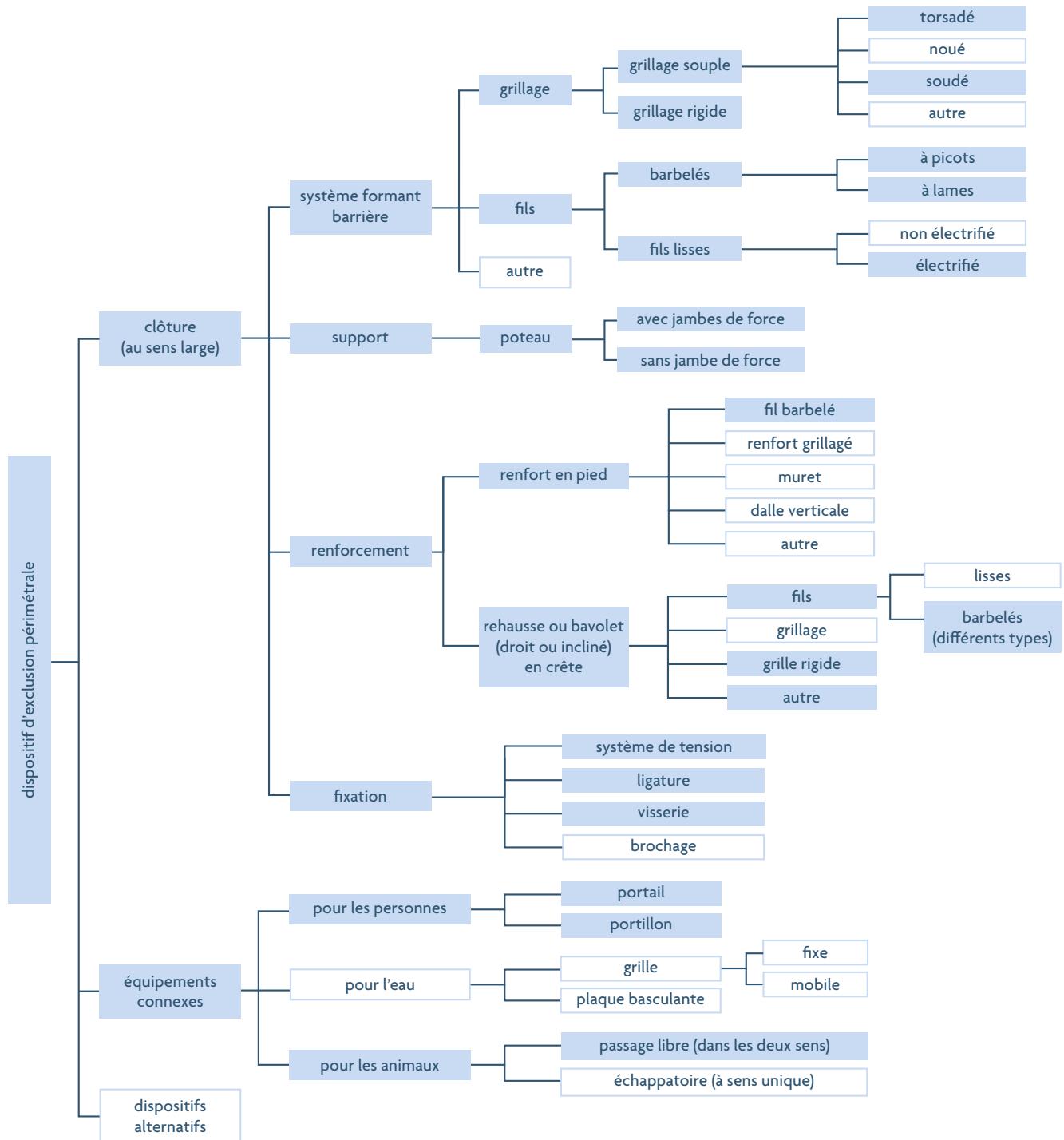
¹³ (CGDD, 2019)

encart n°2. Éléments constitutifs d'une clôture.

Présentation non exhaustive d'éléments susceptibles d'être rencontrés dans le cas général d'une installation à clôturer.

Au-delà de ce schéma, les grillages peuvent être souples ou rigides, varier en couleur, en hauteur (sur CPV, nombreuses réalisations rencontrées entre 1.80 m à 2.30 m), avoir des mailles de formes et de tailles différentes, homogènes sur toute la hauteur ou au contraire progressives. Les poteaux peuvent avoir des sections différentes en taille ou en forme (rond, carré, etc.), ouvertes ou fermées. Leur mode d'ancrage varie également : sur plots bétonnés ou sur bêches battues dans le sol, munis ou non de jambes de force (elles-mêmes éventuellement brochées), etc. Enfin, les clôtures peuvent être posées hors-sol ou bien enfouies en terre. En pratique, les CPV sont aujourd'hui équipées de dispositifs divers.

En couleur : éléments effectivement rencontrés sur CPV lors de nos visites ou rapportés, les autres existant peut-être ailleurs.



encart n°3. Exemples de grillage utilisés sur CPV.

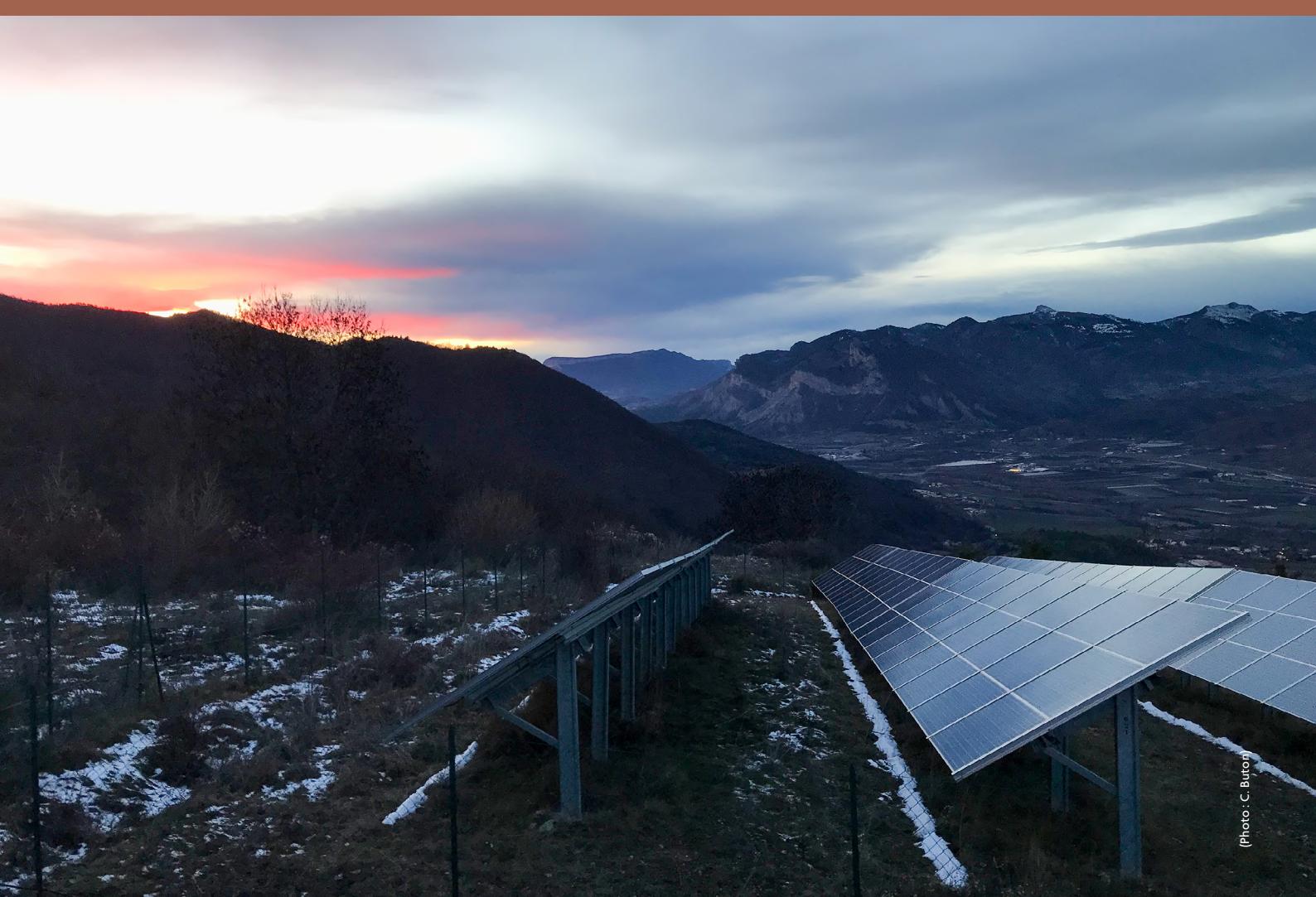
Modalités	Exemples de réalisation sur CPV
Grillage rigide	<p>Fils rigides soudés. En général, mailles de 5 cm de large X 20 cm de haut, resserrées en haut et en bas. Revêtement thermolaqué souvent de couleur verte ou grise.</p> <p>Hauteur hors-sol 1.90 m.</p> <p>Avec un bavot rigide incliné au sommet pour une hauteur totale hors-sol de 2.30 m.</p>   <p>Certaines rangées peuvent avoir des mailles resserrées et pliées en 3D pour accentuer la rigidité.</p>
Grillage souple à grandes mailles	<p>Fils noués ou soudés. En général mailles de 15 cm de large et de hauteur progressive (≤ 20 cm). Finition galvanisée (grise). Communément dits de type « ursus », semblables à ceux utilisés en élevage, foresterie ou sur infrastructures de transport</p>  <p>Grillage à mailles nouées.</p>

(toutes photos : C.Buton)

	Modalités	Exemples de réalisation sur CPV
Grillage souple à mailles étroites	<p>Clôture de type jardins. Mailles de 5 cm de large X en général 10 cm de haut (souvent resserrées à 2.5 ou 5 cm en haut et en bas). Revêtement en général de couleur verte, parfois galvanisée (grise).</p>	 <p>Finition galvanisée. Hauteur hors-sol 2 m.</p>  <p>Grillage plastifié vert. Hauteur hors-sol 2 m.</p>
Grillage souple simple torsion	<p>Fils passés dessus / dessous. En général, mailles en losanges de 5 cm de côté. Finition galvanisée (grise) ou revêtement de couleur verte.</p>	 <p>Finition galvanisée et poteaux béton.</p>  <p>Grillage plastifié vert et poteaux métal.</p>

(toutes photos : C.Buton)

PARTIE II : SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES RELATIVES AUX INCIDENCES ÉCOLOGIQUES DES CLÔTURES ET MESURES DE REMÉDIATION POSSIBLES



(Photo : C. Bütton)

Cette partie vise une appropriation globale du reste du document : **elle résume les points spécifiques aux CPV de la partie 3, ainsi que le guide de bonnes pratiques (partie 4).**

Les références documentaires ne sont pas reprises ici : se reporter au corps du texte des parties 3 et 4.

2.1 Synthèse des connaissances

2.1.1 Des effets potentiels variés

Les clôtures périmétrales sont susceptibles de créer des conditions favorables pour certaines espèces. Elles peuvent p. ex. servir de refuge ou de zone de quiétude par rapport au dérangement, au piétinement ou aux prédateurs. Elles peuvent aussi servir de perchoirs (p. ex. oiseaux) ce qui reste toutefois difficile à analyser d'un point de vue écologique (p. ex. interaction prédateurs / proies modifiée). Leur efficacité et leur intérêt pour préserver des espèces de flore données sont à évaluer au cas par cas.

Selon les données disponibles hors CPV, ces clôtures sont aussi susceptibles de créer des conditions défavorables directes ou indirectes, cumulées ou induites, pour certaines espèces de flore et de faune sauvages :

- **Collision, empêtrement ou piégeage fortuit**

De façon générale, certaines clôtures sont susceptibles d'entrainer des mortalités ou des blessures par choc, empêtrement ou piégeage accidentel. Les fils de fer barbelés, seuls ou rehaussant des grillages, peuvent entraîner des risques pour les espèces terrestres (moyens et grands mammifères) ou volantes (oiseaux, chiroptères). Des grillages non équipés de barbelés peuvent aussi s'avérer dangereux dans des contextes particuliers. Au-delà du seul cadre des CPV, des collisions sont attestées pour de nombreuses espèces d'oiseaux, un risque étant soulevé, entre autres, pour celles de bas vol et/ou de grande taille, les espèces erratiques ou migratrices notamment grégaires, ou encore les espèces aquatiques lorsqu'une clôture franchit ou longe des milieux humides ou des cours d'eau. La naïveté des individus (absence de connaissance antérieure de la clôture) serait un facteur aggravant (p. ex. jeunes de l'année ou oiseau habitué à une clôture plus basse ou inexistante). Un risque particulier est aussi représenté par les grillages vétustes, affaissés ou détachés (p. ex. cervidés). Certains animaux terrestres qui ne parviennent pas à passer sous la clôture peuvent se coincer dans les mailles selon l'espacement des fils ou des barreaux (cas emblématique du Hérisson d'Europe dans les clôtures urbaines). Par ailleurs, les poteaux creux sont particulièrement dangereux (oiseaux, chiroptères, reptiles, petits mammifères, insectes) : à ce stade, tous les poteaux de section fermée et qui ne sont pas obturés sont à considérer comme étant à risque, quels que soient leur forme et leur diamètre. Les clôtures électriques entraînent de fait des risques d'électrisation ou électrocution selon la position des fils sous tension : cela pourrait concerner en théorie les clôtures pastorales à l'intérieur de la CPV ainsi que celles qui seraient mises en place en plus du grillage périmétral classique. L'*encart n°4* propose une synthèse des effets directs par type de clôture.

Si les collisions avec des clôtures sont avérées pour de nombreuses espèces d'oiseaux et la sensibilité de certains taxons bien documentée, nous n'avons pas connaissance, à ce stade, d'études qui compareront les taux de collision par type de clôture et par espèce ou groupe d'espèces et type d'habitat alentour, et qui les rapporteraient au linéaire

équipé et à l'abondance locale des espèces à l'époque des collisions. *A fortiori, de telles études comparatives manquent dans le cadre précis des CPV.* Quelques études publiées à l'étranger attestent de la survenue de ce type d'événements sur les clôtures d'exclusion périmétrale de CPV au moins de façon ponctuelle. Mais à ce jour, aucune étude à notre connaissance ne montre un niveau de risque spécifique à ce type d'activité.

À ce stade et dans les situations d'implantation rencontrées actuellement en France, les collisions d'animaux ne font pas l'objet de suivis spécifiques sur les CPV, ce qui ne permet pas d'en connaître les incidences véritables. Toutefois, les connaissances acquises sur d'autres infrastructures ou activités incitent à la vigilance y compris dans le cas particulier des CPV. Cette problématique n'est pas abordée dans les études d'impact actuelles et ne fait pas l'objet de signalements ni de remontées d'informations spécifiques auprès des opérateurs. Mais la rareté des études dédiées doit inciter à la prudence : localement, des contextes à risque sont susceptibles d'exister dans des habitats fréquentés par de fortes densités d'oiseaux et des espèces avec des comportements de vol qui les exposent plus ou dans des contextes d'aménagement particulier. De même, sur l'ensemble du pourtour d'une enceinte grillagée, un linéaire même restreint est susceptible de présenter un risque particulier en raison p. ex. du relief ou du contexte écologique. Enfin, le potentiel effet visuel des installations situées en arrière-plan des clôtures (p. ex. panneaux photovoltaïques, locaux techniques) reste à préciser : accroît-il ou au contraire limite-t-il le risque de collisions par les oiseaux ? À ce stade, aucune étude n'a été identifiée qui documenterait comment le fond (p. ex. motifs, distance à la clôture) interfère avec la perception des différents types de clôtures par les oiseaux. Autour de CPV, l'évaluation de l'impact direct des clôtures doit donc être menée au cas par cas et sur la totalité du linéaire pour envisager les situations ponctuelles particulières.

- **Effet barrière partiel ou total**

De façon générale, les clôtures contribuent à la fragmentation des habitats, cet effet barrière pouvant en pratique revêtir plusieurs aspects. Le caractère d'obstacle d'une clôture dépend du rapport entre son dimensionnement (p. ex., hauteur, taille des mailles, étanchéité au sol) et le comportement général de chaque espèce, lui-même tributaire notamment de ses capacités de franchissement. Au sein d'une même espèce, le comportement peut également varier entre individus (p. ex., âge, tempérament, état physiologique, stress, habitude préalable). Il en résulte que les continuités écologiques peuvent être interrompues ou à minima altérées pour certaines espèces (p. ex. grands mammifères). Ainsi, l'effet barrière peut être total ou partiel lorsque seulement certaines espèces ou certains individus sont impactés (« effet filtre »).

La contrainte porte sur l'ensemble du cycle de vie et peut intervenir à différentes échelles. À « grande » distance, les clôtures peuvent gêner les migrations saisonnières, la recherche de partenaires de reproduction ou encore l'essaimage des jeunes. Le cloisonnement peut entraîner ou augmenter l'isolement des populations avec des conséquences génétiques. À une échelle plus locale ou quotidienne, l'effet barrière peut contraindre les déplacements pour rechercher nourriture et eau, les itinéraires de fuite (prédatation ou chasse), etc. Dans le cas d'exclos, les clôtures peuvent conduire, selon leurs caractéristiques techniques, à une confiscation d'une partie de l'habitat, rendue inaccessible à certaines espèces (p. ex. pour les CPV, les ongulés). De façon indirecte, la perte d'habitat entraînée par les clôtures pourrait aller au-delà de la seule emprise clôturée. Enfin, des clôtures sont susceptibles de guider les animaux vers des facteurs accidentogènes (p. ex. bassins hydrauliques sans dispositifs de sortie pour des animaux terrestres, espèces terrestres ou volantes guidées vers des infrastructures de transport).

Il a été montré que la présence d'une clôture (notamment sur de grands linéaires) peut impacter le comportement de déplacement des animaux (p. ex. cervidés) qui s'en approchent : depuis l'apparente indifférence de ceux qui la franchissent directement, la réitération d'allers/retours longitudinaux ou transversaux et jusqu'à un quasi-piégeage lorsque les clôtures se densifient sur une zone. L'étendue de ces effets sur les comportements reste cependant difficile à évaluer comme celui du stress et de la dépense énergétique accrue pour négocier chaque franchissement ou une succession d'obstacles le long d'un itinéraire (migration p. ex., mais aussi au quotidien dans des zones à forte densité de clôtures). Les clôtures sont susceptibles d'altérer aussi les relations entre les prédateurs et leurs proies en entraînant p. ex. une fréquentation accrue des abords de clôtures par les prédateurs ou les charognards (p. ex. canidés). Enfin, un « effet couloir » est évoqué de façon classique pour des structures linéaires verticales trop resserrées (murs, palissades, clôtures) : en l'absence d'études

spécifiques, il est suggéré ici de le prendre aussi en compte par précaution pour des couloirs faunistiques entre exclos (p. ex. de CPV).

- **Effets indirects sur la flore et les habitats naturels**

De façon générale, il est montré que la présence de clôtures peut impacter la flore (composition et dynamique végétale) et les habitats naturels en modifiant le comportement des herbivores sauvages (p. ex. pâturage, fouissage ou encore piétinement préférentiel le long des clôtures). Dans certains cas, la zoochorie¹⁴ qu'ils assurent peut être affectée. Potentiellement, ces impacts sont susceptibles de concerter l'intérieur et l'extérieur des exclos de CPV. De façon similaire, les clôtures de CPV sont susceptibles de modifier les comportements du bétail domestique (pâturage ou piétinement préférentiel). La modification des usages (p. ex., promenade, chasse) pourrait également impacter de façon indirecte la flore, la faune et les habitats aux abords des clôtures. Enfin, l'enjeu de la réversibilité des CPV implique d'envisager la possibilité de déposer les clôtures et d'anticiper les risques liés à ces travaux (p. ex. trous au sol formant des pièges pour les animaux).

- **Effets cumulés**

Quelles que soient sa finalité et l'installation enclose, l'implantation d'une clôture vient s'ajouter à celles déjà présentes sur un territoire ainsi qu'à l'ensemble des autres facteurs de fragmentation écologique en lien avec le projet lui-même (p. ex. pour une CPV, les bâtis et supports divers et l'ensemble de la structure hors-sol que constituent les panneaux photovoltaïques) ou plus largement (p. ex., urbanisation, infrastructures de transport, réseaux aériens ou câbles aériens). Logiquement, avec l'augmentation des linéaires de clôtures, le risque de survenue de collisions est aussi augmenté. La création d'une clôture est susceptible par ailleurs de provoquer un effet d'entraînement en suscitant la pose de nouvelles clôtures par les riverains. Certaines CPV clôturées sont d'ailleurs contiguës.



Références :

¹⁴ Dispersion des graines par les animaux

encart n°4. Bilan de la connaissance des incidences directes des clôtures par groupes d'espèces (tous contextes et activités confondus).

Cas général : tous contextes et activités	Espèces volantes			Espèces terrestres			
Type de clôture	oiseaux	chiroptères	insectes	petites faune terrestre		moyenne faune terrestre	grande faune (ongulés)
				petits mammifères	reptiles, amphibiens		cervidés
barbelés	CO : avéré ++	CO : avéré				CO : probable	EM : avéré
grillage souple bas à grandes mailles (*) - hauteur 1 m à 1.40 m environ	CO : avéré					EM : avéré (si combiné à barbelés : ++)	
grillage souple haut à grandes mailles (*) - hauteur 2m ou plus	CO : avéré					EM : signalé CO : avéré (si animaux stressés)	
grillage simple torsion	CO : signalé / à confirmer						
grillage rigide							
filet de pacage synthétique							
clôture vétuste, étachée ou affaissée							
grillage à petites mailles							
fil lisse métallique électrifié ou non	CO : avéré (si tendu : ++)						
clôture électrique en général	EL : signalé						

	Bilan pour CPV au vu des matériaux généralement utilisés actuellement	Effet potentiel dans des situations particulières, peu documenté à ce stade	Effet éventuel de façon exceptionnelle dans des situations particulières, non documenté à ce stade	Effet à étudier	Effet potentiel, non documenté à ce stade	Effet éventuel non documenté à ce stade	Effet éventuel non documenté à ce stade	Effet éventuel non documenté à ce stade
---	--	---	--	-----------------	---	---	---	---

(*) : ici généralement, mailles de largeur ≥ 15 cm et de hauteur variant entre 7.5 et 10 cm en bas et jusqu'à 20 cm en haut.

Légende :

- Type d'effet :** CO : collision (blessures ou mortalité) - EM : empêtrement et/ou collet - EL : électrocution ou électrisation
- Les cases non renseignées indiquent une absence de données, mais pas une certitude sur l'absence d'impact.
- Petit faune (mammifères) :** petits mustélidés (belette, hermine), micromammifères (p. ex. mulots, campagnols, musaraignes), hérisson, etc.
- Moyenne faune (mammifères) :** mustélidés (fouine, martre, putois, genette, blaireau, loutre, vison d'Europe), renard, chat sauvage, lapin de garenne, lièvre.¹⁵

Références :

¹⁵ En reprenant p. ex. la liste de Fagart et al. (2016)

2.1.2 Des incidences à contextualiser au cas par cas et à investiguer plus avant

Pour les CPV, le challenge consiste à évaluer la stratégie d'exclusion périphérique par une analyse des impacts écologiques qui soit aussi complète que possible (différents taxons, effets directs et indirects, cumulés et induits), mais qui se heurte au caractère encore lacunaire des connaissances. Néanmoins, les principes de précaution et d'anticipation des risques à la source inscrits à l'article L.110.1 du Code de l'environnement nous conduisent à extrapoler les points de vigilance et bonnes pratiques appliqués à d'autres types d'activités. Enfin, au regard de l'étendue des impacts écologiques possibles, **seule une approche au cas par cas peut permettre de dégager d'éventuels facteurs de risques spécifiques à chaque site conformément au principe de proportionnalité de l'EIE.**

En pratique, les retours d'expérience montrent une certaine perméabilité des exclos de CPV, en raison des conditions de pose des clôtures ou de la création de passages pour la faune. La vigilance reste toutefois de mise compte tenu du peu de suivis dédiés à la problématique des clôtures sur ce type de sites. Si les collisions animales ne font pas l'objet de remontées d'informations particulières auprès des opérateurs, quelques études publiées à l'étranger montrent que des collisions peuvent exister avec les clôtures de CPV au moins de façon ponctuelle. À ce stade, **aucun élément à notre disposition ne semble cependant indiquer de risque accru ou moindre sur les clôtures de CPV comparées aux autres situations. Aussi, il est suggéré de considérer comme possible la survenue des effets documentés et d'appliquer les points de vigilance et bonnes pratiques appliqués à d'autres infrastructures ou activités.**

Compte tenu de la diversité des matériaux et de leur mise en œuvre, des niveaux d'incidences variables peuvent exister entre ces différentes modalités techniques. De plus, la juxtaposition de plusieurs rangs d'équipements cumule les éventuels effets subis par un animal au franchissement de chacun, mais elle peut aussi créer une configuration particulière qui bloque un animal entre les deux (p. ex., oiseaux).

Pour les CPV, à ce stade des retours d'information, au vu des études d'impacts actuelles et des rares études publiées disponibles, les enjeux de fragmentation écologique semblent prépondérants par rapport aux impacts directs (mortalité et blessures).

Les effets cumulés à large échelle d'un maillage général du territoire par les clôtures (en plus des autres facteurs de fragmentation) sont un écueil difficile à appréhender à ce jour, mais auquel l'étude d'impact doit néanmoins se confronter. Le cadre méthodologique de ces approches territoriales resterait à concevoir dans une perspective qui dépasse le seul contexte des CPV, en lien avec les SRADDET (Schémas Régionaux d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires).

Les résultats obtenus dans d'autres contextes permettent aussi d'attirer l'attention quant à de possibles impacts écologiques variés, imbriqués et en cascade. L'extrapolation pâtit cependant là encore d'un manque de données effectives dans le cas des CPV.

Les enjeux de changement climatique et de pénurie énergétique vont nécessiter d'augmenter les surfaces équipées avec un risque de sollicitation accrue d'espaces plus naturels. L'un des enjeux de ce travail est d'inciter à étudier des impacts jusque-là peu documentés pour pouvoir au besoin, au regard des enjeux écologiques locaux, les éviter, les réduire ou les compenser.

Au-delà de l'aménagement de la CPV, l'implantation de clôtures dans des zones naturelles ou agricoles qui sont encore peu clôturées actuellement nécessite d'être appréhendé dans toutes ses dimensions y compris sous l'angle de la dynamique temporelle : l'exclos créé restera-t-il isolé ou bien créera-t-il un précédent ?

Enfin, cela ne doit pas occulter l'importance de la problématique, y compris dans des zones déjà plus anthropisées, périurbaines ou urbaines (p. ex. aménagement de friches industrielles) avec là aussi, selon les sites, des enjeux de préservation et de rétablissement des connectivités écologiques résiduelles.

Chaque projet d'installation enclose et de CPV en particulier constitue à la fois un contexte original et une occasion concrète de compléter le retour d'expérience et de faire avancer les connaissances afin de prévenir d'éventuels impacts écologiques. « L'écologie des clôtures » constitue un champ d'investigation émergent qui reste à investir pour la recherche opérationnelle, afin d'améliorer la compréhension des mécanismes et de proposer des mesures de prévention efficaces adaptées à chaque réalisation.

2.2 Synthèse des recommandations proposées

Une démarche « pas à pas » est proposée pour intégrer l’enjeu naturaliste au projet d’exclusion périphérique. Pour chaque recommandation méthodologique (RM), technique (RT) ou de suivis environnementaux et d’amélioration des connaissances (RC), le Guide propose une série de principes opérationnels. Ils sont résumés ci-dessous avec une proposition de renvoi vers la typologie de la séquence Éviter / Réduire / Compenser¹⁶.

L’encart n°23 illustre la démarche générale proposée pour mettre en œuvre une stratégie d’exclusion écocompatible. Les références numérotées RM, RT et RC renvoient aux parties correspondantes dans le Guide (voir partie 4).

Les recommandations formulées sont à adapter, avec le concours des écologues dédiés à chaque projet, à la sensibilité environnementale de chaque site et aux modalités de conception de la CPV. Par ailleurs, l’évaluation des impacts écologiques et les mesures d’atténuation devront être concertées avec d’autres approches et contraintes propres à chaque site : paysage, risques naturels (p. ex., plans de prévention des risques inondation), incendie, etc.

À chaque étape, si certains principes proposés ne peuvent pas être adoptés, il est recommandé de les considérer comme des témoins d’alerte quant à de possibles impacts résiduels qui resteraient à évaluer.



*Au sens des lignes directrices nationales sur la séquence « éviter réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels », l’**évitement** garantit l’absence totale d’impacts directs ou indirects du projet. Par ailleurs, « une même mesure peut selon son efficacité être rattachée à de l’évitement ou à de la réduction : on parlera d’évitement lorsque la solution retenue garantit la suppression totale d’un impact. Si la mesure n’apporte pas ces garanties, il s’agira d’une mesure de réduction (...) On parlera de réduction, et non d’évitement, lorsque la solution retenue ne garantit pas ou ne parvient pas à la suppression totale d’un impact »¹⁷.*

Sur le plan pratique, le présent guide peut proposer d’éviter de réaliser certaines actions (p. ex., éviter d’implanter des clôtures dans certaines situations particulières). Indépendamment de la façon dont elles sont libellées, ces recommandations peuvent, selon leur portée, relever soit de l’évitement, soit de la réduction des impacts au sens de la séquence ERC.



(Photo: C. Berton)

Références :

¹⁶ (Alligand et al., 2018)

¹⁷ Alligand et al., 2018), (MEDDE, 2013)

2.2.1 Recommandations méthodologiques

Succession d'étapes et de phases d'étude recommandées afin d'intégrer les enjeux écologiques dans l'élaboration d'une stratégie d'exclusion périphérique d'un site. À chaque étape, le porteur de projet peut s'interroger sur la

possibilité d'intégrer les principes proposés au regard des impacts écologiques potentiels et des contraintes propres à son projet. *Se référer au guide pour le détail (partie 4).*

Ref	Libellé de la recommandation	Principe général ou objectif	Principes opérationnels	Correspondance avec la séquence Éviter / Réduire / Compenser les impacts sur les milieux naturels (voir avertissement en 2.2 ci-dessus)		
				E	R	C
RM.1	Préciser les contraintes initiales et les objectifs du dispositif d'exclusion périphérique	Identifier le niveau de précision et la portée des spécifications techniques auxquelles est soumis le projet d'aménagement.	Préciser avec le MOA si un type de clôture est spécifié et les latitudes possibles.			
			Anticiper les risques de dégradation ultérieure pour éviter les renforcements ultérieurs non intégrés à l'EIE.			
RM.2	Respecter le cadre réglementaire applicable aux clôtures					
RM.3	Inventorier les enjeux écologiques		Faire le diagnostic flore, faune et habitats			
RM.4	Repenser, adapter ou éviter le projet si les risques d'impacts sont trop élevés au regard des enjeux écologiques			x	x	EI (toutes sous-catégories confondues), E2.1 (a, b)*, E2.2 (a, b, d, e)*, R1.1 (a, b, c), R1.2 (a, b) *Sous réserve de sécurisation foncière et de protection du ou des sites contournés une fois le chantier terminé
RM.5	Fixer les objectifs d'étanchéité humaine et faunistique sur chaque secteur		Préciser par secteur la faune acceptable.			
			Si des espèces sont susceptibles de causer des dommages particuliers, étudier si des parades techniques sont possibles.			
			Évaluer les éventuels impacts écologiques si des espèces doivent être exclues de tout ou partie de la CPV.			
RM.6	Prendre en compte ce qui motive les déplacements de chaque espèce	Analyser par taxon ou groupe d'espèces s'il s'agit de traverser ou d'accéder dans l'exclos.	Analyser les circulations sur le site avant projet (y compris en intégrant les futurs aménagements écologiques).			
			Préciser les objectifs de milieux ou de végétation dédiés à chaque exclos.			
			Définir un plan de gestion par secteur en analysant de façon croisée mode de gestion, potentialités écologiques, risques de destruction des espèces et type de clôture.	x		R2.1 (a, g, h, i), R2.2o, R3.2a
RM.7	Définir le plan général de clôture « éco-compatible »	Définir combien d'exclos distincts éventuellement clôturés avec des niveaux d'étanchéité ou des techniques différentes sont à prévoir et où faire passer la clôture pour respecter les contraintes écologiques, sécuritaires et paysagères.	Éviter de façon générale les situations où se concentrent des évolutions en vol d'oiseaux à quelques mètres de hauteur du sol (p. ex., en bordures littorales et haltes migratoires, cols).	x		R1.1 (a, b, c), R1.2 (a, b), R2.1h, R2.2j
			Éviter les emplacements à risque pour les galliformes de montagne.	x		
			Éviter l'abord des gîtes de chiroptères.	x		
			Éviter de barrer les thalwegs, vallons et rigoles naturelles.	x		
			Laisser libres les bordures de fossés et les écoulements d'eau en se tenant en retrait des berges (p. ex. 3 m) et en ne barrant ni le lit des cours d'eau ni les plans d'eau.	x		
			Éviter ou s'éloigner des lisières.	x		
			Clôturer au plus près des installations à sécuriser.	x		R1.1a, R1.2a
			Localiser l'éventuelle bande débroussaillée (« bande OLD ») hors des clôtures.	x		R1.2a
			Limiter la surface clôturée d'un seul tenant et créer au besoin des couloirs faunistiques non clôturés au travers de la CPV (p. ex. lorsque seule la grande faune est exclue : exclos unitaires d'environ 25 ha maximum ; couloirs faunistiques d'au moins environ 20 m de large et 500 m maxi de long).	x		R1.2a, R2.1h, R2.2j
			Limiter les plans en U ou en étoile et favoriser les formes ramassées.	x		R1.2a, R2.1h, R2.2j
			Laisser une bande libre suffisante entre la clôture et les routes à proximité.	x		R1.2a, R2.1h, R2.2j
			Mener de concert la réflexion sur la localisation des clôtures et celle des autres mesures prises en faveur de la biodiversité.			
RM.8	Prévenir les effets cumulés du plan de clôture avec d'autres usages		Cas particulier des CPV en réaménagement d'anciens sites : repenser la perméabilité écologique sur l'ensemble du site en incluant les clôtures préexistantes et les nouvelles.			
			Initier une cartographie locale des clôtures sur une aire d'étude pertinente au regard des enjeux écologiques dégagés dans le diagnostic.			
			Mettre en place des zones tampons non clôturées en périphérie des exclos envisagés (p. ex. par la maîtrise foncière ou d'usage des terrains), a minima dans les secteurs où les enjeux écologiques sont les plus élevés et en étudiant la possibilité de les mutualiser avec les bandes OLD.	x		R2.2c
			Réduire ou supprimer des éléments fragmentant les milieux naturels aux alentours, interconnecter des biotopes et restaurer des corridors écologiques.		x	C2.1f, C3.2b

Références :

¹⁸ (Alligand et al., 2018)

2.2.2 Recommandations techniques

Recommandations techniques visant à limiter les éventuels impacts écologiques occasionnés par les clôtures au terme de la réflexion proposée ci-dessus (voir 2.2.1). Certains principes sont à adapter au cas par cas, en fonction des impacts écologiques potentiels et des objectifs de

sécurisation du porteur de projet et des contraintes diverses. D'autres sont de portée générale et applicables sur tous les sites. *Se référer au guide pour le détail et les modalités d'application (partie 4).*

Ref	Libellé de la recommandation	Principes opérationnels	Portée GEN : à généraliser CAS : à étudier au cas par cas	Correspondance avec la séquence Éviter / Réduire / Compenser les impacts sur les milieux naturels (voir avertissement en 2.2 ci-dessus)			
				E	R	C	Renvoi suggéré vers la typologie THEMA ¹⁹
RT.1	Envisager des alternatives possibles aux clôtures	<p>Au regard des contraintes et objectifs précisés en R.M.1, étudier les options techniques éventuelles, par exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> • limitation de la hauteur totale et augmentation de la garde au sol en renforçant au besoin d'autres mesures (alarme, vidéosurveillance, etc.), • recours à des haies d'épineux (possibilité de tests sur sites pilotes). 	CAS	x			R2.1h, R2.2 {c, j, k}
RT.2	Choisir des équipements sécuritaires, pérennes et écologiques	Anticiper sur chaque secteur les risques d'intrusion, de vandalisme et de fragilité lors des entretiens.	CAS				
		Anticiper au besoin la présence d'espèces animales à risque (sanglier, lapin, etc.). Pour la réalisation de clôtures efficaces contre les sangliers : Cf. guide du CEREMA sur les clôtures routières et ferroviaires pour la faune sauvage.	CAS				
		Assurer une concertation technique avec les futurs exploitants et de tenir compte des retours d'expérience locaux (p. ex., entreprises de travaux locales, agriculteurs, naturalistes, chasseurs).	CAS				
RT.3	Poser uniquement des poteaux inoffensifs	Utiliser : <ul style="list-style-type: none"> • soit des poteaux sans orifice sommital, • soit les équiper d'un capotage pérenne (les poser dès le fichage vertical des poteaux et les vérifier un à un). 	GEN	x			R2.2c
RT.4	Utiliser des matériaux inoffensifs pour la faune	Éviter les fils de types barbelés ou, à défaut, les éviter en partie haute des clôtures et sur les zones de passage de la faune terrestre.	GEN	x			R2.2c
		Éviter les clôtures avec des extrémités (en haut et en bas) saillantes susceptibles de piquer, de griffer ou encore d'empaler un animal.	GEN	x			R2.2c
		Limiter la hauteur des clôtures.	CAS notamment sur les principales trajectoires de vol dans les zones à enjeux (oiseaux, chiroptères)	x			R2.2c
		Éviter de placer aux abords des clôtures (à l'intérieur des exclos) ce qui pourrait attirer des animaux dans les emprises.	CAS dans des zones vives en cervidés ou sur leurs axes de passages réguliers	x			R2.2c
		Éviter les portails dont les barreaux seraient distants de plus de 10 cm environ.		x			R2.2c
		Éviter les dispositifs saillants en partie haute (si les clôtures font au total moins de 2 m en zone à chevreuils ou 2.60 m en zone à cerfs).		x			R2.2c
RT.5	Assurer la visibilité des clôtures	Limiter l'usage des grillages galvanisés souples à grandes mailles.	CAS dans les situations à risque pour les oiseaux y compris l'extrême des éventuels couloirs faunistiques (ou bandes non équipées de panneaux photovoltaïques) qui traverseraient la CPV et auraient été maintenus clôturés par nécessité	x			R2.2c
		Assurer dès la pose la visualisation efficace et pérenne de toutes les clôtures (sous réserve de compatibilité réglementaire, d'évaluation de l'impact paysager et d'étudier la faisabilité sur fils électrifiés) : <ul style="list-style-type: none"> • par des dispositifs de visualisation (s'inspirer p. ex. de ceux développés pour les galliformes ou mener une R&D pour développer des dispositifs spécifiques en jouant sur la largeur et la forme des motifs), • en privilégiant les poteaux de « large » section ou les poteaux en bois imputrescibles, plutôt que des poteaux en T. 		x			R2.2d
		En alternative à la pose de dispositifs de visualisation, étudier la possibilité de haies devant certaines portions de clôtures sous réserve d'étudier les contraintes techniques d'ensoleillement des panneaux photovoltaïques.					

Références :

¹⁹ (Alligand et al., 2018)

Ref	Libellé de la recommandation	Principes opérationnels	Portée GEN : à généraliser CAS : à étudier au cas par cas	Correspondance avec la séquence Éviter / Réduire / Compenser les impacts sur les milieux naturels (voir avertissement en 2.2 ci-dessus)			
				E	R	C	Renvoi suggéré vers la typologie THEMA ¹⁹
RT.6	Favoriser la perméabilité au sol	• OPTION 1: poser une clôture non jointive au sol (p. ex. à 15-20 cm de haut).	CAS (sous réserve de confirmer avec le MOA la garde au sol admissible au regard de ses objectifs d'anti-intrusion humaine et d'intrusion de grands ongulés, sangliers notamment).	*			R2.2c
		• OPTION 2 : utiliser un grillage à mailles suffisamment larges au niveau du sol ou renverser un grillage souple progressif (sauf dans les situations à risque pour les oiseaux où il est conseillé de les éviter ou minima de systématiquement les équiper de dispositifs de visualisation : Cf. RT. 5).	CAS	*			R2.2c
		• OPTION 3 : privilégier l'étanchéité au niveau du sol, mais en créant des ouvertures nombreuses pour la petite faune (p. ex. de 20 X 20 cm à 15 X 15 cm, placés tous les 10 à 20 m et dans les angles de clôtures, avec cadre scellé et ligaturé et plaquette de sensibilisation, à maintenir libres pendant toute la durée de vie de la clôture. En sol meuble : rigidifier les seuils).	CAS en réponse à des enjeux sécuritaires ou techniques particuliers	*			R2.2c
		Éviter les clôtures périphériques sur fondation linéaire béton ou sur soubassement périphérique continu.	GEN	*			R2.2c
		Laisser au moins 10 cm sous les portillons et portails. Le cas échéant, rigidifier les seuils circulés.	GEN	*			R2.2c
		Étudier la perméabilisation des sites anciennement clôturés faisant l'objet d'un réaménagement en CPV (risque de doubles clôtures).	CAS (sous réserve de contraintes liées à l'activité passée du site)				
RT.7	Aménager et gérer les couloirs faunistiques	Conserver sur le couloir ou y recréer des habitats qui favorisent son utilisation par les espèces visées.	GEN	*			R1.1 (a, c), R1.2a
		Planter des haies latérales.	CAS (sous réserve d'ensoleillement des panneaux et de compatibilité avec les contraintes du SDIS)	*			R2.2k
RT.8	Contrôler la bonne réalisation des clôtures	À la pose : réaliser un contrôle minutieux « mètre à mètre » de la clôture et de tous les poteaux et passages à faune.	GEN				
RT.9	Assurer la compatibilité des pratiques de pâturage d'entretien avec la stratégie de clôture	Durant l'exploitation de la CPV, contrôler périodiquement (p. ex. 1 fois / an) l'état de la clôture, des passages à faune et des éventuels couloirs faunistiques.	GEN				
		Assurer la prise en compte des observations fortuites de défauts faites par les équipes de maintenance.	GEN				
RT.10	Utiliser des matériaux inoffensifs pour la faune	Dans l'emprise clôturée (sauf si elle est étanche) : <ul style="list-style-type: none"> • privilégier si possible les clôtures en cordons plutôt que les filets. • si un filet de pacage est utilisé, bien le tendre. • laisser un espace libre sous les clôtures pastorales compatible avec la taille des passages laissés sous la clôture périphérique (p. ex. positionner la clôture à plus de 20 cm de haut sous réserve de compatibilité avec le bétail utilisé). • laisser libre les passages à faune. • ne pas placer de filets de pacage au droit des passages à faune (p. ex. laisser une distance de retrait de 1 à 2 m) • si tout le pied de clôture est perméable à la moyenne faune, maintenir les filets pastoraux en retrait (p. ex. à 1 à 2 m d'écart). • assurer la visualisation des filets (filets de couleurs contrastées bicolores et bandes d'effarouchement). • laisser un passage libre pour la faune sous les clôtures électrifiées (p. ex. positionner la clôture à plus de 20 cm de haut ou ne pas électrifier le fil du bas, sous réserve de compatibilité avec le bétail utilisé). • déposer les clôtures inutilisées (notamment les filets) • dans les zones vives en ongulés, éviter de placer aux abords immédiats des clôtures les facteurs susceptibles d'attirer les animaux sauvages (p. ex. fourrage d'appoint, pierre à sel, eau). 			*		R2.2c
		Hors clôtures : anticiper les risques de piétement d'éventuelles stations floristiques ou habitats naturels à enjeux aux abords immédiats des clôtures.	GEN	*			R2.2c
RT.11	Assurer l'effacement des clôtures à la fin de vie des CPV	Déposer l'intégralité des clôtures sous réserve qu'elles ne soient plus utiles à l'éventuelle activité future.	GEN				
		Reboucher tous les trous au sol.	GEN				

2.2.3 Recommandations relatives aux suivis environnementaux et à l'amélioration des connaissances

Porteur	Ref.	Libellé de la recommandation
Développeurs CPV	Sur toutes les CPV	
	R.C.1	Consigner les collisions animales observées de façon fortuite lors des actions d'exploitation
	R.C.2	Consigner la mortalité dans les « structures-pièges » (p. ex. bassins)
	En priorité sur les CPV où les enjeux écologiques sont les plus élevés.	
	R.C.3	Mettre en place un relevé systématique de mortalité animale dans les clôtures, au moins dans les secteurs où les enjeux écologiques sont les plus élevés ou lorsque le monitoring en routine montre des événements répétés ou sur des espèces à enjeux particuliers
	R.C.4	Suivre la fréquentation animale à l'intérieur de chaque exclos
	R.C.5	Suivre la fréquentation des couloirs faunistiques
Communauté scientifique	R.C.6	Évaluer le risque que les clôtures de CPV renvoient des animaux vers des infrastructures de transport proches (p. ex., à moins de 10 m).
	Sur des sites pilotes, à l'occasion d'études scientifiques spécifiques.	
	R.C.7	Sur des sites pilotes, à l'occasion d'études scientifiques spécifiques. Étudier l'influence croisée du type de clôtures et du contexte sur la mortalité et les collisions animales
	R.C.8	Développer des approches de type BACI (Before – After – Control – Impact) avant / après installation d'une clôture de CPV sur des sites non clôturés jusque-là ou à l'occasion du réaménagement d'anciennes clôtures
	R.C.9	Étudier le risque de mortalité induite sur des infrastructures de transport proches
	R.C.10	Étudier la circulation des animaux autour des exclos pour mieux caractériser l'influence de leur dimensionnement et de celui des couloirs faunistiques
État avec communauté scientifique	R.C.11	Poursuivre l'analyse documentaire spécifique aux clôtures de CPV
	Au niveau territorial (recommandations générales hors du cadre strict des CPV)	
	R.C.12	Promouvoir la mise en œuvre d'un observatoire local des clôtures
	R.C.13	Organiser le récolelement des données de collisions animales sur les infrastructures de transport et leur mise à disposition

PARTIE III : IMPACTS ÉCOLOGIQUES DES CLÔTURES



3.1 Origine des données présentées

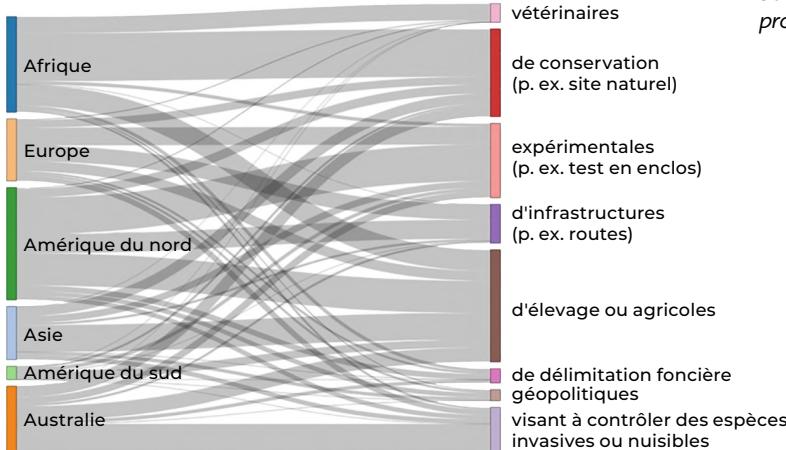
De façon générale, les avis ou connaissances relatives à la perception et à l'interaction des animaux avec les clôtures reposent souvent sur des anecdotes plutôt que sur des études empiriques²⁰. Pourtant, bien qu'encore hétérogènes et incomplètes, les études montrent déjà l'étendue des impacts écologiques potentiels de cet objet complexe et généralisé que sont les clôtures, équipement banal et qui reste pourtant mal défini.

Ce guide s'appuie en premier lieu sur la littérature scientifique (études publiées et méta-analyses). De nombreuses inconnues persistent selon le type de clôture, la diversité de comportement des espèces animales, et encore plus sur les impacts indirects de ces clôtures sur la flore. Jusque-là, les publications ont souvent concerné les grands ongulés migrateurs et quelques espèces à enjeux de conservation particuliers, essentiellement l'avifaune. Des suivis de terrain, des enquêtes participatives et, pour certains aspects, des expérimentations grande taille ou en enclos se développent toutefois, et de façon plus soutenue ces dernières années.

En l'absence de données scientifiques ou en complément, ce guide exploite aussi des données issues de la littérature grise : p. ex. observations citées dans des médias techniques ou généralistes. Elles ont été la porte d'entrée pour solliciter des avis d'experts ou de praticiens de l'écologie sur des points particuliers. Des sondages ponctuels auprès de centres de soins pour la faune sauvage ont également été réalisés. L'ensemble des contributeurs est cité en début de guide. Pour mémoire, le présent guide n'avait pas pour objectif de conduire une véritable revue systématique au sens strict²¹.

Au final, les clôtures ont des impacts avérés ou potentiels sur la faune, mais de nombreux points doivent encore faire l'objet de caractérisations plus précises. C'est le challenge du nouveau domaine d'études appliquées qu'est « l'écologie des clôtures ».

Continents :



ill. 1. Fonction des clôtures étudiées dans la littérature scientifique sur chaque continent.
Ce graphe permet aussi d'identifier les efforts de recherches restant à mener.
Traduit de Mc Inturff et al. (2020).

Références :

- ²⁰ Formule complétée de Jakes et al. (2018).
- ²¹ Pour la méthodologie, voir (Livoreil, 2018).
- ²² Jakes et al. (2018) listent 80 références.
- ²³ Mc Inturff et al. (2020) 446 études de 1948 à 2018.



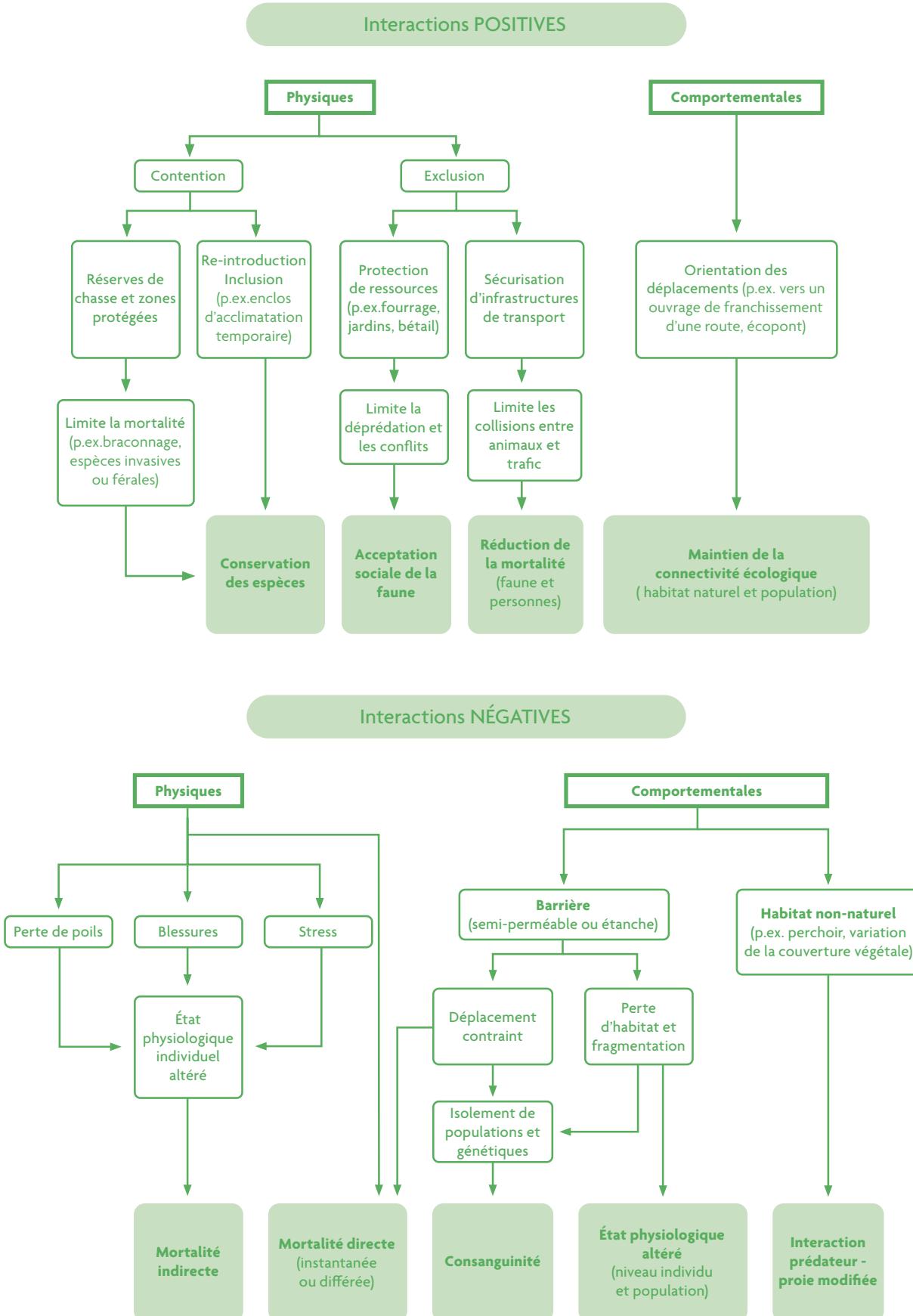
« fence ecology » : dans le cadre d'un appel à action, Jakes et al. (2018) ont défini « l'écologie des clôtures » comme l'étude empirique des interactions entre les clôtures, la faune sauvage, les écosystèmes et les besoins sociétaux. Leur analyse documentaire²², suivie par la revue systématique de Mc Inturff et al. (2020)²³ puis de Smith et al. (2020)²⁴, lancent les bases de cette nouvelle discipline. Les deux premières équipes ont été sollicitées à l'occasion de ce projet.

Les informations proviennent de contextes variés : clôtures agropastorales ou forestières (y compris celles dites vétérinaires qui isolent le bétail des animaux sauvages vecteurs de maladie), clôtures de conservation autour de parcs et réserves, clôtures routières ou ferroviaires ou encore clôtures foncières (voire frontalières)²⁵ au sein desquelles nous situons les clôtures « sécuritaires » qui préviennent des intrusions sur des installations sensibles ou présentant des risques (p. ex. les CPV). La répartition géographique des études publiées est hétérogène : celles en Amérique du Nord et en Afrique prédominent avec respectivement une surreprésentation des clôtures pastorales et de conservation²⁶. Les effets indirects, plus difficiles à évaluer, sont les moins étudiés.



Les clôtures de sécurisation foncières ou industrielles sont à ce jour globalement peu étudiées dans la littérature scientifique et, à ce stade, nous n'avons trouvé que de rares références spécifiques aux clôtures de CPV. L'exercice a donc consisté ici à envisager de quelle façon les résultats acquis sur d'autres types de clôtures étaient extrapolables aux CPV ou si des points de vigilance particuliers pouvaient être identifiés. Compte tenu de la diversité des réalisations (p. ex. surface, contexte d'implantation), du souci d'anticiper l'expansion de ces installations y compris dans des milieux actuellement peu concernés, et de la survenue toujours possible de cas particuliers, ce guide aborde volontairement un large éventail de contextes (espèces et type de milieux) et de techniques. Il se peut que certains cas ne se rencontrent pas encore sur les CPV : des bases d'analyse sont néanmoins d'ores et déjà proposées.

²⁴ Smith et al. (2020) analysent 208 articles relatifs aux mammifères terrestres entre 1938 et 2018
²⁵ (Smith et al., 2020, (Jakes et al., 2018)).
²⁶ (Mc Inturff et al., 2020)
²⁷ (Arthur et al., 2015)



ill. 2. Interactions entre la faune sauvage et les clôtures.

3.2 Les clôtures, facteur direct de blessures et de mortalité

Les divers éléments constituant les clôtures peuvent être des pièges physiques pour la faune ou causer des blessures létales ou non. Cette partie en dresse un panorama global.

3.2.1 La mortalité dans les poteaux creux

Lorsqu'ils prospectent ces cavités à la recherche p. ex. d'un gîte ou de nourriture, certains animaux peuvent rester coincés à l'intérieur de tubes aux parois lisses notamment. Ce risque concerne de nombreux taxons au premier rang desquels les **oiseaux** (surtout les espèces cavicoles mais pas uniquement : chouettes, pics, mésanges, sittelles, étourneaux, etc.) pour lesquels les poteaux creux combinent les attractions du perchoir (poste d'observation, parade) et de la cavité (nichoïsme potentiel). Mais ce risque concerne aussi les **chiroptères**, **reptiles** (serpents, lézards), **petits mammifères** (p. ex. écureuils), **insectes**²⁸, etc. En France, ce risque a été mis en évidence dès 1978 par la FRAPNA sur les poteaux téléphoniques en métal : l'expertise de stocks de vieux poteaux a révélé qu'un poteau sur deux contenait des cadavres. Cette observation a donné lieu à une campagne de sensibilisation nationale en faveur de leur capotage.

En l'absence d'études sur l'incidence du diamètre sur la dangerosité du poteau, il est prudent de considérer que le risque existe sur toute structure verticale de section « fermée » (c.-à-d. un tube), non obturée, quels que soient la forme de sa section et son diamètre, et quelle que soit la hauteur à laquelle l'orifice se situe par rapport au sol.

De même, l'effet des poteaux disposant de perforations latérales (p. ex. pour fixer les linguets d'accroche du grillage) reste à caractériser : ces perforations dissuadent-elles certains nicheurs de descendre dans le poteau (en raison de la luminosité) ? *A contrario*, facilitent-elles la remontée des animaux qui y tomberaient ?

 **En attendant des études spécifiques, TOUS les poteaux de section fermée non obturés devraient être considérés comme présentant un risque, quels que soient leur forme et leur diamètre.**



Certaines espèces peuvent néanmoins s'adapter à ces sites de nidification artificiels en particulier en milieu urbain où les cavités naturelles sont rares. Ainsi, en Pologne, une étude a montré que la Mésange charbonnière intégrait rapidement les clôtures dans son habitat en nichant dans les poteaux ou dans les dormants de portail non obturés²⁹. Dans son cas, si l'étroitesse des tubes métalliques limite la taille des portées, il semble que celles-ci soient en revanche moins accessibles aux prédateurs que dans des trous d'arbres ou des nichoirs. L'étude a montré que le diamètre des tubes conditionnait les possibilités qu'ils soient utilisés par une espèce de taille donnée, un oiseau ayant du mal à grimper pour entrer ou sortir de trous trop larges ou au contraire trop étroits³⁰. L'étude ne documente toutefois pas les cas de mortalité dans les poteaux.



ill. 3. Cadavres d'oiseaux piégés dans un poteau creux. (photo : © JF. Noblet www.ecologienoblet.fr)



ill. 4. Écureuil roux prospectant un poteau creux. (photo : © JF. Noblet www.ecologienoblet.fr)



ill. 5. Chouette effraie piégée par un poteau. (photo : © ASPAS)



ill. 6. Anciens poteaux téléphoniques recyclés en piquets de clôture et non obturés. (photo : © Photo LPO)



ill. 7. Poteau de clôture rigide non capoté. (photo : © LPO)

Références :

²⁸ Voir p. ex. les études citées par Mc Inturff et al. (2020).

²⁹ (Lesiński, 2000)

³⁰ (Lesiński, 2000)

3.2.2 Les blessures et la mortalité liées aux chocs avec les clôtures

Ce sont les effets physiologiques des chocs avec les clôtures qui sont les plus documentés, avant tout sur les **grands mammifères** (ongulés) et les **oiseaux**, notamment les galliformes.

- **Les blessures par collision et/ou « empêtrement » dans les clôtures**

Il existe peu d'études permettant de comparer la mortalité occasionnée par les différents types de clôtures selon les espèces. De plus, les suivis se heurtent aux difficultés de la recherche des cadavres (cheminement à pied sur des linéaires parfois conséquents, difficulté de détection) et de leur disparition (p. ex. consommation par des charognards, éloignement à la clôture) ou encore de repérage des animaux blessés. En outre, pour une espèce donnée, il existe peu d'études sur la mortalité juvénile ou

Pour ces derniers, l'impact sur la dynamique des populations reste à approfondir, mais certains éléments indiquent qu'il peut contribuer de manière substantielle au déclin de certaines d'entre elles³¹.

sur le cumul d'effets individuels répétés et/ou susceptibles d'impacter le fonctionnement d'une population (p. ex. suite aux conséquences physiologiques des griffures et pertes de poils)³². Toutefois des suivis et des enquêtes participatives³³ se développent dans certains pays et précisent peu à peu l'étendue de la problématique (*encart n°6*). Enfin en pratique, la distinction entre collision (c. à d. choc contondant) et « empêtrement » (c. à d. lorsque l'animal s'emmêle) n'est pas toujours faite.



Barbelés (utilisés seuls ou en rehausse de grillage) = risque maximal, pas uniquement pour les espèces volantes !
Mais les grillages peuvent aussi être à risque pour des espèces ou dans des contextes particuliers.

Le **risque dû aux barbelés³⁴** est largement illustré pour les **oiseaux**, mais aussi des **mammifères volants** (chiroptères voire marsupiaux dans les pays concernés), et ce dans un large spectre d'habitats : périurbains, forestiers, agricoles, semi-arides ou aquatiques³⁵.

Pour les **espèces terrestres**, quel que soit le type de clôture, les blessures surviennent principalement lorsque l'animal tente de les franchir (*encart n°5*). Logiquement, les hauteurs infranchissables par saut par les animaux sont moins susceptibles d'entraîner ce type de blessures. Encore faut-il que l'animal ait perçu l'impossibilité physique de parvenir à les franchir. La possibilité et la facilité de franchissement par saut par des espèces terrestres varient selon les espèces, l'âge des individus, ou encore leur tempérament avec des risques variables de se blesser (*les capacités de franchissement sont abordées en partie 3.3.1*). Ainsi, le Chevreuil peut chercher en situation de stress à percuter un grillage plutôt que de sauter ou de tenter de passer par en dessous, quitte à se blesser³⁷.

Tous les animaux qui tentent de sauter par-dessus ou d'escalader une clôture grillagée peuvent être blessés par un barbelé sommital, comme des félins (cas p. ex. d'un lynx pardelle signalé en Espagne³⁹). En nature, la localisation de la clôture influe sur sa dangerosité potentielle (*encart n°7*).

En Australie, 86% des accidents avec la faune sauvage seraient dus à des rangs de barbelés en tête de clôtures grillagées (p. ex. hautes de 2,4 m)³⁶ : les espèces volantes cherchent sans doute à éviter le grillage et restent accrochées au passage.



Un risque particulier est présenté par les grillages vétustes, affaissés ou détachés, a fortiori lorsqu'ils sont ensuite pris dans la végétation et deviennent invisibles.



Aux États-Unis le taux de mortalité des ongulés dans les clôtures serait 8 fois supérieur pour les juvéniles que pour les adultes : les jeunes tentent en effet de forcer le passage à travers les clôtures et restent coincés alors que, plus âgés, ils tentent de sauter sans en avoir encore la taille ni la force³⁸. Cette étude portait sur des clôtures routières qui combinaient des grillages et des barbelés. Si tous les types de dispositifs présentent un risque, les résultats indiquent que les clôtures les plus sûres sont constituées de fil lisse ou surmontées d'une protection horizontale et que les clôtures constituées uniquement de barbelés sont moins dangereuses pour les ongulés que celles contenant du grillage. Pour les grillages d'une hauteur franchissable par les ongulés (généralement < 1,40 m dans l'étude citée), la dangerosité s'accroît lorsqu'il est surmonté d'un rang de barbelés situés entre 3 cm et 30 à 40 cm, cet écart permettant aux animaux de se coincer les pattes : le barbelé agrippe la patte et verrouille la prise en se torsadant contre le grillage plus rigide.

Références :

- ³¹ (Van Lanen et al., 2017) d'après notamment (Baines et al., 2003 ; Bevanger, 1995 ; Moss et al. 2000).
- ³² Revue de Jakes et al. (2018).
- ³³ Voir aussi en Australie le projet de base géolocalisée Entangled Wildlife Australia sur : bit.ly/3q1EHPH

³⁴ Aussi appelés « fils de fer barbelés ».

³⁵ (van der Ree, 1999)

³⁶ (Flying Fox Supporters Australia, 2021)

³⁷ C. Buton, observation personnelle.

³⁸ (Harrington, 2005)

³⁹ Photographie sur Internet, avec les réserves d'usage liées à ce média.

encart n°5. Pourquoi un animal entre en contact avec une clôture ?

Le risque de se blesser est conditionné par l'interaction d'un animal avec une clôture de façon volontaire (c. à d. l'animal cherche à franchir délibérément une clôture) ou non (c. à d. l'animal se heurte à une clôture qu'il n'a pas détectée). Dans ce dernier cas, les tentatives de pénétrer dans une enceinte clôturée (le cas échéant, une CPV) dépend entre autres des motivations de l'animal (appétence alimentaire, abreuvement, recherche d'un refuge, etc.). Les facteurs attractifs sont multiples en fonction des espèces. À titre d'exemple en France, des ongulés pénètrent dans des emprises d'infrastructures routières ou ferroviaires : des sangliers viennent vermiller dans des broyats ou dans des habitats ouverts et tout particulièrement lorsque les habitats avoisinants sont boisés⁴⁰. Aux États-Unis, des cervidés y sont attirés par la qualité du pâturage⁴¹. Les points d'eau libre (mares, mais aussi récipients pour l'abreuvement) peuvent aussi être particulièrement attractifs en période de sécheresse ou plus généralement pour les espèces liées à l'eau à un stade de leur cycle de vie.

Lorsque la motivation des animaux est de traverser le site, la tentative de franchissement peut logiquement dépendre de la prise de risque que cela représente pour l'animal et de la facilité à trouver une alternative (par exemple selon la distance à parcourir pour la contourner (cas d'animaux faisant des allers-retours pour trouver un passage - ill. 55). La tentative peut aussi être conditionnée par le vécu de l'animal : Stull et al. (2011) indiquent qu'en liberté, la vitesse avec laquelle les cerfs apprennent dépend du résultat de leurs différents essais et notamment de la proportion d'effets négatifs ou positifs obtenus. Ce nombre serait déterminé par la distribution spatiale et temporelle des cerfs, leur niveau de motivation à traverser et la fréquence de leurs interactions avec la clôture. Toutefois, à l'issue de leurs tests en enclos avec différentes configurations de clôtures, ils notent l'impossibilité de savoir si les cerfs utilisés avaient appris qu'une hauteur donnée était infranchissable en raison d'échec à des hauteurs inférieures ou bien simplement de la perception par l'animal de cette impossibilité.⁴²

Enfin, des animaux peuvent également chercher à jouer avec des fils ou banderolles électriques non électrifiés, au risque p. ex. que les cervidés s'y emmèlent les bois (ill. 8).

encart n°6. Exemple d'enquête menée en Suisse sur les clôtures d'élevage.⁴³

En 2020, une enquête a conclu qu'en Suisse 3 000 à 4 500 animaux meurent chaque année dans les clôtures d'élevage, sans compter les animaux blessés non retrouvés. Cela concerne des ongulés (Chevreuil, Cerf, Chamois, Sanglier) ainsi que la moyenne et petite faune (Renard⁴⁴, Lièvre, mustélidés) et des oiseaux (Cygne tuberculé, Milan royal). La mortalité concerne principalement les **filets de pacage simple** (70%), mais aussi les **treillis noués** (i. e. **grillages métalliques**) ainsi que les **clôtures en cordon synthétique** (6.5%).

encart n°7. Exemples de sites à risque pour les cervidés.

Le risque est signalé sur tous les cheminements préférentiels en particulier :

- en lisières forestières⁴⁵ ;
- le long des cours d'eau⁴⁶ ;
- sur les trajets entre les remises diurnes et les pâturages nocturnes en vallée.

À noter que le Cerf est difficile à déshabiter ou à rerouter : il continue souvent à vouloir franchir l'obstacle. Même si les adultes y parviennent, ce n'est parfois pas le cas des faons⁴⁷.

Références :

⁴⁰ (Vignon et al., 2002)

⁴¹ (Gagnon et al., 2020)

⁴² (Stull et al. 2011)

⁴³ (Schlup et al., 2021)

⁴⁴ Voir aussi la photo dans OSAV (2019)

⁴⁵ (Schlup et al., 2021)

⁴⁶ (Schlup et al., 2021)

⁴⁷ (St. Gallischer Jägerverein Hubertus, 2019)



ill. 8. Des daims jouent avec les rubans d'une clôture non électrifiée.
(photo : © V. Vignon)



ill. 9. Daim adulte empêtré dans un ruban électrique...
(photo : © V. Vignon)



ill. 10. ...et retrouvé mort 2 semaines plus tard.
Il est probable que la mort soit liée à l'empêtrement
(observation et photo : © V. Vignon).



ill. 11. Cerf mort empêtré dans une clôture de pacage débranchée.
(photo : © V. Vignon)

Pour les oiseaux, le risque est avéré pour de nombreuses espèces (ill. 24). S'il semble difficile de le relativiser par taxon, il est signalé en particulier pour les espèces de bas vol et/ou de grande taille⁴⁸. Il est également considéré que le danger est accru pour les jeunes de l'année et les espèces erratiques ou migratrices⁴⁹. Le risque lié aux fils barbelés est aujourd'hui largement illustré, notamment à l'international (p. ex. en Australie avec 27 individus de 18

« La prévention des collisions d'oiseaux sur les clôtures n'a pas été suffisamment prise en compte pour la plupart des sites très fréquentés par ces espèces ou gérés spécifiquement pour les accueillir ni pour les projets offrant des alternatives possibles aux clôtures. La construction et la modification des clôtures devraient être systématiquement évaluées dans les études sur la gestion du territoire ou de projets d'aménagement. »

(Allen et Ramirez, 1990)

Pourtant, de nombreuses études montrent la forte sensibilité de certaines espèces face aux clôtures. Le risque de collision sur différents types de clôtures est particulièrement documenté pour les galliformes en France⁵⁰ et en Europe⁵¹ (p. ex. parmi les espèces présentes en France : Grand tétras, Tétras lyre⁵², Lagopède alpin et Perdrix grise de montagne) et aux États-Unis⁵³ (p. ex. pour les espèces de plaine : Tétras pâle, Tétras des armoises), en raison des enjeux de conservation liés à ces espèces.

En Europe, la mortalité des galliformes est d'environ 1 individu / an / km de clôture (0.4 à 1.6 selon les espèces)⁵⁴. Pour ces espèces, cela serait dû à une forte charge alaire (c. à d. rapport entre la masse et la surface des ailes), à un vol plutôt tendu, rasant et peu manœuvrant, à leur rétine afovéale ainsi que leur habitude de nicher au sol⁵⁵.

En France, les études montrent que les biais de détection peuvent être importants même avec des oiseaux relativement gros comme les galliformes : au bout de 1/2h, 40 à 90% des cadavres sont retrouvés lors des suivis de terrain selon que le milieu est respectivement fermé ou ouvert, mais 80% des carcasses disparaissent en 3 j⁵⁶. Les chiffres de mortalité sont donc sous-estimés, *a fortiori* avec des espèces plus petites. Différents projets d'inventaire des clôtures à risque puis de dépose ou de « visualisation » (i. e. marquage préventif : Cf. recommandation R.T.5 en partie 4.2) ont été menés depuis 2008 notamment en partenariat avec l'Espagne et l'Andorre : fin 2018 dans les Pyrénées, 670 km de clôtures dangereuses ont été cartographiés sur 1 090 km au total mais seuls 60 km ont été équipés de dispositifs de visualisation.

Ces études sur les galliformes ont porté principalement sur des clôtures pastorales et forestières, mais aussi des enclos de captages d'eau et de chenils : ces clôtures étaient

espèces d'oiseaux, dont 9 espèces nocturnes recensées entre 1996 et 2008 dans un parc national du Queensland⁵⁰, avec des facteurs de risques identifiés : *encart n°11*). A fortiori, le risque est accru à proximité d'aménagements attractifs (p. ex. mangeoires à oiseaux)⁵¹. Étonnamment, ce risque semble encore peu pris en compte en France en dépit d'appels déjà anciens des biologistes.

constituées de plusieurs rangées de fils ou de grillages qui ne correspondent pas exactement à ceux utilisés classiquement pour les CPV. Les mortalités constatées permettent néanmoins d'attirer la vigilance.



En France, certaines espèces présentent des traits de comportement similaires à ceux des galliformes comme l'Outarde canepetière, espèce en danger d'extinction qui occupe aussi des « leks » pour les parades nuptiales. Les collisions de cette espèce avec les clôtures sont avérées bien que cette cause de mortalité soit sans doute mineure par rapport aux autres menaces auxquelles l'espèce est confrontée : son importance reste encore à investiguer.⁵⁹ En Espagne, ce risque est pris en compte pour la Grande Outarde notamment pour des clôtures autoroutières (ill. 99).

L'*encart n°8* liste les principales situations à risque pour les galliformes. Pour ces espèces, les suivis contribuent à développer des modèles prédictifs de terrain⁶⁰. La possibilité de transposer ou d'adapter ces critères aux autres taxons est à étudier au regard des enjeux et des contextes après expertise écologique dans chaque cas d'étude.



Au cours des études qui ciblaient des zones à enjeux pour ces espèces, les galliformes ont représenté près du tiers et jusqu'à 92% des collisions recensées⁶¹. Ainsi sur certains sites, jusqu'à 2 collisions sur 3 ont donc concerné des espèces « non galliformes » : passereaux, columbidés, rapaces, etc.⁶² (ill. 24). En extrapolant sous toutes réserves le taux de mortalité par collision d'environ 1 galliforme / an / km de clôture (voir ci-dessus), la mortalité par collision pourrait donc atteindre environ 3 oiseaux / km / an toutes espèces confondues.

Références :

- ⁴⁸ (Paige et al., 2008)
⁴⁹ (Stout, 1967 ; Fitzner, 1975, Knight et al., 1980, Lockman et al., 1987) cités par Allen et al. (1990).
⁵⁰ (Ley et al., 2008)
⁵¹ (Noblet, 2010)
⁵² P. ex. (Milhau, 2019).
⁵³ P. ex. (Baines et al., 2003), (Baines et al., 1997), revue d'études de Wolfe et al. (2007).
⁵⁴ Les collisions de Tétras lyre, espèce présente en France, sont documentées notamment dans les études au Royaume-Uni (Baines et al., 2003).
⁵⁵ P. ex. Wolfe et al. (2007) indiquent que les clôtures en barbelés sont la plus grande cause de mortalité pour le Tétras pâle. Le risque est variable selon l'espèce et les états dans la bibliographie : voir p. ex. (Stevens, 2012).
⁵⁶ 0.9 à 1.6/km dans les études citées par Milhau (2019) et OGM et al. (n. d.), 0.4 à 0.6/km dans deux études citées par GWCT (2013).
⁵⁷ En particulier (Bevanger, 1994 ; Liseley et al., 2012 ; Sillman, 1973) cités par Van Lanen et al. (2017), (Montiani-Ferreira, 2011) cité par Carvalho et al. (2018).
⁵⁸ (Menoni et al., 2014), (Milhau, 2019).
⁵⁹ (Iñigo et Barov, 2010), (de Juana et al., 1997), (oiseaux.net, n.d.).
⁶⁰ (Stevens et al., 2012)
⁶¹ (Baines et al., 2003) cité par OGM et al. (n. d.), (Baines et al., 1997), (Wolfe et al. 2007) cité par UNCA NRCS (2012).
⁶² P. ex. (Milhau, 2019), (Catt et al., 1994) cité par Baines et al. (1997)

encart n°8. Exemples de facteurs augmentant le risque de collision par des galliformes sur une clôture d'après les études menées en Europe et en Amérique du Nord.⁶³

Contextes écologiques à risque	Le risque augmente lorsque la clôture est :	<ul style="list-style-type: none"> proche des places de chant (leks)⁶⁴. (probablement) proche des zones de nidification (au sol).⁶⁵ (probablement) dans les zones d'élevage des couvées tardives et de concentration hivernale.⁶⁶ (probablement) dans les zones de concentration hivernale.⁶⁷ dans des zones de forte densité.⁶⁸ dans les zones d'alimentation ou les habitats préférés par l'espèce ou sur la ligne de vol qui les relient aux leks.⁶⁹ sur un couloir de déplacement (« corridors »), y compris les crêtes proéminentes, les cols⁷⁰ ou autres caractéristiques topographiques qui canalisent les mouvements des animaux. en lisière forestière.⁷¹ peu visible lors d'un basculement en vol de l'oiseau (contrebas de crête, éperon rocheux, etc.), cols⁷², lignes de crête.⁷³ perpendiculaire aux courbes de niveau ou descend directement des collines (car les Galliformes volent en courbe de niveau).⁷⁴ dépasse des buissons.⁷⁵ Dès lors, les clôtures d'environ 2 m ou plus pourraient être plus dangereuses que les clôtures pastorales d'environ 1 m de haut, notamment si elles dépassent de la végétation.⁷⁶ ou, en milieu forestier, lorsque les troncs sont dégagés et s'élèvent (les espèces qui volent sous la canopée sont alors gênées pour voir les clôtures).⁷⁷
		<ul style="list-style-type: none"> est en barbelés.
Types de clôture à risque	Le risque augmente lorsque la clôture :	<ul style="list-style-type: none"> est constituée d'un fil moyennement à fortement tendu (fil lisse de type " high tensile"). <p><i>Au contraire, les clôtures en fils électriques ou de type « ruban électrifié pour chevaux » sont moins dangereuses car moins tendues et plus visibles.</i></p>
		<ul style="list-style-type: none"> a des grandes mailles de type « grillage à moutons » et grillage à cervidés, y compris grillage à mailles progressives, qu'elles soient ou non équipées de rangs de barbelés. <p><i>Au contraire, les clôtures dites girondines (ganivelles en bois) sont moins dangereuses.</i></p>
Autres situations à risque :		<ul style="list-style-type: none"> à l'aube et au crépuscule. par brouillard ou faible visibilité.⁷⁸
Facteurs potentiels de risque restant à investiguer :		<ul style="list-style-type: none"> trajectoires de vol par rapport à l'axe des clôtures selon les habitats et les espèces.⁷⁹ influence des ressources alimentaires ou d'abreuvement (eau), y compris les sites de géophagie ou les facteurs conduisant à attirer de nombreux oiseaux sur un site donné.⁸⁰
		<ul style="list-style-type: none"> effet de la pente en fonction des sites et des espèces (différence notamment entre les galliformes de plaine et de montagne).

Références :

⁶³ D'après les études citées par (Paige et al., 2012 ; Mc Inturff et al., 2020 ; Milhau, 2019 ; Martinez, 2020), (Stevens et al., 2012) ainsi que (Van Lanen et al., 2017) sur la base de notamment de (Stevens et al., 2012b ; Baines et al., 1997 ; Baines et al., 2003 ; Bevanger, 1994 ; von Schweppenburg, 1929). D'autres renvois sont donnés dans le texte pour des points spécifiques.

⁶⁴ En Ecosse, il est considéré que le risque maximal porte sur un rayon de 1 km autour des leks mais existe aussi au delà (Trout et Kortland, 2012).

⁶⁵ Suggestions aux États-Unis d'après des données non publiées concernant le Tétras des armoises (UNCA NRCS, 2012).

⁶⁶ Suggestions aux États-Unis d'après des données non publiées concernant le Tétras des armoises (UNCA NRCS, 2012).

⁶⁷ Suggestions aux États-Unis d'après des données non publiées concernant le Tétras des armoises (UNCA NRCS, 2012).

⁶⁸ Mais aux États-Unis, Van Lanen et al. (2017) et al. indiquent que les seuls comptages sur les leks peuvent être insuffisants pour refléter la densité locale des oiseaux et conduire à des résultats contradictoires selon les études.

⁶⁹ (Baines et al., 1997)

⁷⁰ (OGM, 2020)

⁷¹ De façon générale pour les oiseaux, Allen et al. (1990) suspectent un

risque accru sur les clôtures proches d'une végétation haute lorsqu'elles tentent de prendre leur envol ou de se poser.

⁷² Suivis réalisés sur les Réserves Naturelles de Py et de Prats de Mollo (Pyrénées Orientales) (Milhau, 2019).

⁷³ (OGM, 2020), (OGM, n.d.)

⁷⁴ (Trout et al., 2012)

⁷⁵ Van Lanen et al. (2017) indiquent que leurs résultats rejoignent l'avis de Bevanger (1994) donnant probablement moins de risque lorsque la végétation approche ou dépasse l'infrastructure artificielle : ils confirment l'existence de cet effet, bien que faible, pour les espèces de plaine aux États-Unis dans une steppe à armoise.

⁷⁶ Suggestion de Van Lanen et al. (2017) et qui reste à tester empiriquement.

⁷⁷ (Catt et al. 1994)

⁷⁸ J. Gabrieli, OGM, comm. Pers.

⁷⁹ Van Lanen et al. (2017) n'ont pu démontrer l'influence de l'angle entre la clôture et le lek, mais ils citent l'abondance de travaux scientifiques évalués par des pairs indiquant que la trajectoire de vol peut de façon générale augmenter les collisions avec des infrastructures artificielles.

⁸⁰ (Van Lanen et al., 2017)

Par ailleurs, ce sont les milieux montagnards qui ont été ciblés dans les études sur les galliformes en France, mais d'autres types de milieux sont aussi potentiellement concernés pour d'autres espèces (voir plus loin).

Les rapaces et les oiseaux macro-insectivores, diurnes ou nocturnes⁸¹, sont impactés p. ex. en action de chasse et alors même que les poteaux de ces clôtures peuvent par ailleurs leur servir de poste de chasse⁸² (ill. 12, voir aussi 3.6.1). L'installation d'une nouvelle clôture métallique ou le rehaussement d'une clôture existante peut entraîner des collisions avec des oiseaux, car ceux-ci ne reconnaissent pas immédiatement le nouvel obstacle.⁸³

La sensibilité des **espèces aquatiques** ou fréquentant les habitats humides (p. ex., canards, grèbes, oies, cygnes, limicoles, grues, laridés) est soulignée p. ex. lorsque la clôture franchit ou longe des cours d'eau, fossés, anses de lacs ou d'étangs, estuaires ou marais⁸⁴. Bien que peu documentées, ces collisions avec des clôtures barrant des zones en eau sont avérées au moins de façon ponctuelle⁸⁵. Les canards de surface semblent plus impliqués dans les collisions avec les clôtures que les canards plongeurs⁸⁶ et il est suspecté que les espèces les plus à risque sont celles qui nécessitent une longue distance d'envol au-dessus de l'eau et celles qui volent près de la surface après leur décollage.⁸⁷ Des espèces plus petites (Cinque plongeur, Hirondelle de rivage) sont aussi concernées⁸⁸. Les limicoles sont signalés ponctuellement dans les victimes (p. ex., Pluvier guignard⁸⁹ en migration en montagne, Bécasse des bois et Bécassine des marais⁹⁰, Pluvier kildir⁹¹, recurvirostridés⁹²), ce qui doit là encore inciter à la vigilance dans d'autres situations à enjeux (façade maritime, proximité de vasières ou de marais, etc.).



ill. 12. Rapaces postés sur des poteaux de clôtures et piquets.
À gauche, un busard cendré ; à droite, un faucon crécerelle. (photo : © F. Fève)



ill. 13. Tiaris des prés sur un piquet de barbelés.
(photo : © G. Foli et S. Foli)

Pour les chiroptères de France, l'encart n°10 suggère un éventuel risque ponctuel, mais que l'on ne peut écarter pour des clôtures posées dans des contextes particuliers en France. À l'étranger, des suivis conduisent à identifier des situations à risque (encart n°11). À noter : au-delà du risque propre lié au matériel (le barbelé), on remarquera que certaines configurations à risque indiquées pour les chiroptères l'étaient déjà dans les études sur les galliformes (encart n°8) : p. ex., lisières, crêtes.

Références :

⁸¹ (Allen et al., 1990), (Fitzner, 1975), (BirdLife South Africa, n.d.), (Van Der Leek et al., 2019)

⁸² (Vellot O. et al., 2020)

⁸³ S. Hedwall, U.S. Fish & Wildlife Service, comm. pers.

⁸⁴ P. ex. (Paige et al., 2008), (Allen et al., 1990), (Cornwell et al. , 1971), (BirdLife South Africa, n.d.)

⁸⁵ Revue de (Allen et al., 1990).

⁸⁶ (Stout et Cornwell, 1976) cité par (Allen et al., 1990 ; Cornwell et al. , 1971).

⁸⁷ (Allen et al., 1990)

⁸⁸ (Allen et al., 1990)

⁸⁹ (Milhau, 2019)

⁹⁰ (Catt et al., 1994) cité par Baines et al. (1997)

⁹¹ S. Hedwall, U.S. Fish & Wildlife Service, comm. pers.

⁹² (Allen et al., 1990)

⁹³ (Drewitt et al., 2008) sur la base des études d'Alonso et al. (1999) pour des lignes électriques et de Petterson (2005) pour des éoliennes.

⁹⁴ Catt et al. (1994) suggèrent que les clôtures à petites mailles hexagonales seraient moins dangereuses que celles à grandes mailles soudées, mais des collisions existent aussi dans des grillages simple torsion au moins de façon ponctuelle : le cas nous a été rapporté pour des passereaux effrayés au passage d'une voiture. Catt et al. (1994) avaient d'ailleurs observé des oiseaux percuter des clôtures après avoir été effrayés par des voitures, des chiens ou les observateurs eux-mêmes.

encart n°9. Comment les espèces volantes se blessent ou meurent-elles dans les clôtures ?

Pour les oiseaux, « la mortalité liée aux clôtures résulte généralement d'un traumatisme mortel par objet contondant dû à une collision avec divers types de clôtures ou après un piégeage dans des fils barbelés ou des clôtures lâches, ce qui provoque un stress, une déshydratation et une mortalité induite par une défaillance circulatoire ».⁹⁵ La mortalité ne résulte donc pas uniquement de blessures infligées par des éléments saillants.

Comme le montre une enquête en Afrique du Sud⁹⁶, les oiseaux (rapaces notamment) sont le plus fréquemment accrochés par les picots des barbelés ou les parties pointues ou coupantes sur les fils supérieurs de la clôture. Les grandes espèces marchant au sol peuvent se coincer les pattes entre des fils lâches et superposés en tentant de sauter ou de passer à travers. Des oiseaux en vol peuvent percuter les clôtures (même sans barbelés) avec des blessures plus ou moins importantes et des mortalités éventuellement différées. Plus rarement, des oiseaux peuvent s'emmêler dans des fils ou des grillages sans réussir à se dégager. Les clôtures électriques peuvent en plus entraîner des brûlures, électrisations ou électrocutions. Les clôtures peuvent aussi restreindre le mouvement d'oiseaux incapables de voler (p. ex. des canards en mue ou des juvéniles) et constituer une barrière infranchissable vers des refuges, des ressources alimentaires ou pour échapper à des prédateurs. Le présent guide insiste par ailleurs sur le risque lié aux poteaux creux.

Toutefois, en dehors de signalements, il semble qu'il existe peu de rapports documentés précis sur la causalité physiologique ayant entraîné la mort. En 2019, une publication documente la mort d'un faucon pèlerin après empalement sur une clôture et enchevêtrément alors qu'il se débattait pour tenter de se dégager. Les auteurs attribuent sa mort non pas directement au traumatisme contondant initial, mais au stress et à « l'exposition » ultérieure de l'oiseau⁹⁷. Pour les clôtures, les auteurs insistent sur cette distinction entre la mortalité par traumatisme contondant et la mortalité par piégeage et exposition. Toute clôture qui s'est détachée ou affaissée augmente le risque de piégeage, voire d'empalement si elle est munie de barbelés, et entraînera la mort par exposition. Les clôtures sans barbelés qui sont entretenues régulièrement ne provoquent pas ce type de mortalité, mais elles peuvent causer un traumatisme contondant mortel. Des cas sont aussi documentés où l'aile de l'oiseau est sectionnée au niveau de l'articulation du carpe, éventuellement après que l'oiseau pris dans le barbelé ait tenté de se dégager⁹⁸. Enfin, les barbelés occasionnent des déchirures ligamentaires, non réparables même si l'animal est récupéré et soigné⁹⁹.

Les chauves-souris peuvent également se prendre les ailes dans les picots de barbelés (encart 10). Cela entraîne des fractures osseuses ou l'arrachement de la membrane alaire (patagium). Celle-ci peut mettre plusieurs jours à se nécroser. L'animal peut également s'occasionner des blessures supplémentaires en tentant de se libérer (p. ex. dans la bouche) compliquant d'autant plus sa guérison en centre de soins le cas échéant¹⁰⁰.

Références :

⁹⁵ (Harrington et Conover, 2010 ; Van Lanen et al., 2017) cité par Van der Leek et al. (2019)

⁹⁶ P. ex., enquête en 2013 de BirdLife South Africa (BirdLife South Africa, n.d.)

⁹⁷ (Van Der Leek et al., 2019)

⁹⁸ (Ley et al., 2008)

⁹⁹ J.F. Noblet, comm. pers.

¹⁰⁰ (Flying Fox Supporters Australia, 2021)

Empêtrements et collisions sur des barbelés



ill. 14. Pluvier kildir.
(photo prise aux États-Unis : © S. Hedwall, U.S. Fish and Wildlife Service)



ill. 15. Buse variable.
(photo : © LPO J.M. Roth)



ill. 16. Buse variable.
(photo : © JF. Noblet
www.ecologienoblet.fr)



ill. 17. Grand-duc d'Europe.
(photo : © M. Gendrot, LPO)



ill. 18. Canard dendrocygne d'Eyton.
À proximité, un renard volant (chiroptères) était aussi empêtré dans le barbelé (flèche jaune).
Encore vivant, il a succombé lors de son transport chez le vétérinaire.
(photo prise en Australie : © J. Luly)



Collisions sur des grillages



ill. 19. Pinson des arbres ayant percuté un grillage à mailles nouées.
(photo : © E. Menoni)

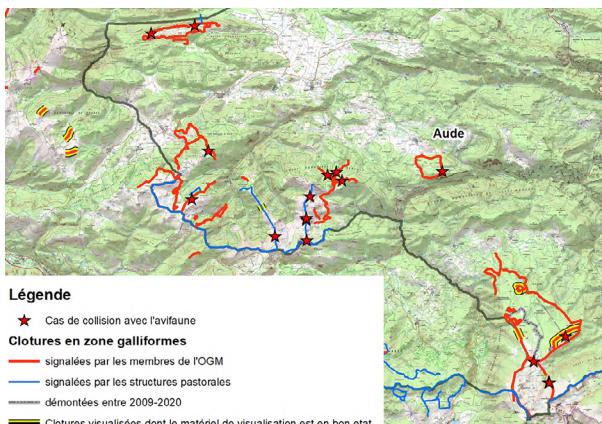


ill. 20. Les plumes coincées dans le grillage peuvent indiquer une collision.
Dans ce cas, le choc avec ce grillage à mailles soudées a été fatal pour ce pigeon ramier (photo : © E. Menoni)

Collisions sur des combinaisons grillages/barbelés



ill. 21. Tétras lyre ayant percuté une clôture à mailles nouées rehaussées d'un rang de barbelés.
(photo prise au Royaume-Uni : © Game & Wildlife Conservation Trust)



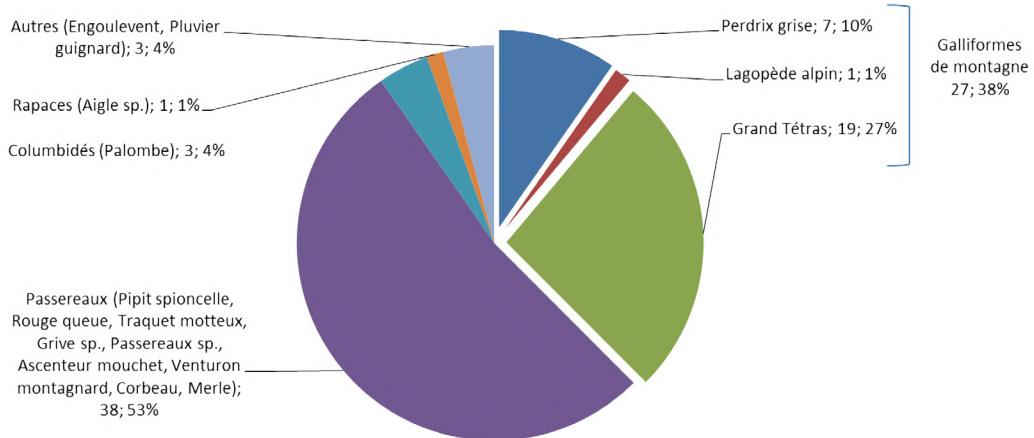
ill. 22. Inventaire des clôtures en zone galliformes et des cas de collisions avec l'avifaune dans l'Aude (extrait).

Les clôtures indiquées comme « visualisées » sont celles qui sont équipées d'un des différents types de dispositifs de visualisation testés : plaque, ruban, etc. (source : © OGM)



ill. 23. Exemple de clôture périmétrale identifiée à risque pour les galliformes.

Dans ce cas, les enclos font au maximum 100 m de long et sont situés sur les versants forestiers d'un vallon. En rouge : clôture préidentifiée à dires d'expert comme dangereuse, en rouge hachuré : celles équipées d'un dispositif de visualisation. Étoile : collision avec un oiseau. (source : © OGM)



ill. 24. Exemples d'espèces d'oiseaux retrouvées mortes après collision dans les clôtures pastorales en montagne.
(source : adapté de OGM - Milhau, 2019)

Dans les Pyrénées, 72 collisions ont été renseignées de façon spontanée dans la base de données de l'Observatoire des Galliformes de Montagne. En l'absence de relevés systématiques, il s'agit d'un minima compte tenu des biais liés à la détection des cadavres et à leur temps de persistance (charognards). Bien que ces études visaient les galliformes, les autres espèces concernaient 62% des collisions recensées. Par ailleurs, une étude dans les Réserves Naturelles de Py et de Prats de Mollo de 2012 à 2018 fait état de 29 collisions principalement de Passereaux sur un linéaire de clôture en fil lisse variant entre 5,3 et 3,5 km¹⁰¹. Les résultats varient en fonction des contextes et des milieux étudiés : p. ex. en Écosse, des études ont conclu que les clôtures grande faune ne présentaient pas de risque particulier pour d'autres espèces d'oiseaux que les galliformes qui représentaient 92% des collisions (le reste concernant principalement des pigeons ramiers¹⁰²).

Références :

¹⁰¹ (Guisset et al., 2014) cité par (Milhau, 2019)

¹⁰² (Baines et al., 2003) reprenant aussi (Baines et al., 1997)

encart n°10. Barbelés, grillages et chiroptères : un risque potentiellement occasionnel en France, mais à intégrer dans la réflexion.

En France, un recensement sur 20 ans dans le département du Cher montre que **l'empalement des chauves-souris sur des barbelés est une cause de mortalité possible, mais anecdotique** (inclus dans les 5% de causes « autres » parmi 2 335 cadavres recensés)¹⁰³. Les témoignages sur plusieurs décennies sont rares¹⁰⁴ contrairement aux mentions ailleurs dans le monde (p. ex. en Australie où les situations à risque sont documentées : encart n°11). Cela pourrait tenir entre autres au fait que toutes les espèces européennes utilisent l'écholocation pour se repérer en vol sauf à des moments très particuliers (p. ex. abreuvement ou alimentation en vol).¹⁰⁵

Le risque direct lié aux autres types de clôtures est peu (voire pas) documenté : il n'est cependant sans doute pas impossible dans des configurations de sites ou des phases d'activités particulières.

Intuitivement, les clôtures de CPV classiques (hauteur < 3 m) pourraient être *a priori* peu problématiques pour les chauves-souris évoluant en altitude (noctules, sérotines), une fois la hauteur de vol atteinte. Les espèces de bas vol (rhinolophes, pipistrelles, murins) évoluent plus souvent dans la zone d'interaction avec ces équipements, mais semblent généralement s'en accommoder. Les chauves-souris perçoivent d'ailleurs les clôtures de grande hauteur (4 m avec des mailles de 3 à 5 cm) qui sont utilisées afin d'éviter qu'elles ne traversent des infrastructures routières et les guider vers des ouvrages de franchissement, au moins en attendant le développement de haies¹⁰⁶. L'utilisation de bavolets en mailles de 5 X 5 cm pourrait renforcer leur détection¹⁰⁷. Pour illustrer encore leur capacité de détection, la capture de chauves-souris au filet souple à mailles fines au-dessus de rivières fréquentées reste difficile, les animaux, évitant souvent le dispositif.¹⁰⁸

Si les chauves-souris peuvent suivre certaines clôtures, il reste à contrario possible de **s'interroger sur le risque que certaines ne renvoient vers des routes proches des chiroptères qui les suivent** (p. ex. si leur implantation prolonge des haies jusqu'aux abords de la route) avec un risque accru d'être heurtés par les véhicules. L'effet de déviation de la trajectoire des espèces de bas vol par des clôtures a notamment été mis en évidence avec le Petit Rhinolophe sur des dispositifs expérimentaux de 4 m de haut : 95% des animaux les ont contournés plutôt que de voler par-dessus¹⁰⁹.

En revanche, tous les équipements posés en sortie de grottes (grilles ou clôtures) et barrant l'entrée, sont susceptibles de perturber les espèces s'ils ne sont pas correctement réfléchis : certaines espèces sont réputées particulièrement sensibles (p. ex. Minioptère de Schreibers quelle que soit l'époque, Grand et Petit Murins en période de reproduction) avec des modifications du comportement de vol (baisse d'altitude, ralentissement, vol en cercles devant l'entrée, etc.) et à terme l'abandon de gîtes. Des risques de collision sont possibles avec des systèmes mal réfléchis et certaines espèces nécessitent de laisser un espace libre en hauteur de plus de 1 m² (p. ex. M. de Schreibers) ou d'implanter le périmètre grillagé en retrait¹¹⁰. Néanmoins, sous réserve d'étudier précisément les espèces en présence, la sécurisation par grilles ou périmètre grillagé est régulièrement pratiquée : elle est considérée comme un moyen de protection efficace de sites à chiroptères. Lors d'opération de sécurisation, il est recommandé de poser les périmètres grillagés suffisamment loin (> 5 m si possible) pour ne pas impacter les trajectoires de vol.¹¹¹

Au final, tout aménagement non réfléchi et quel qu'il soit, situé à proximité immédiate de grottes fréquentées par les chiroptères, présente des risques élevés. Aussi, par précaution et analogie avec ces retours d'expérience, et dans l'attente d'éventuelles études spécifiques, il convient d'être vigilant lors de la **mise en place de grillages ou de fils lisses au droit immédiat des sorties de gîtes comme les fissures de tronc peu élevées, les failles, les vieux bâtiments, etc.** Un risque est également possible avec des clôtures de tous types tendues le long de cours d'eau ou de plans d'eau où les animaux viennent boire ou chasser. Des études plus poussées, ou dans un premier temps, une enquête nationale auprès du réseau de chiroptérologues seraient à lancer. **Le risque pourrait également être plus élevé juste après la pose (animaux non habitués à l'équipement) ou à des moments où ils n'émettent pas (voire crépuscule encore clair),** ce qui reste à documenter.

Enfin, hors du champ de ce guide, on rappelle tout de même le danger que représente la condamnation des abat-sons d'église, caves, combles et autres dépendances avec des « grillages à poules » (p. ex. mailles hexagonales de 2 à 3 cm) : ils agissent comme de véritables collets piégeant les avant-bras des chauves-souris¹¹².



(article rédigé en lien avec L. Arthur, Chauve-qui-peut)

Références :

- ¹⁰³ (Arthur et al., 2015)
- ¹⁰⁴ L. Arthur, comm. pers.
- ¹⁰⁵ L. Arthur, comm. pers.
- ¹⁰⁶ (CEREMA, 2018) montrant également la photo d'un exemple allemand de Kathi Mârki / NACHTaktiv & WILD, (SETRA, 2008) qui

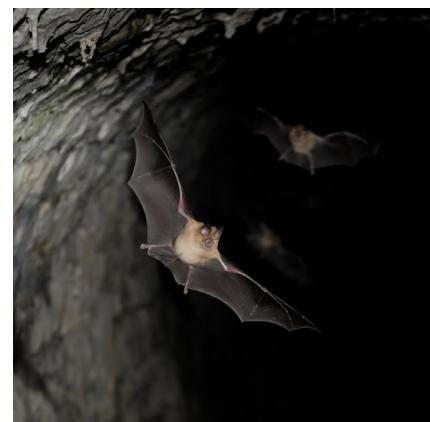
- cite aussi un guide de bonnes pratiques du Royaume-Uni où certains linéaires de clôtures sont considérés comme potentiellement exploitées par les chauves-souris (Highways Agency, 2006).
- ¹⁰⁷ L. Arthur, comm. pers.
- ¹⁰⁸ R. Colombo, Asellia Ecologie, comm. pers.

¹⁰⁹ Etude de Swild et NACHTaktiv (2007) et reprise par CEREMA (2018).

¹¹⁰ (GCP, 2015)

¹¹¹ (Mitchell-Jones, 2007)

¹¹² (Arthur et al., 2015)



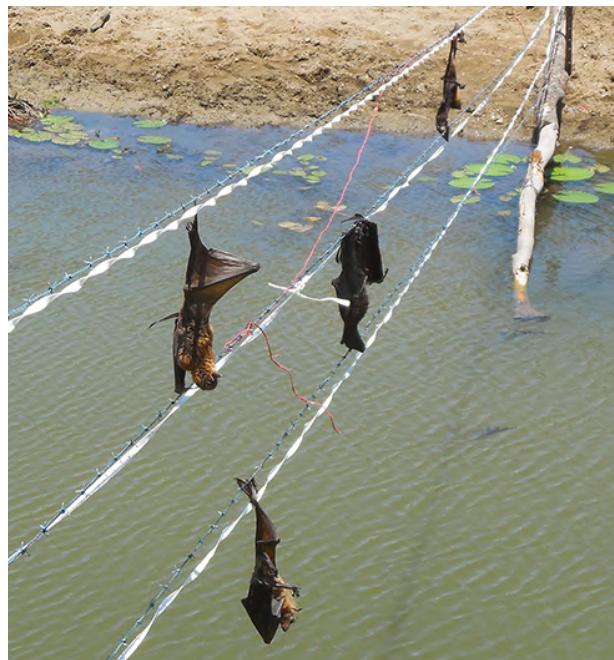
ill. 25. Exemple de grillage utilisé aux abords d'infrastructures de transport pour préserver spécifiquement les chiroptères.

Des grillages hauts à mailles losangées sont bien perçus par les chauves-souris : ils permettent de guider les espèces de bas vol vers des ouvrages de franchissement où elles ne risquent pas d'être percutées par les véhicules. (photos : © F. Nowicki, CEREMA)

ill. 26. Grand Rhinolophe.
(photo : © N. Valet – Auddicé)



ill. 27. Grand murin.
(photo : © F. Fève)



ill. 28. Chauves-souris empêtrées sur des barbelés surplombant un ruisseau.

Après la découverte de ces nombreux cadavres de renards volants noirs, des rubans blancs, visibles sur la photo, ont été accrochés sur ces barbelés pour renforcer leur visibilité. Ici, les cadavres ont été laissés en place compte tenu du risque que représentait la présence de crocodiles en essayant de les retirer. Apparemment, aucune collision n'a été rapportée depuis sur ce site. (source et photos prises en Australie : © J. Luly)



ill. 29. Cadavre de chauve-souris sur un barbelé.

Ici, le picot du barbelé a empalé la membrane interfémorale (uropatagium). (photo prise en Australie : © wildlifefriendlyfencing.org)

encart n°11. Exemples de situations où, en Australie, la pose de barbelés présente des risques particulièrement élevés pour les oiseaux et les chiroptères¹¹³

- De nuit ou à l'aube.
- Par temps venteux, les chiroptères et oiseaux (notamment les jeunes) volant plus bas au niveau de la végétation, ayant du mal à gagner en altitude au-dessus de la clôture ou encore y étant rabattus par le vent.
- En travers de trajectoires de vol (ou de vol plané), en particulier pour des espèces de bas vol, notamment si les arbres bas où se nourrissent les chiroptères et les espèces planantes sont espacés.
- Sur les lignes de crête.
- Lorsqu'elles sont plus hautes que la végétation environnante (p. ex., autour de nouvelles plantations).
- Près des arbres où se nourrissent les animaux volants.
- Proche de plans d'eau, les zones humides et les trous d'eau, y compris bassins de traitement des eaux.
- Proches des cours d'eau (et a fortiori les clôtures immergées).
- Nouvelles clôtures dans des zones qui n'en avaient pas jusque-là.
- Clôtures au niveau des lisières forestières (et tout particulièrement pour les chiroptères).



ill. 30. Exemple des différentes perceptions d'une clôture rigide et de la CPV en retrait.

Selon l'angle de vue et la luminosité, les clôtures sont plus ou moins visibles pour l'œil humain. La question persiste de savoir comment les espèces volantes perçoivent les clôtures en fonction p. ex de l'arrière-plan naturel ou aménagé, et de la luminosité.

Trois photos en partant de la gauche : la même clôture rigide à revêtement gris est observée face aux panneaux photovoltaïques et sous différents angles. À droite : clôture de CPV au loin en vue rasante depuis le champ de céréales qui la borde (sous cet angle, les panneaux photovoltaïques ne se voient pas, la clôture rigide non plus : seuls les poteaux sont visibles). (photos : C. Buton)

Références :

¹¹³ (Booth, 2006).



De façon générale, les collisions avec des clôtures sont avérées pour de nombreuses espèces d'oiseaux et la sensibilité de certains taxons est bien documentée. Toutefois, à ce stade, nous n'avons pas connaissance d'études qui compareraient les taux de collision sur clôture par espèce ou par groupe d'espèces, rapportés au linéaire équipé et à l'abondance locale des taxons à l'époque des collisions. A fortiori, de telles études comparatives n'ont pas été à ce stade identifiées par type de clôture et de contextes (habitats), ni non plus dans le cadre précis des CPV. Quelques études publiées¹¹⁴ attestent de la survenue de ce type d'événements sur les clôtures d'exclusion périphérique autour de CPV au moins de façon ponctuelle (encart n°12), mais à ce jour, elles ne montrent pas un niveau de risque spécifique à ce type d'activité. Par ailleurs, la plupart des résultats obtenus sur grillages concernent des dispositifs à grande maille. En revanche, la visibilité d'autres matériaux utilisés sur les CPV comme p. ex. les clôtures simple torsion ou en panneaux rigides n'est pas ou peu documentée (des cas de collisions sur clôture simple torsion nous ont néanmoins été évoqués hors contexte CPV). Bien qu'ils semblent plus visibles pour l'œil humain que les clôtures galvanisées à grande maille, qu'en est-il pour les différentes espèces animales ?

De façon générale, à ce stade et dans les situations d'implantation actuelles, la problématique des impacts directs notamment par collisions d'animaux sur les clôtures semble ponctuelle sur les CPV. Elle n'est pas mise en évidence dans les évaluations d'impact actuelles et ne fait pas l'objet de signalement ou de remontées d'informations spécifiques auprès des opérateurs¹¹⁵.

Toutefois, la rareté des études dédiées doit inciter à la prudence : localement, des contextes à risque sont susceptibles d'exister dans des habitats fréquentés par de fortes densités d'oiseaux, pour espèces avec des comportements de vol qui les exposent plus (p. ex. grands oiseaux lourds¹¹⁶, espèces évoluant en vols denses au ras du sol), ou dans des contextes d'aménagement particulier (pour les oiseaux, voire les chiroptères). De même, sur l'ensemble du pourtour d'une enceinte grillagée, un linéaire même restreint est susceptible de présenter un risque particulier en raison du relief, du contexte écologique, etc.

Par ailleurs, le potentiel effet visuel des installations situées en arrière-plan des clôtures (p. ex. panneaux photovoltaïques, locaux techniques) reste à préciser (ill. 30). À ce stade, aucune étude n'a été identifiée qui documenterait comment le fond (p. ex. motifs, distance à la clôture) interfère avec la perception des différents types de clôtures par les oiseaux. L'effet de la polarisation de la lumière évoquée pour les panneaux¹¹⁷ ainsi que leur miroitement ou leur reflet nuisent-ils à la perception des clôtures par les espèces volantes et renforcent-ils alors le risque de les percuter ? Au contraire, l'écran visuel que constituent ces installations derrière les clôtures favorise-t-il, p. ex. selon la distance qui les sépare, la perception de l'obstacle et son évitement ? De même, il est suggéré que des oiseaux insectivores puissent chercher à exploiter certains insectes attirés par la polarisation des panneaux solaires.¹¹⁸ La question reste entière de savoir si l'arrière-plan constitué par des panneaux photovoltaïques accroît ou au contraire limite le risque de collisions par les oiseaux.

Autour de CPV, l'évaluation de l'impact direct des clôtures doit donc être menée au cas par cas et sur la totalité du linéaire pour envisager les situations ponctuelles particulières.



(Photo : C. Butor)

Références :

- ¹¹⁴ (Visser E et al., 2019) sur la base de (Visser, E., 2016), (Guerin, 2017).
- ¹¹⁵ Échanges dans le cadre du projet
- ¹¹⁶ Risque suspecté par BirdLife Europe (2011) repris aussi dans (Klaassen et al., 2018).

¹¹⁷ Le risque lié à la polarisation est soulevé par (Horváth et al., 2009) et rappelé dans (Martinez, 2020). Voir aussi (Marx, 2022).

¹¹⁸ Voir la revue documentaire de Marx (2022).

encart n°12. *Les publications sur les impacts directs des clôtures de CPV sont encore rares.*

Les références ci-dessous sont issues du croisement entre les documents en notre possession et les listes bibliographiques données par les méta-analyses publiées relatives aux clôtures en général ou aux installations solaires en particulier. Nous n'avons pas recherché les études non publiées sur lesquelles ces méta-analyses se basent.

Walston et al. (2016) ont calculé sur des installations solaires de **Californie (États-Unis)** une mortalité générale maximale de 9,9 oiseaux/MW/an en incluant aussi les clôtures et tous les équipements annexes. Cette étude englobait des suivis menés sur 1 CPV classique mais aussi sur 2 installations solaires à concentration. Pour la seule CPV étudiée, le ratio est de 10,7 oiseaux/MW/an. Toutes technologies solaires confondues, leurs estimations suggèrent que la mortalité aviaire sur les centrales solaires aux États-Unis serait inférieure à celle causée par d'autres facteurs anthropiques (avec par importance décroissante, les collisions sur bâtiments et fenêtres, celles liées au trafic routier, les collisions sur les pylônes de communication, les centrales à combustibles fossiles et les collisions sur des installations éoliennes). L'étude ne compare toutefois pas cette mortalité générale sur les installations solaires à une estimation de celle survenant sur les clôtures au niveau local, régional ou national. Les auteurs concluent à la nécessité de poursuivre les études pour d'une part optimiser le choix des sites d'implantation en évitant par exemple les axes et haltes migratoires ainsi que les habitats à enjeux et, d'autre part, pour préciser l'influence combinée des différents facteurs (y compris les CPV) sur la mortalité aviaire.

En outre, Kosciuch et al. (2020) ont pris le parti, dans leur méta-analyse visant à caractériser la mortalité spécifique de 10 CPV de l'Ouest et du Sud-Ouest des États-Unis (Déserts de la Sonora et du Mojave, Californie côtière et Grand Bassin), d'exclure toutes les mortalités attribuées à des collisions avec des clôtures¹¹⁹. En effet, ils ont considéré que les clôtures sont omniprésentes dans les paysages alentour. Leur choix méthodologique visait également à permettre des comparaisons entre CPV. Gerringer et al. (2022) signalent aussi des suivis de mortalité sur les CPV et leurs clôtures au **Wyoming**, mais les résultats restent en attente.

En **Afrique du Sud**¹²⁰, un suivi des mortalités a été mené durant 3 mois sur une CPV de 180 ha. La CPV était entourée par une clôture grillagée de 7,3 km, longée intérieurement par une clôture électrique défensive éloignée d'environ 1,60 m, haute de 2 m et constituée de fils horizontaux écartés de 20 cm. Les quatre événements recensés impliquant des oiseaux étaient dus à leur « piégeage fortuit » dans cette double clôture : trois outardes houppettes ont été relâchées par le personnel, un francolin a été retrouvé mort. Deux varans des steppes ont également été bloqués dans cette configuration.

En revanche, en **Australie**¹²¹, un suivi régulier sur 10 km de clôtures autour d'une CPV de 250 ha en zone rurale, mené durant la phase construction uniquement, n'a révélé aucun oiseau pris ou piégé par les clôtures. Toutefois, celles-ci disposaient de dispositifs de prévention des collisions aviaires non précisés dans la publication.

Références :

¹¹⁹ Également confirmé par K. Kosciuch (comm. pers.).

¹²⁰ (Visser et al., 2019) basé sur (Visser, 2016)

¹²¹ (Guerin, 2017)

• *Le piégeage fortuit dans les mailles ou entre des barreaux : l'effet collet*

Selon la taille des mailles du grillage ou l'écartement des barreaux des portails voire des grilles, des animaux peuvent y rester coincer en tentant de s'insinuer dans les espaces vides. À ce jour, ce risque de piégeage fortuit semble toutefois peu documenté ou même illustré, en dehors peut-être de la problématique du Hérisson d'Europe, espèce emblématique des jardins.

Pour les **mammifères**, à ce stade, aucune étude spécifique n'a été rencontrée. Toutefois, pour les grands **ongulés**, le risque de se coincer dans des grillages à grandes mailles en métal lorsqu'ils sont bien en place semble plus anecdotique que celui de s'empêtrer dans des restes de vieilles clôtures ou dans les clôtures mobiles en filets (*encart n°6*). Des cas sont néanmoins ponctuellement signalés de chevreuils se bloquant le corps¹²² (*ill. 31*) ou encore de cerfs entravés par les bois. Toutefois, aucune source ne recense les incidents en milieu naturel selon la taille des mailles et leur hauteur au sol. La problématique est abordée en élevage (*encart n°13*). Ce risque de piégeage fortuit a tout de même été un des éléments pris en compte pour limiter, sur infrastructures de transport, la taille admissible pour les mailles en partie basse des grillages (i. e. pour une largeur maximale des mailles de 15 cm, leur hauteur est au maximum de 10 cm sur les 50 premiers cm au-dessus du sol, puis au maximum de 15 cm jusqu'à 80 cm du sol¹²³).

Plus fréquemment semble-t-il¹²⁴, des cervidés (faon de cerf¹²⁵, chevreuils) se coincent entre des barreaux de portail au niveau du bassin, mais là non plus sans que les configurations à risque ne soient recensées, ni même ce qui

a incité les animaux à forcer le passage. Des cas d'animaux empalés ou bloqués (*ill. 32*) par des extrémités de grilles saillantes sont signalés (pics, extrémités de barreaux). Cela semble rester marginal, sans doute tributaire d'une part de la hauteur de la clôture et de conditions particulières (p.ex., stress en situation d'enclos, d'impasse ou de poursuite). Par précaution, ce type de risque est éventuellement à envisager si l'on est à la fois dans une zone à forte densité de cervidés et si des facteurs les incitent à chercher des points d'entrée dans l'enceinte. Pour la **moyenne faune**, les mentions semblent également rares avec les grillages à « grandes » mailles (p. ex. lièvre coincé sous les côtes dans une maille de 15 cm de large X 10 cm de haut dans un pan de clôture lâche en travers d'une piste - *ill. 33*). Pour la **petite faune** en revanche, le cas du Hérisson est emblématique : bien qu'il soit capable de s'aplatis pour ramper sous un portail en raison de l'espace libre à l'horizontale, en revanche une maille de 5 cm peut suffire à le piéger si l'animal ne parvient pas à passer sous le grillage (*encart n°14*).

Pour les **reptiles**, le risque est documenté p. ex. pour des **tortues** en Afrique du Sud lorsqu'elles ont une taille légèrement supérieure à la maille du grillage¹²⁶.

Des cas de piégeage ponctuel de serpent et de tortue sont aussi cités même avec de petites mailles (3 cm hexagonales)¹²⁷. Ce risque est aussi évoqué pour les grillages à mailles fines à l'encontre des reptiles et des amphibiens¹²⁸, ces équipements étant toutefois sans doute très marginaux sur CPV.



ill. 31. Une chevrette reste temporairement bloquée dans une maille de 15 cm de large X 20 cm de haut. Dans ce cas, l'animal a réussi à se dégager. (photo : © G. Ehrhard, DIR Est)



ill. 32. Faon de cerf bloqué entre les barreaux d'une clôture après avoir tenté de sauter par-dessus. (photo : © Rolf Wildhaber, © St.Gallischer Jägerverein Hubertus)



ill. 33. Lièvre d'Europe coincé dans un grillage à mailles progressives. (photo : © S. Fagart, LPO)

Références :

¹²² Photo de la DIR EST insérée par Carsignol et al. (2019). Par ailleurs, ces événements bien qu'occasionnels resteraient marginaux sur les clôtures ferroviaires (L. Clévenot, SNCF Réseau, comm. pers.).

¹²³ (Carsignol et al., 2019)

¹²⁴ Publications Internet (avec les réserves d'usage sur ce média), presse

grand public et cynégétique : p.ex. (St. Gallischer Jägerverein Hubertus, 2019).

¹²⁵ (St. Gallischer Jägerverein Hubertus, 2019)

¹²⁶ (Lee et al., 2021)

¹²⁷ (Ferronato et al., 2014)

¹²⁸ (CEDR, 2020)

encart n°13. Une problématique prise en compte dans les élevages d'ongulés.

Dans des élevages de cervidés où les animaux sont en forte densité et ont des velléités de s'enfuir, il peut être recommandé de réduire les mailles en partie basse afin, entre autres, d'éviter que les jeunes s'y coincent (p. ex. en Amérique du Nord : mailles maxi de 30 cm de large X 9 cm de haut pour les faons de cerf et 15 X 9 cm pour ceux des espèces de cervidés plus petites¹²⁹ ou encore de 10 cm de large X 5 cm de haut toutes espèces confondues¹³⁰). Des cas de chèvres se coinçant la tête dans des mailles et que leurs cornes empêchent de ressortir sont également rapportés¹³¹. Toutefois la problématique semble plus forte dans ces contextes de contention dont les animaux peuvent chercher à s'échapper, que pour des enclos de type CPV où d'éventuels animaux chercheraient à rentrer. Pour mémoire, le risque est mentionné aussi pour les élevages de petit bétail (p. ex., cas d'un mouton se coinçant la tête dans des mailles de 15 X 15 cm) mais la fréquence d'occurrence resterait toutefois à préciser.

encart n°14. Autoroutes pour hérisson – la connectivité est aussi un enjeu en milieu urbain.

Espèce protégée et emblématique, le Hérisson d'Europe fait l'objet de campagnes de sensibilisation spécifiques notamment auprès des jardiniers amateurs p. ex. en France, Suisse¹³² ou au Royaume-Uni¹³³. Il se déplace de plusieurs km chaque nuit pour s'alimenter (lombrics, invertébrés), gagner ses différents gîtes et se reproduire. Sa survie est conditionnée par la connectivité des milieux que ce soit entre villages en zone rurale¹³⁴ ou entre jardins en zone urbaine¹³⁵. Les domaines vitaux vont d'environ 10 à 100 ha, les femelles en ayant de plus petits que les mâles¹³⁶. En ville, les surfaces sont plus restreintes (p. ex. 6 à 11 ha) en raison d'une meilleure disponibilité alimentaire¹³⁷. Une étude suggère que cette plus forte densité en ville pourrait résulter d'une émigration régulière de hérissons « ruraux »¹³⁸.

Les clôtures peuvent constituer des obstacles : en cherchant à les contourner, les hérissons peuvent déboucher vers des routes où ils risquent de se faire écraser¹³⁹. L'attention est largement pointée sur le danger lié à la fermeture des jardins¹⁴⁰ ainsi que sur les éléments de clôture dans lesquels il peut s'empêtrer : grillages métalliques trop bas ou à mailles trop étroites, filets électriques souples noués¹⁴¹, etc. Bien que ces piégeages fortuits ne soient pas une des causes principales de mortalité (c. à d. trafic routier, hypothermie hivernale, prédateur notamment par le Blaireau, intoxication par des pesticides, maladie et état sanitaire dégradé, noyade)¹⁴², ils y contribuent. Ils sont par ailleurs à l'origine d'arrivées régulières d'animaux blessés en centres de soins en France¹⁴³. Aucune statistique ne semble toutefois disponible sur ces causes d'admission en soins, ce qu'il serait intéressant de mettre en place afin de caractériser les risques et les matériels ou configurations en cause.

S'il est capable de s'aplatisir pour passer p. ex. sous des portails (des adultes parviennent à passer sous une hauteur libre de 3 cm¹⁴⁴), en revanche le Hérisson se bloque souvent dans les mailles de clôtures. En l'absence d'étude empirique identifiée à ce stade¹⁴⁵, une recherche rapide sur Internet (avec les précautions d'usage liées à ce média) montre que des hérissons peuvent se bloquer dans divers types de grillage : maille de grillage soudé souple de 5 cm de large X 10 cm de haut¹⁴⁶, maille de grillage rigide de 5 cm de large X 20 cm de haut¹⁴⁷ ou encore une maille de grillage simple torsion de 5 X 5 cm¹⁴⁸. Les dispositifs en cause peuvent être aussi bien souples que rigides : dès lors que l'animal peut insérer la tête, il risque de se coincer, les épines agissant comme des harpons antiretour¹⁴⁹. Les claustras ou barreaux de portillons inclinés en V sont aussi à risque¹⁵⁰. L'animal bloqué ne peut plus boire ni se nourrir, mais surtout, l'exposition du Hérisson en journée risque d'attirer des mouches¹⁵¹. Une fois leurs œufs pondus et même si le hérisson parvient à se dégager (seul ou aidé), l'animal est condamné¹⁵². Le blocage dans des barreaux peut aussi entraîner des blessures aux aisselles avec des risques d'infection ultérieure¹⁵³.

Au final, pour le Hérisson, il est p. ex. recommandé de ménager des ouvertures d'au moins 7 cm de haut X 10 cm de large¹⁵⁴ et plus largement 13 X 13 cm (pour reprendre les références anglaises¹⁵⁵) voire 15 cm X 15 cm¹⁵⁶, en fonction aussi de la faune que l'on souhaite ou non voir aussi entrer dans le jardin. Ainsi, des ouvertures de 7 cm de haut X 10 cm de large empêchent l'entrée des chats adultes dans des abris à hérissons¹⁵⁷. Sous les portails, ou sous des panneaux de clôture étanches, une hauteur minimale d'environ 5 à 7 cm est à recommander¹⁵⁸. Au Royaume-Uni, des programmes visent à associer les promoteurs, offices d'habitations et associations locales pour créer des « Autoroutes à Hérissons »¹⁵⁹. Des actions similaires émergent en France comme l'opération Piqu'Caen du Groupe Mammalogique Normand et qui consistent p. ex. à carotter des trous de diamètre 15 cm au pied des murets. Différents modèles de cadres ouvrages en métal ou en bois permettent de sécuriser les trous réalisés en coupant des clôtures et concourent aussi à l'acceptation sociale et à la pérennité de ces aménagements (ill. 118). Les picots inférieurs des clôtures rigides sont aussi repliés pour faciliter le passage et éviter les blessures.

Enfin, les clôtures électrifiées représentent un risque particulier car le Hérisson se met en boule par réflexe de protection et finit par mourir : pour cette espèce, il serait souhaitable de les relever à plus de 10 cm de haut ou de ne pas électrifier le fil du bas jusqu'à cette hauteur¹⁶⁰.



ill. 34. Hérisson blessé par un grillage et en cours de soins.

Le fil métallique avait scié la peau, créant une large plaie colonisée par des asticots.
(Photo : © S. Stahl)



ill. 35. Hérisson d'Europe tentant de trouver un passage.

(photo : © G. Foli)



ill. 36. Exemple de passage découpé dans un grillage simple torsion.

Les fils coupés ont été aboutés pour ne plus être dangereux. (photo : © Groupe Mammalogique Normand)



ill. 37. Carottage d'un trou de 15 cm de diamètre au pied d'un mur pour libérer un passage à hérissons.
(photo : © Groupe Mammalogique Normand)



ill. 38. Passage découpé en pied de clôture rigide.
Ici, la localisation dans un angle de clôture optimise le repérage par les animaux. Les fils coupés ne dépassent pas.
(photo : © Groupe Mammalogique Normand)

Références :

- ¹²⁹ (Martin et al., 1997)
- ¹³⁰ (Laroche et al., 2005)
- ¹³¹ (van der Ree, 1999)
- ¹³² (PRO IGEL, 2019)
- ¹³³ Programme EdgeHog Street (Johnson, 2020).
- ¹³⁴ (Pettett et al., 2017)
- ¹³⁵ (Hof et al., 2009) cité par (Pettett et al., 2017).
- ¹³⁶ (Reeve, 1994 ; Jourde, 2008) cités par Verry (2012).
- ¹³⁷ (Zingg, 1996 ; Jourde, 2008) cités par Verry (2012) qui confirme la surface.
- ¹³⁸ (Hubert, 2008)
- ¹³⁹ (Berthoud, 1980)
- ¹⁴⁰ (Hof et al., 2009) cité par (Pettett et al., 2017), (Lohmann, 2004 ; Jourde, 2008) cité par (Verry, 2012).
- ¹⁴¹ (PRO IGEL, n.d.)
- ¹⁴² Etudes des données de centres de soins au Royaume-Uni et aux Pays-Bas par Reeve et al. (1999), revues d'études par (Pettett et al., 2017 ; Verry, 2012 ; Andrieu, 2012 ; Hubert et al., 2011)
- ¹⁴³ D'après un sondage rapide auprès des centres de soins Alliance
- ¹⁴⁴ Alliance Hérissons, comm. pers.
- ¹⁴⁵ D'après un sondage auprès de quelques centres de soins.
- ¹⁴⁶ (France Bleu, 2018)
- ¹⁴⁷ ("Alliance hérissons," n.d.), (Hepburn, 2016)
- ¹⁴⁸ (GloucestershireLive, 2019)
- ¹⁴⁹ S. Stahl, Les Ptits Kipik (comm. pers.).
- ¹⁵⁰ S. Stahl, Les Ptits Kipik (comm. pers.).
- ¹⁵¹ E. Baronnet-Frugès, Alliance Hérissons (comm. pers.).
- ¹⁵² <https://lesanctuairedesherissons.eu>
- ¹⁵³ S. Stahl, Les Ptits Kipik (comm. pers.).
- ¹⁵⁴ ("Le hérisson: participons à sa protection," n.d.)
- ¹⁵⁵ (British Edgehog Preservation Society, n.d.), (Johnson, 2020) repris par (LPO Mission Hérisson, 2021)
- ¹⁵⁶ (SOS hérissons 49, n.d.), opération Piqu'Caen du Groupe Mammalogique Normand.
- ¹⁵⁷ S. Stahl, Les Ptits Kipik (comm. pers.).
- ¹⁵⁸ S. Stahl, Les Ptits Kipik (comm. pers.).
- ¹⁵⁹ (British Edgehog Preservation Society et al., n.d. (a))
- ¹⁶⁰ S. Stahl, Les Ptits Kipik (comm. pers.)

- **Les blessures sur des éléments pointus ou coupants**

La principale clôture en cause est le fil de fer barbelé (ou « fil ronce ») avec en toute logique, une extrapolation à ses différentes déclinaisons industrielles (barbelés à picots ou à lames dit « barbelé américain »). Le risque de blessure concerne toutes les espèces susceptibles d'entrer en contact au sol ou en vol avec l'élément vulnérant selon sa hauteur : **oiseaux¹⁶¹**, **mammifères de grande et moyenne taille** (selon la hauteur des fils), **y compris chiroptères¹⁶²** (voir aussi encart n°10). De nombreuses publications soulignent ce risque à travers le monde et mettent en avant des problématiques de conservation des espèces mais aussi de bien-être animal compte tenu des conditions des souffrances infligées¹⁶³. Même des espèces réputées « sauteuses » peuvent être touchées : p. ex., le Chevreuil et le Cerf élaphe cherchent des passages par en dessous ou au travers un obstacle avant d'envisager le saut¹⁶⁴ avec des risques accrus de se frotter aux barbelés.

Bien que des franchissements de mammifères (ongulés et moyenne faune) sous des barbelés soient d'observation fréquente en particulier dans des zones agricoles fortement cloisonnées (élevage - ill. 41), d'éventuels effets masqués restent difficiles à quantifier : réitération d'événements stressants, perte de poils ou encore blessures non invalidantes à court terme mais qui occasionnent une perte d'énergie pour l'individu avec de possibles influences sur la santé de la population dans son ensemble¹⁶⁵. Les effets sur la transmission d'agents pathogènes, zoonoses ou épidémies seraient également à préciser.

Des blessures peuvent être provoquées aussi par des **grillages endommagés** (p. ex. fils coupés dépassant).

Ce risque lié aux blessures non immédiatement létales est cependant peu documenté. Il entraîne une sous-estimation de l'impact des clôtures : des animaux blessés peuvent sortir de la zone de relevé. Ainsi, lors de suivis de collisions d'oiseaux sur des clôtures aux États-Unis, des cadavres étaient situés à plus de 200 m des clôtures. D'autres portaient déjà d'anciennes plaies de collision partiellement cicatrisées, les auteurs indiquant que les blessures même non mortelles peuvent rendre les oiseaux plus sensibles à une prédation ultérieure.¹⁶⁶ Ces réflexions sont extrapolables aux autres espèces.

Des blessures sont aussi susceptibles d'être causées par des pointes ou des pics situés en partie haute des clôtures. Pour mémoire, aux États-Unis, des exemples montrent l'empalement spectaculaire de cervidés sur des ornements décoratifs « en fers de lance » en tête de grilles¹⁶⁷. Si ces embellissements semblent hors de propos dans le cas des CPV, en revanche, de tels éléments dissuasifs ont pu être rencontrés sur certaines CPV (pics en tête de portails p. ex.) avec d'éventuels risques similaires s'ils sont placés à des hauteurs franchissables par les cervidés (sous réserve d'évaluer les enjeux faunistiques locaux et les motivations des animaux à pénétrer dans le site).

Nota sur les équipements non documentés :



À ce stade, nous n'avons pas identifié d'étude portant spécifiquement sur les **barbelés à lames** : en cas de contact, les risques pour la faune sont probablement, et en toute logique, proches de ceux des barbelés avec un effet coupant accentué ainsi qu'un risque de piégeage fortuit au sein de la structure qui se déploie en ressort dans l'espace¹⁶⁸. En revanche, cette pose « en rouleaux » modifie peut-être les conditions générales de perception.

De même, le risque présenté par les **extrémités vives des grillages à fils torsadés** reste aussi à investiguer pour chaque groupe d'espèces. D'expérience, leur caractère blessant est facilement constatatable à la manipulation : cela plaide, par précaution et en l'absence de données spécifiques, pour des précautions du type de celles formulées pour les barbelés bien que pour ces derniers la disposition et l'enroulement des picots favorisent tout particulièrement la blessure et l'accroche.

À ce stade, aucune information n'a été identifiée sur un risque éventuel lié aux **extrémités saillantes des fils des clôtures rigides**. Toutefois, leur diamètre plus important que pour les clôtures souples, la coupe droite et leur éventuel revêtement semblent conduire, tout du moins à la manipulation, à une dangerosité probablement moindre. Ils pourraient néanmoins contribuer à déchirer la peau. Une étude spécifique du risque éventuel pour la faune occasionné par ces picots « peu piquants » reste néanmoins possible (ill. 43).

Références :

¹⁶¹ (Van der ree, 1999), (Cornwell et al, 1971), (Edenburn, 1973)

¹⁶² Voir la liste de Booth (2006).

¹⁶³ P. ex. le Plan d'Actions pour les fils de fer barbelé du Queensland – Australie (Booth, 2006)

¹⁶⁴ P. ex. (Meunier, 2000) et (Buton et al., 2022).

¹⁶⁵ (Jakes et al, 2018)

¹⁶⁶ (Stevens et al., 2012)

¹⁶⁷ (Paige et al., 2012)

¹⁶⁸ Hors CPV, des cas d'animaux piégés dans des barbelés à lames nous ont été rapportés, avec d'importantes coupures (photographie d'un cerf empêtré dans un rouleau déployé au sol, mention d'un renard bloqué dans un rouleau déployé au sommet d'une clôture qu'il tentait d'escalader).

encart n°15. Exemples de recours aux fils barbelés sur CPV.

À ce stade, nous n'avons pas connaissance de clôtures de CPV réalisées uniquement en barbelés. Il arrive qu'ils soient utilisés :

- en renforcement sommital de grillage (bavolet) contre des intrusions humaines.



(photo : © V. de Billy, OFB)

- en pied de grillage contre des fouisseurs.



(photo : C. Buton)

- voire pour sécuriser une brèche ponctuelle.



(photo : C. Buton)



ill. 39. Exemple de barbelés constituant un bavolet sur la clôture d'un ancien terrain militaire réaménagé en CPV.
(photo : © S. Foli, Auddicé Environnement)



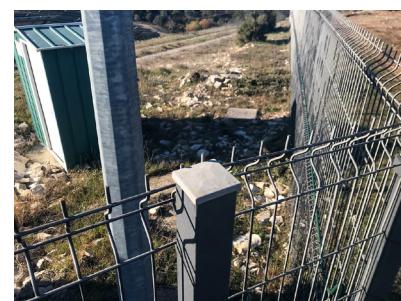
ill. 40. Grillage équipé ou non de barbelé.
Sur un même site, un barbelé (ici, à lames) a été déroulé en tête d'un grillage simple torsion pour prévenir les intrusions humaines autour du local technique mais ailleurs sur le site, le même grillage n'en a pas été équipé devant les panneaux de CPV. (photos : © V. de Billy, OFB)



ill. 41. Des poils accrochés dans des barbelés à picots.
Le fil du picot est torsadé autour des deux brins tressés horizontaux. Ils coincent durablement les poils (ici, Blaireau). Bien que ces indices attestent que des mammifères passent fréquemment sous des fils barbelés, d'éventuels effets physiologiques restent difficiles à évaluer que ce soit au niveau de chaque individu ou d'une population entière.
(photo : C. Buton)



ill. 42. Détail des lames des barbelés de haute protection.
En plus des extrémités piquantes, les lames ont un effet coupant. Ce barbelé se déploie en accordéon sur le grillage, avec pour effet d'augmenter le volume de l'obstacle à franchir. (photo : C. Buton)



ill. 43. Le risque éventuel lié aux picots des clôtures rigides n'est pas documenté à ce stade.
(photo : C. Buton)

3.2.3 Les brûlures et la mortalité par choc électrique

En fonction de leur taille et de leurs caractéristiques de déplacement, des animaux sauvages peuvent entrer en contact avec des fils conducteurs : cette probabilité dépend de la position des fils ou du filet électrifié. Le risque de brûlures et d'électrocution dépend des caractéristiques du courant. Le détail des mécanismes physiques et des effets physiologiques n'est pas développé ici.

Outre les **mammifères**, ce risque peut concerner notamment les **oiseaux** (le risque électrique s'ajoutant éventuellement au risque de collision ou d'empêtrement), et surtout les **reptiles** pour lesquels le fait de ramper sur ou sous les conducteurs allonge le temps de contact avec les fils et donc accroît le risque¹⁶⁹. Dans certains pays, les tortues peuvent représenter la majorité des mortalités en raison de leur comportement de défense classique qui augmente encore l'impact de l'électrocution (rétraction dans la carapace, miction)¹⁷⁰, auquel s'ajoute le risque de déshydratation et d'hyperthermie lié à l'exposition prolongée au soleil.

Pour leur part, les clôtures d'élevage électrifiées, constituées d'un filet synthétique souple ou même de rubans, présentent surtout un risque lorsqu'elles sont hors tension et qu'elles ne sont pas tendues ou a fortiori si elles sont laissées « flottantes ». Mais, même sous tension, le risque persiste : les animaux empêtrés dans les mailles endurent alors une électrisation ou une électrocution. De façon générale, ce risque est cité pour les cervidés, ainsi que pour la petite faune (Hérisson, amphibiens)¹⁷¹.

Des CPV peuvent être équipées de clôtures électriques pour renforcer la prévention des risques d'intrusion humaine, en plus d'une clôture périphérique classique grillagée. Dans certains cas, les fils électriques peuvent dépasser en hauteur le grillage (ill. 44). La clôture électrique

peut venir en placage ou constituer un « second rideau » implanté en décalé à l'intérieur de l'exclos. Sur certains sites, des clôtures anti-sangliers sont constituées de plusieurs fils conducteurs tendus en partie basse. Une recherche documentaire resterait à mener pour évaluer les risques spécifiques présentés par les différentes configurations d'électrification (type de matériel et dimensions, conditions d'électrification, combinaison ou non de plusieurs types de clôtures). Une étude récente en Afrique du Sud (hors CPV) documente les effets sur la faune sauvage d'une clôture électrifiée combinant plusieurs types d'équipement (encart n°16).

En l'absence de données spécifiques aux CPV, il est recommandé de considérer l'existence des risques potentiels identifiés dans d'autres contextes.

Enfin, au-delà du risque entraîné par le contact avec des conducteurs sous tension, la succession de dispositifs peut constituer un « piège physique » pour des animaux sauvages. Ainsi, lorsqu'un espace sépare au sol le grillage classique de la clôture électrique, des animaux ayant réussi à franchir le premier grillage, ou qui seraient tombés entre les deux, peuvent se retrouver piégés (cas sur une CPV d'oiseaux et de varans cités en Afrique du Sud¹⁷²-encart n°12).

Un risque d'induction électrostatique est décrit en élevage¹⁷³. Il peut survenir par contact sur une clôture métallique non électrifiée (p. ex. grillage) lorsqu'elle est parallèle sur plusieurs centaines de mètres à une ligne à haute tension située à proximité et qu'elle ne dispose pas de mises à la terre.



ill. 44. Une clôture électrifiée est ici plaquée à l'intérieur d'un grillage rigide et le dépasse en hauteur.
(photo : © V. de Billy, OFB)

Références :

¹⁶⁹ (Ferronato et al., 2014) cité par Mc Inturff et al. (2020), (Beck, 2009) cité par (Lee et al., 2021)

¹⁷⁰ (Burger & Branch, 1994) cité par Lee et al. (2021)

¹⁷¹ (Schlup et al., 2021)

¹⁷² (Visser E et al., 2019) basé sur (Visser, 2016)

¹⁷³ (Min. Agr. et de la Pêche et al., 2003)

encart n°16. Une étude du risque lié aux clôtures électriques en Afrique du Sud.

En Afrique du Sud¹⁷⁴, une clôture électrique de 108 km de long a fait l'objet d'un suivi de 2007 à 2012 autour d'une ferme d'élevage privée du Kalahari. Le dispositif comprenait une clôture principale de 2.4 m de haut avec des fils électriques horizontaux et doublée au sol d'un renfort grillagé enterré. Cette clôture principale était doublée de part et d'autre par des clôtures électriques basses. En 5 ans, 782 interactions avec des vertébrés ont été enregistrées dont 213 fatales.

Dans ce contexte, l'étude montre l'influence :

1) de la taille. La plus forte mortalité a concerné les mammifères considérés, dans ce cas d'étude, comme étant de taille « intermédiaire » (0.3 à 45 kg). En effet, ce sont les plus susceptibles d'entrer en contact avec les fils électriques. Ils sont aussi plus sensibles aux impulsions électriques que les animaux plus gros. Enfin, leur taille leur permet de s'empêtrer dans les mailles ;

2) de la saison. Plus d'interactions fatales sont intervenues en période humide où les reptiles sont plus actifs et qui correspond aussi à la période de dispersion des mammifères. C'est aussi la période où la conductivité du sol et des animaux est maximale ;

et 3) du comportement défensif adopté par les espèces. Dans ce cas, les espèces lentes s'immobilisent quand elles sont menacées : les tortues se rétractent et les pangolins s'enroulent autour des fils électriques.

La plus forte mortalité était toutefois celle de varans probablement parce leur taille leur permet de toucher et de faire contact entre la clôture électrique basse et le grillage. De nombreuses espèces d'oiseaux ont aussi été concernées : il s'agissait principalement d'espèces qui marchent au sol et volent bas.

Références :

¹⁷⁴ (Pietersen, 2022)

3.3 L'effet barrière : variantes et implications

3.3.1 Des capacités de franchissement variables selon les animaux

Face à une clôture, **les animaux terrestres** peuvent chercher p. ex. à la traverser, sauter, grimper ou encore à creuser par en dessous, voire à l'emboutir. Le succès de leur entreprise découlera principalement de la balance entre leurs aptitudes physiques et comportementales d'une part, les caractéristiques de la clôture de l'autre (p. ex. sa hauteur, la taille des espaces vides et leur position par rapport au sol ou encore la résistance de la clôture et ses ancrages au sol). Les oiseaux se déplaçant au sol (galliformes fuyant en piétant, échassiers déambulant en chasse, etc.) peuvent également tenter de franchir les clôtures en passant à travers, en sautant par-dessus (selon leur hauteur) ou en s'envolant. On insistera sur la variabilité des comportements individuels qui peuvent exister au sein d'une même espèce.

Les effets négatifs causés par une clôture dépendent donc du comportement et de la taille de chaque espèce. En pratique, de nombreux facteurs peuvent conditionner la capacité de franchissement ou le comportement d'un animal face à une clôture (*encart n°17*). Il faut ainsi distinguer ce qu'un animal peut en théorie accomplir au vu de ses potentialités physiques, le comportement qu'il adopte le plus couramment et un éventuel comportement ponctuel en réaction à une situation donnée (*encart n°18*). Certaines espèces sont assez prévisibles (p. ex. le Sanglier cherche classiquement à emboutir ou gratter sous les grillages, même s'il peut aussi tenter parfois de sauter par-dessus), d'autres sont plus polyvalentes (le Renard grimpe, se faufile ou creuse sous les clôtures). Certaines, pourtant réputées « sauteuses », exploitent de préférence les trous s'ils sont suffisants (Chevreuil - *ill. 48*, Cerf - *ill. 49*). Il s'agit d'un sujet encore peu documenté. À l'exception surtout des cervidés migrateurs (en Amérique du Nord notamment), peu d'études précisent la façon dont chaque espèce sauvage - et *a fortiori* chaque individu - perçoit et négocie le franchissement des clôtures¹⁷⁵.

En France, le principal standard opérationnel est celui proposé par le CEREMA¹⁷⁶ pour sécuriser les infrastructures de transport : on ne connaît pas de manière précise la hauteur à partir de laquelle un obstacle est infranchissable,¹⁷⁷ mais des tableaux donnent des hauteurs de clôtures réputées suffisamment étanches pour sécuriser les infrastructures de transport. Ces tableaux sur les capacités de franchissement résultent de la convergence entre le retour d'expérience empirique des gestionnaires et les gammes de matériels disponibles. Aux États-Unis, une étude originale a testé le franchissement de différentes clôtures par le Cerf de Virginie¹⁷⁸ : bien que la vigilance soit de mise dans une transposition aux espèces européennes, les résultats montrent entre autres l'effet dissuasif d'un bavoir incliné vers l'animal, mais qu'en revanche l'opacité de la clôture est sans incidence.

Pour les aptitudes à grimper, p. ex. les mustélidés et le Hérisson sont réputés pouvoir franchir des clôtures de moins de 2 m, au moins 5 m pour les lézards et 0.5 m pour les tortues¹⁷⁹. Des tests récents par la Communauté européenne d'Alsace, la DREAL Grand Est et le CNRS montrent l'incidence du type de matériel : la plupart des petites espèces (micromammifères et batraciens) parviennent à utiliser les mailles fines comme échelle,¹⁸⁰ mais les auteurs suggèrent toutefois que, même non étanches, les clôtures à mailles fines peuvent néanmoins servir de guide pour des individus n'ayant pas une frénétique envie de les franchir.



La prudence est de mise face à des données ou des observations de franchissements. Dans l'analyse des impacts environnementaux d'un dispositif, une lecture trop rapide des référentiels disponibles ou une confrontation à des anecdotes peut conduire à un contresens qu'il convient d'éviter : ce n'est pas parce que les animaux peuvent franchir des obstacles (p. ex., en théorie, un cerf peut sauter ou un hérisson grimper un grillage de 1 ou 2 m) que ces clôtures ne représentent pas des contraintes supplémentaires pour eux.

Références :

- ¹⁷⁵ (Jakes et al., 2018)
- ¹⁷⁶ (Carsignol et al., 2019)
- ¹⁷⁷ (Devilleger et al., 2010)

¹⁷⁸ (Stull et al., 2011)

¹⁷⁹ (Carsignol et al., 2019)

¹⁸⁰ (Conan et al., 2022)



ill. 45. Traces de passages sous une clôture de CPV.
Ici, des animaux creusent et passent sous la clôture plutôt qu'à travers les mailles endommagées par le fauchage (flèche jaune). (photo : C. Buton)



ill. 46. Nombreuses traces de passages d'animaux au pied et dans la partie basse d'une clôture de CPV.
(photo : C. Buton)



ill. 47. Renard se faufilant sous une clôture rigide.
(photo : © SNCF Réseau - Egis)



ill. 48. Chevreuil forçant le passage dans un trou en bas d'une clôture simple torsion.
(photo : © O.Labbaye, OGE)

encart n°17. Exemples de facteurs susceptibles d'impacter l'aptitude d'un individu à franchir une clôture au sein d'une espèce donnée

- tempérament de l'animal : témérité ou timidité¹⁸¹ au niveau individuel, y compris entre sexes¹⁸²,
- âge (les jeunes ont de plus faibles aptitudes physiques que les adultes,¹⁸³ mais peuvent avoir aussi un comportement plus curieux qui, avec leur taille plus petite, les incite parfois à franchir des clôtures étanches aux adultes¹⁸⁴). Des comportements d'investigation et de tentatives de franchissement peuvent être plus poussés chez des jeunes inexpérimentés,
- état physiologique,
- éventuels facteurs génétiques conditionnant les capacités physiques,
- niveau de stress. Les capacités de saut peuvent parfois atteindre des valeurs exceptionnelles p. ex. lorsque l'animal est poursuivi en chasse¹⁸⁵. Suite à des observations faites lors de tests en enclos, il est possible également que des chevreuils tentent plutôt de franchir des clôtures par saut en condition de stress faible et lorsqu'ils connaissent bien la situation de la clôture dans l'espace¹⁸⁶. En condition de stress élevé ou en découvrant un équipement, la tentative pourrait se faire plutôt par infiltration dans des trous ou percussion, quitte à se blesser.
- habitude de l'animal ou son expérience préalable de la clôture à cet endroit-là. En élevage p. ex., des marcassins montrent parfois des comportements plus investigateurs que des adultes qui sont plus habitués ou plus méfiants¹⁸⁷.
- motivation à passer de l'autre côté (c. à d. à pénétrer dans l'exclos ou sortir de l'enclos) : alimentation, eau, refuge. Pour illustration, des éleveurs de cerfs ont signalé les intrusions dans leurs enclos de mâles lors du brame.
- conditions d'approche (p. ex., un promontoire en amont facilite le saut par-dessus la clôture).

encart n°18. Comment franchir une clôture : l'écart entre ce que peut faire un animal et ce qu'il préfère faire

Exemples en France :

- le **Chevreuil** est réputé capable de bonds jusqu'à 2 m de hauteur,¹⁸⁸ mais lors des tests, il rechigne à sauter une clôture de 0.85 m de hauteur, même p. ex. lorsqu'une mère est stimulée par la séparation d'avec son faon¹⁸⁹. Lors de tests en enclos, le Chevreuil privilégie le passage, en l'occurrence un trou de 0.55 m de hauteur X 0.30 m de largeur¹⁹⁰. À défaut d'en trouver, les animaux peuvent se jeter dans les grillages en s'infligeant des blessures¹⁹¹.
- Le **Cerf** est réputé capable de franchir une hauteur maximale généralement inférieure à 2 m, mais des exceptions à 2.70 m sont citées. En pratique toutefois, il préfère lui aussi investiguer les brèches¹⁹².
- Le **Sanglier** est réputé pouvoir sauter des obstacles jusqu'à environ 1.40 m,¹⁹³ mais il préfère fouir, soulever ou emboutir le pied des clôtures.
- En captivité, le **Vison et les tortues terrestres** sont capables d'escalader un grillage alors qu'en nature, ils cherchent de préférence une brèche¹⁹⁴.
- Le **Hérisson** est réputé capable de grimper des clôtures jusqu'à 2 m de hauteur¹⁹⁵, mais il exploite préférentiellement les trous en bas.



ill. 49. Cerf forçant le passage dans une clôture simple torsion.
(photo : © V. Vignon)



ill. 50. Une chevrette tente, ici en vain, de forcer une clôture à grandes mailles soudées progressives.
(photo : © V. Vignon)



ill. 51. Boue attestant du passage d'un sanglier sous un grillage souple.
(photo : C. Buton)

Références :

¹⁸¹ En anglais, « shy-bold continuum » selon Wilson et al. (1994) cité par Stull et al. (2011).

¹⁸² Mention p. ex. des comportements de sangliers face à des dispositifs échappatoires par Buton et al. (2022) dans le cadre du programme exploratoire ESCAPE XXL d'ITTECOP.

¹⁸³ Etudes aux États-Unis sur les franchissements d'ongulés

¹⁸⁴ Cas de faon de Chevreuil séparé de la mère par un grillage autoroutier qui nous a été rapporté.

¹⁸⁵ (Carsignol et al., 2019)

¹⁸⁶ (Meunier, 2000)

¹⁸⁷ P. ex., d'après nos observations ponctuelles lors de tests en enclos.

¹⁸⁸ (Carsignol et al., 2019)

¹⁸⁹ (Meunier, 2000)

¹⁹⁰ (Meunier, 2000)

¹⁹¹ Selon nos observations.

¹⁹² (Buton et al., 2022)

¹⁹³ (Carsignol et al., 2019)

¹⁹⁴ (Carsignol et al., 2019)

¹⁹⁵ (Carsignol et al., 2019)

3.3.2 Une barrière à différentes échelles



Pour une compréhension générale de la problématique de fragmentation des milieux naturels : CEREMA, 2021. Les passages à faune. Préserver et restaurer les continuités écologiques avec les infrastructures linéaires de transport, Références.

De façon générale, les clôtures peuvent altérer voire interrompre les continuités écologiques soit en occasionnant blessures et mortalité, soit en bloquant physiquement le passage des animaux. La clôture peut ainsi être étanche (effet barrière maximal) ou semi-étanche. Les axes de déplacement concernés peuvent être des corridors majeurs à l'échelle d'une région (p. ex. ceux identifiés au sein de la Trame Verte et Bleue). À une échelle plus locale, l'effet barrière peut aussi impacter l'ensemble des fonctionnalités écologiques impliquant un déplacement des animaux au sein de leur domaine vital avec une augmentation des longueurs et temps de déplacement¹⁹⁶ et des risques associés (dépense énergétique p. ex.). Pour les espèces migratrices, même lorsque la connectivité globale est maintenue, des clôtures semi-perméables peuvent altérer certaines fonctionnalités de la route de migration : accès restreint aux sites de halte ou de mise bas, moindre adéquation entre la recherche d'une phénologie de végétation optimale et l'évitement des prédateurs, etc.¹⁹⁷ L'intérêt même de migrer peut alors être perdu.



On tend à distinguer aujourd'hui sous le terme de « fragmentation per se » celle qui résulte du seul morcellement des habitats, sans intégrer l'impact de la destruction même de certaines surfaces d'habitat¹⁹⁸. Par raccourci, c'est de cette « fragmentation per se » que traite le présent guide.

La contrainte porte sur l'ensemble du cycle de vie selon les espèces et peut intervenir à différentes échelles. À « grande » distance, les clôtures peuvent p. ex. gêner les migrations saisonnières, la recherche de partenaires de reproduction ou encore l'essaimage des jeunes. Le cloisonnement peut entraîner ou augmenter l'isolement des populations. P. ex., pour le Cerf élaphe, les clôtures perturbent le déplacement des mâles qui peuvent parcourir 40 km entre les places de brame et les remises hors reproduction ou encore, selon la saison de pose, elles peuvent aussi isoler certains individus p. ex. des mâles « en refait » en zones périphériques, lorsque les clôtures ont été posées en été¹⁹⁹. À long terme, la perte de connectivité du territoire liée aux clôtures peut également limiter les échanges génétiques au sein des métapopulations d'animaux et réduire la diversité génétique, impact mis en évidence p. ex. dans le cadre des infrastructures routières

clôturées²⁰⁰, voire conduire à des divergences génétiques²⁰¹. Toutefois, ces aspects restent à ce jour encore peu documentés pour ce qui est des clôtures.



Une étude récente sur les populations de Cerf élaphe a montré le rôle des grandes infrastructures clôturées dans la séparation génétique des populations en Ile-de-France et Oise.²⁰² D'autres études ont montré que l'A71 expliquait pour sa part 20% de la variabilité génétique entre les populations de Cerf situées à l'est et à l'ouest²⁰³. Sur les territoires limitrophes, clôturés de façon plus ou moins étanche selon les propriétés, l'abondance et la hauteur des grillages affectent la dispersion du cerf, mais de façon plus limitée (1%).

À une échelle y compris plus locale ou quotidienne, l'effet barrière peut contraindre les déplacements pour rechercher nourriture et eau, les itinéraires de fuite (prédateur ou chasse), etc. En réduisant la capacité des ongulés à se déplacer dans le paysage voire en les confinant sur une zone donnée de façon prolongée, les clôtures réduisent leur capacité à exploiter de manière optimale les ressources de leur domaine vital et in fine à survivre et à se reproduire²⁰⁴. Des cas extrêmes de mortalité par déshydratation²⁰⁵ ou famine ont été documentés.²⁰⁶

Selon leur linéaire et leur étanchéité, les clôtures ont un « **effet filtre** » en laissant passer ou non certaines espèces, mais également certains individus au sein d'une même espèce. Parmi ceux qui les franchissent, certains peuvent néanmoins pâtir de blessures ou de contrecoups physiologiques ultérieurs. Ainsi, il arrive que des juvéniles suffisamment fins pour passer au travers de mailles soient séparés de leur mère (cas de faons de chevreuils morts de faim après avoir franchi des clôtures à mailles progressives p. ex.).²⁰⁷



L'effet barrière des clôtures pour des oiseaux de bas vol a également été documenté p. ex. aux États-Unis sur la Chevêchette brune²⁰⁸.

Dans le cas d'exclos (comme les CPV), la clôture peut conduire, selon ses caractéristiques techniques, à une confiscation d'une partie de l'habitat fréquenté auparavant par les espèces (en général, les ongulés : Cerf, Chevreuil, Sanglier)²⁰⁹, cet habitat pouvant par ailleurs être modifié par l'installation elle-même. La clôture peut donc entraîner pour une espèce à **une perte directe d'habitat en termes de surface accessible** et une étude suggère que, de façon indirecte, cette perte d'habitat entraînée par les clôtures pourrait aller au-delà de la seule emprise clôturée (*encart n°2*).

Références :

¹⁹⁶ P. ex. (Xu et al., 2021).

¹⁹⁷ En anglais « functional attributes » (Sawyer et al., 2013).

¹⁹⁸ (Fahrig L., 2017a)

¹⁹⁹ (Devilleger et al., 2010), (Baltzinger, 2015).

²⁰⁰ (Baltzinger, 2015), (Suez, 2018).

²⁰¹ (Hayward et al., 2009) cité par Smith et al. (2020).

²⁰² (Vignon et al., 2017) cité par (CEREMA, 2021).

²⁰³ (Baltzinger, 2015)

²⁰⁴ (Mackie, 1981 ; Scott, 1992) cités par (Harrington, 2005), (Hayward & Kirley, 2009) cité par (Lee et al., 2021).

²⁰⁵ (Mbaiwa & Mbaiwa, 2006 ; Islam et al., 2010) cités par (Rey et al., 2012).

²⁰⁶ (Harrington et al., 2010) cité par (Rey et al., 2012).

²⁰⁷ Signalements par un agent autoroutier.

²⁰⁸ (Flesch et al., 2010)

²⁰⁹ (MEEDAT, 2009)

Les clôtures peuvent donc entraîner de fait une modification des itinéraires empruntés par la faune au sein d'un territoire.



Le mode de mise en œuvre des clôtures peut également induire des effets spécifiques : des soubassements et fondations bétonnés continus peuvent bloquer le déplacement de la pédofaune associée aux horizons de surface (encart n°19, ill. 52). Cela peut concerner la microfaune et la macrofaune (depuis les insectes, myriapodes, lombrics jusqu'aux micromammifères rongeurs, taupes, etc.

L'effet éventuel de clôtures sur le déplacement des Insectes est encore peu documenté à ce stade (encart n°20).

L'effet barrière des clôtures est potentiellement maximal avec des grands linéaires (comme pour les infrastructures de transport) ou dans des situations d'enclos (c. à d. lorsque les animaux sont à l'intérieur d'une zone clôturée, p. ex. des réserves). Cette dernière perspective est toutefois différente de celles des CPV qui font plutôt office « d'exclos » (et en fonction de l'étanchéité du dispositif d'exclusion périphérique pour les différentes espèces).

encart n°19. Trame Brune : que sait-on de l'impact des clôtures sur la faune du sol ?

Parmi les espèces accomplissant au moins une partie de leur cycle biologique dans le sol, la pédofaune regroupe la faune du sol d'une taille inférieure à 80 mm²¹⁰ : p. ex. insectes, myriapodes, isopodes, araignées, lombrics, collemboles²¹¹. Bien qu'elle soit un acteur majeur du fonctionnement des sols, il n'y a pas à notre connaissance, d'étude publiée qui s'intéresse à l'impact des clôtures sur cette biodiversité des sols. De prime abord, au regard de sa petite taille, la pédofaune capable de déplacements « actifs » (c. à d. par les pattes ou en rampant) ne semble pas devoir être impactée par une clôture dès lors que les mailles enterrées sont assez grandes pour la laisser passer ou qu'elle est posée hors-sol. Il n'en va pas de même lorsque la clôture repose sur un mur ou plus encore, une fondation enterrée.

En effet, il est reconnu que la diminution de la connectivité liée aux barrières écologiques a un impact significatif sur la colonisation de la faune du sol²¹². P. ex., de par leur largeur et le trafic qu'elles supportent, les routes constituent de véritables barrières pour les nombreuses espèces d'invertébrés, tout particulièrement celles qui sont incapables de voler loin²¹³ : p. ex. des lombriciens²¹⁴, certaines espèces de carabes, des gastéropodes, des orthoptères²¹⁵. La largeur de la barrière (asphalte en l'occurrence) impacte la capacité de colonisation par les lombriciens²¹⁶. Compte tenu de la forte sensibilité de la pédofaune aux caractéristiques du sol²¹⁷, les paramètres physiques des différentes couches de matériaux enterrées sur lesquelles repose la chaussée pourraient également, selon nous, intervenir.

Par extrapolation à une échelle moindre, en cas de clôture enterrée, l'impact des modalités de remblaiement de la tranchée serait également à préciser : selon la largeur de la tranchée ainsi que la nature ou la compaction des matériaux, le déplacement de certains taxons peut-il être freiné ?

En 2021, le réseau scientifique TEBIS (Traits Écologiques et Biologiques des organismes du Sol) a initié un groupe de recherche appelé « TraitAthlon » qui vise à expérimenter la capacité de dispersion de plusieurs organismes de la faune du sol (myriapodes, isopodes, collemboles, etc.) face à des barrières physiques. La finalité est de mieux comprendre l'impact de ces barrières sur la colonisation de cette biodiversité dans ces milieux contraints. Au-delà de cette pédofaune infracentimétrique, des structures enterrées pleines ou à petites mailles peuvent également gêner l'avancée de micromammifères sous terre : p. ex., des grilles en métal ou des filets polypropylène avec une maille 12 X 12 mm et enterrés sur 1.10 m sont réputés efficaces contre les taupes par des diffuseurs de matériel²¹⁸. Leur cheminement devra alors repasser en surface, sous réserve là encore qu'aucun obstacle ne l'empêche (mur, maille des clôtures).

Pour les CPV, l'un des enjeux de cette approche tient notamment au devenir du site après son démantèlement (fin de vie). En effet, les potentialités agronomiques des sols sont tributaires de leur bon fonctionnement biologique. Dans le cas où le sol serait dégradé (état initial ou résultant de l'aménagement), la restauration de la fertilité bénéficiera de la recolonisation centripète par la pédofaune qui assure p. ex. un rôle d'ingénier du sol, de recyclage des nutriments ou de vecteur activateur de la microflore²¹⁹. Celle-ci soit donc pouvoir accéder au site depuis les sols en périphérie sans rencontrer d'obstacles. Localement, des enjeux de connectivité écologique peuvent aussi exister pour des espèces patrimoniales (p. ex. coléoptères endogés).

(article rédigé avec Q. Vincent, Dr en écotoxicologie et écologie des sols, Sol &Co et A. Auclerc, Laboratoire Sols et Environnement UMR 1120 INRAE Université de Lorraine)

Références :

²¹⁰ (Vincent et al., 2022)

²¹¹ Pour une vision des organismes les plus visibles : (Auclerc, 2021)

²¹² (Phillips et al., 2019)

²¹³ (Reck et al., 2015)

²¹⁴ (Maréchal et al., 2021)

²¹⁵ (Reck et al., 2015).

²¹⁶ (Maréchal et al., 2021)

²¹⁷ (Reck et al., 2015)

²¹⁸ (Fenceshop.eu, n.d.)

²¹⁹ (Vincent et al., 2022)

encart n°20. Insectes, arthropodes et clôtures : des impacts possibles, mais peu documentés.

De façon générale, pour l'entomofaune, de nombreux travaux sont menés sur les filets de protection agricoles, mais à ce stade, nous n'avons pas identifié d'études portant sur l'impact des différents types de clôture sur les Insectes. En particulier, pour faire le lien avec les CPV, l'impact de clôtures de 2 ou 3 m de haut p. ex. sur leurs trajectoires de vol ne semble pas avoir été spécifiquement étudié (p. ex. pour les plus grandes espèces de papillons ou odonates qui auraient du mal à traverser des mailles resserrées, ou encore pour des espèces évoluant au ras du sol). Un article sur l'impact de clôtures frontalières au Sud des États-Unis indique toutefois que ces aménagements pourraient gêner des espèces volant à basse altitude, comme le Damier Quino, papillon menacé²²⁰, mais sans que nous ayons identifié à ce stade l'origine de la mention.

Des équipes américaines²²¹ qui ont publié des méta-analyses sur les impacts écologiques des clôtures indiquent que peu d'études sont ressorties spécifiquement sur les insectes ou même plus généralement les invertébrés. En fait, la seule étude identifiée montre, en Afrique du Sud, l'incidence des clôtures sur les araignées sociales et leur comportement de tissage et de prédation²²². Les attaques sont plus rapides sur les structures homogènes et en 2D des clôtures comparées à celles observées dans les arbres, structures 3D plus hétérogènes. Les chercheurs ont constaté, à la fois sur le terrain et en conditions contrôlées, que les colonies vivant dans des clôtures attaquent leurs proies plus rapidement et avec plus d'attaquants que les arboricoles. Elles capturent aussi plus de proies, sont plus susceptibles de persister et ont un plus grand nombre d'individus restants à la fin de l'expérience. Selon nous, d'éventuelles incidences en cascade seraient à rechercher sur les espèces-proies (insectes).

Pour les CPV, quelques études montrent divers effets négatifs liés aux installations (dont un effet d'exclusion démontré sur les papillons²²³ et les abeilles²²⁴), mais le lien n'est pas fait avec les clôtures. Le programme PIESO a aussi montré un écart entre les communautés de lépidotères et, de façon moindre, d'orthoptères, entre les CPV et l'extérieur en raison de la modification de l'habitat²²⁵. Compte tenu de la grande diversité des types de clôtures et des contextes naturels possibles, les éventuels effets des clôtures sur le comportement des insectes seraient selon nous une piste de recherche à investiguer. P. ex., les directions de vol peuvent-elles être impactées par ces structures anthropiques qui serviraient de "microcorridors"? Des effets négatifs peuvent-ils être causés alors par un guidage p. ex. vers une route riveraine avec une surmortalité éventuelle ? Ou encore, les individus posés sur les clôtures sont-ils plus exposés à la prédation ?



ill. 52. Lombric contre une marche en pierre.
S'il s'étend en longueur ou fait le tour d'une parcelle, un simple rebord dépassant du sol ou enfoui sur quelques dizaines de cm peut suffire à bloquer certaines espèces vivant dans le sol.
(photo : © Q. Vincent, Sol&Co)

Références :

- ²²⁰ (Peters et al., 2018)
- ²²¹ A. Jakes et W. Xu, comm. pers.
- ²²² (Kamath et al., 2019)

²²³ (Sarracan et al 2012; Guiller et al 2017) cité par (Schatz, 2021)

²²⁴ (Schatz, 2021)

²²⁵ (Kaldonski et al., 2020)

3.3.3 Un effet de déflecteur et d'entonnoir, risque de mortalité indirecte

Au-delà de simplement interdire le passage, les clôtures peuvent orienter les déplacements voire les canaliser (ill. 55). Les clôtures barrent le passage des animaux (**effet barrière**) qui, en réponse, peuvent rebrousser chemin ou chercher des itinéraires alternatifs. L'observation montre que certains animaux, lorsqu'ils ne cherchent pas à pénétrer spécifiquement dans des parcelles grillagées, peuvent longer des clôtures pourtant non étanches (p. ex. des sangliers suivent des grillages sous lesquels ils pourraient facilement passer²²⁶). Les clôtures agissent alors comme des microcorridors²²⁷.

La clôture peut servir alors de **déflecteur** qui guide et réoriente les trajets. Il arrive qu'en cherchant à la longer, les animaux se trouvent canalisés par des structures proches voire par d'autres clôtures riveraines. Nos observations ponctuelles montrent que dans certains cas, de véritables **entonnoirs** peuvent conduire de façon fortuite les animaux vers des pièges (p. ex. des bassins sans dispositif de sortie : ill. 53).

Les conditions de prédation à la sortie de telles configurations en entonnoir seraient également à étudier.

La clôture peut aussi rediriger les animaux vers des infrastructures de transport proches (ill. 54, encart n°21).

De même, des animaux en provenance des parcelles riveraines et qui franchissent des voies de circulation non clôturées de façon spécifique peuvent néanmoins être confrontés de l'autre côté à une clôture riveraine (celle d'une CPV p. ex.). Le risque de collisions avec des véhicules est accru lorsqu'un seul sens de circulation est clôturé²²⁸ : ce phénomène est largement souligné en « écologie routière » notamment. Lorsqu'une enceinte clôturée est longée par une route p. ex., le temps de présence des animaux aux abords immédiats de la chaussée peut être de fait augmenté, en fonction de l'éloignement de la clôture à la chaussée et du comportement des animaux. La probabilité de collision est alors conditionnée, en autres, par l'intensité du trafic²²⁹.



ill. 53. Exemple de couloir grillagé conduisant à un bassin technique.
En l'absence de dispositif de sortie ou de possibilité d'adhérence sur les parois, les mammifères terrestres se noient : plusieurs cadavres étaient visibles dont, ici, celui d'un chien. (photo : C. Buton)

Références :

²²⁶ D'après nos observations lors d'études de sécurisation d'infrastructures de transport en cours.

²²⁷ Le thigmotactisme est la tendance de certains animaux à longer les parois ou les éléments durs.

²²⁸ (CEREMA, 2021)

²²⁹ (Iuell et al., 2007) adapté de Seiler A. (non publié)



ill. 54. Exemple de CPV clôturée à proximité d'une route.
(photo : C. Buton)

encart n°21. Un suivi récent montre l'impact d'une clôture périphérique de CPV sur le déplacement d'ongulés

Aux États-Unis²³⁰, le déplacement d'antilopes pronghorns a été suivi par GPS avant et après la construction en 2018 d'une CPV enclose de 2,3 km². 7 individus ont été suivis avant travaux et 23 après. La clôture périphérique, constituée d'un grillage de 2 m de haut surmonté de 3 rangs de barbelés, était étanche pour des animaux. L'étude montre que les individus migrateurs ainsi que sédentaires ont connu une réduction de leur habitat allant au-delà de la simple perte de la surface clôturée (l'espace « très utilisé » par les animaux a diminué de 40% et 34% dans un rayon respectivement de 1 à 2 km et de 3 km autour de l'installation), et ce, selon les auteurs, malgré le faible niveau de dérangement lié aux parcs solaires (trafic, bruit, lumière). En l'absence de modification évidente dans l'environnement ou dans l'occupation des sols autour de la CPV, les auteurs suggèrent que cette perte indirecte d'habitat est liée aux effets barrière ou à des adaptations comportementales allant au-delà des limites de l'installation. De plus, durant la migration, alors que le tracé de la clôture périphérique avait été adapté au sud-ouest pour faciliter le passage des hardes, plusieurs centaines d'animaux ont néanmoins suivi la clôture nord jusqu'à une autoroute proche, entraînant un risque pour le trafic. Aucune collision avec un véhicule n'a eu lieu. En revanche, plusieurs animaux sont morts empêtrés dans les clôtures autoroutières. A posteriori, il a été convenu de libérer un corridor de 50 m de large entre la CPV et les clôtures de l'autoroute.

Références :

²³⁰ (Sawyer et al., 2022)

3.3.4 D'autres impacts sur les comportements de déplacement

La présence d'une clôture impacte le comportement des animaux. P. ex., au sein d'une même espèce d'ongulés, le comportement face à une barrière peut présenter 6 types : **1) comportement non impacté par la clôture** (c. à d. répétition d'aller et venue de part et d'autre sans différence notable avec les trajets dans les milieux adjacents), **2) franchissement direct**, **3) « rebond »** (c. à d. demi-tour), **4) allers-retours le long de la clôture sans pouvoir la franchir**, **5) suivi de la clôture sur une longue distance ou durée pour tenter de trouver un point de passage** et **6) quasi-piègeage** lorsque la densité de clôtures sur une zone fait que des animaux n'arrivent que difficilement à en ressortir²³¹ (ill. 55).

L'étendue des effets des clôtures sur les comportements reste difficile à évaluer²³² tels le stress et la dépense énergétique accrue pour négocier le franchissement de la clôture seule ou dans une succession d'obstacles le long d'un itinéraire (migration p. ex. mais aussi au quotidien dans des zones à forte densité de clôtures). **Pour les ongulés migrateurs**, il est montré aux États-Unis que des clôtures combinées aux routes et réseaux énergétiques entraînent, au-delà de certains seuils de développement, une baisse de la surface globale de l'axe migratoire et de celle des haltes où ils se nourrissent, ainsi qu'une accélération de la vitesse de migration, presque doublée²³³. Ailleurs, il est montré que l'augmentation des perturbations anthropiques contribue à dissuader les individus les plus âgés de migrer²³⁴. Le coût démographique et énergétique de ces atteintes reste à préciser. La présence de clôtures même semi-perméables peut avoir des impacts tout au long du trajet de migration, et de façon peut-être accrue dans les haltes migratoires car ce sont les principales zones d'alimentation pour les animaux²³⁵. Par ailleurs, l'étendue des impacts des modifications d'itinéraires sur des espèces fidèles aux routes de migration reste inconnue. Hors contexte migratoire, ces effets chroniques cumulés restent à étudier sur le long terme dans les déplacements quotidiens.

Les clôtures altèrent les relations entre les prédateurs et leurs proies de différentes façons. Ainsi, elles modifient le comportement des **carnivores**. P. ex., les coyotes et les lynx aux États-Unis²³⁶ cheminent de façon

préférentielle le long de clôtures et il semble que des charognards apprennent à suivre les clôtures pour se repaître des cadavres d'oiseaux qui les ont percutées²³⁷. Les prédateurs comme le loup et les lyacons apprennent aussi à augmenter leur succès de chasse en bloquant les animaux le long des clôtures²³⁸. Le développement de la naïveté de certaines proies lorsqu'elles vivent à l'abri dans des zones clôturées est également attesté²³⁹ avec un risque théorique à terme de perdre les réponses comportementales à la préation.

Pour les reptiles, les modifications de comportement entraînées par la pose de clôtures portent, p. ex. pour des tortues terrestres, sur un déplacement plus rapide le long de la clôture et une insolatation accrue avec une hausse de la température de leur carapace, ainsi que sur une réduction de leur territoire²⁴⁰. Lorsqu'elles ne peuvent franchir les mailles, les tortues sont plus vulnérables à la préation le long des clôtures notamment par les oiseaux qui se perchent sur les piquets et surtout lorsque les pratiques d'entretien y limitent la végétation. Cela réduit aussi les potentialités d'abri face aux températures extrêmes²⁴¹. Parce que les clôtures séparent des types d'usage et donc des habitats différents, les tortues sont incitées à les traverser pour accéder à une végétation particulière : leur cheminement augmente leur dépense énergétique, leur exposition au soleil, au feu et à la préation²⁴². Les tortues aquatiques peuvent aussi être impactées p. ex. lorsqu'elles rejoignent les sites de ponte ou d'estivation ou encore lorsqu'elles changent de zone humide²⁴³. Nous n'avons pas identifié à ce stade de références spécifiques aux espèces de tortues présentes en France. Les espèces de reptiles plus sédentaires pourraient être moins sensibles.

Enfin, certains animaux renâclent à s'avancer entre des structures linéaires verticales trop resserrées (murs, palissades) : cet « **effet couloir** » est soulevé p. ex. de façon classique pour les passages à faune sur les infrastructures de transport notamment s'ils sont trop étroits et trop longs (*en particulier ceux de largeur inférieure à 20 m*). De même, des clôtures resserrées, notamment aux abords de ces ouvrages, sont réputées défavorables pour faune²⁴⁴ (ill. 56).

Références :

- ²³¹ Résultats de suivis GPS sur Cerf mulet et Pronghorn aux États-Unis (Xu et al., 2021 ; Xu, 2021) et cohérents avec la cartographie des clôtures et leurs incidences sur le Cerf dans le Loiret (Devilleger et al., 2010).
²³² (Jakes et al., 2018)
²³³ (Sawyer et al., 2013)
²³⁴ Dans le cas de l'Elan (Singh et al., 2012) cité dans (Sawyer et al., 2013).
²³⁵ (Sawyer et al., 2009) cité par Sawyer et al. (2013)
²³⁶ (Bradley et al., 1988) cité par Wolfe et al. (2007).
²³⁷ Piste évoquée lors de suivis de collisions de Tétras pâle par radio-

tracking aux États-Unis (Wolfe et al., 2007).

²³⁸ (Davies-Mostert et al., 2013) cité par (Woodroffe et al., 2014).

²³⁹ (Ikuta et al., 2003) cité par Smith et al. (2020).

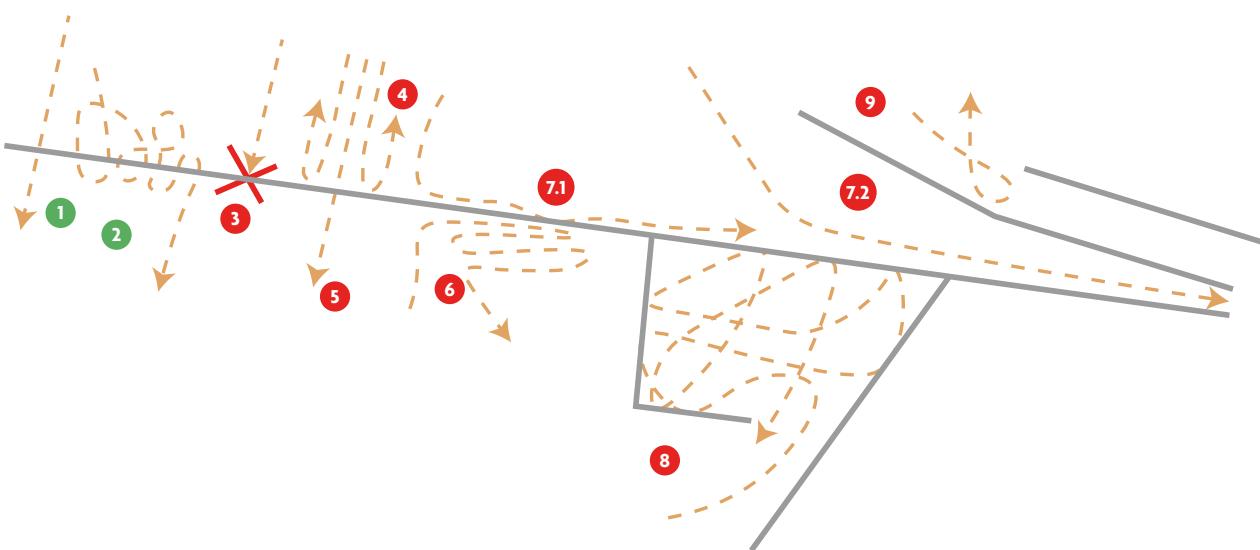
²⁴⁰ (Peaden et al., 2017)

²⁴¹ (Lee et al., 2021)

²⁴² (Peaden et al., 2017 ; Ferronato et al., 2014 ; Ruby et al., 1994) cités par Lee et al. (2021).

²⁴³ Mortalité citée par Ferronato et al. (2014).

²⁴⁴ (CEREMA, 2021)

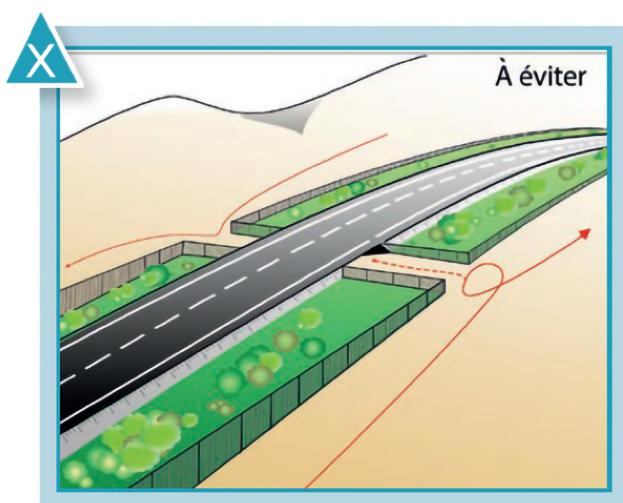


- comportement normal ou peu impacté par la clôture :
 - 1 franchissement direct. (*)
 - 2 cheminement de part et d'autre sans tenir compte de sa présence. (*)
 - comportement impacté par la clôture :
 - 3 mortalité liée à la clôture.
 - 4 « rebond ». (*)
 - 5 « effet filtre » = certains animaux passent et d'autres non.
- (5) peut aussi être considéré comme la résultante au niveau de la population des comportements individuels (1), (3) et (4).
- 6 allers-retours le long de la clôture sans pouvoir la franchir. (*)
 - 7 effet déflecteur :
 - 7.1 suivi de la clôture sur une longue distance ou durée pour tenter de trouver un passage. (*)
 - 7.2 effet entonnoir : avancée entre des clôtures parallèles ou se resserrant.
- Pour (7.1) et (7.2), l'animal peut être guidé dans certains cas vers une structure accidentogène : route, bassin, etc.
- 8 quasi-piégeage (*) = l'animal est contraint par de nombreuses clôtures.
 - 9 « effet couloir » = certains animaux rechignent à avancer entre des structures linéaires trop rapprochées.

ill. 55. Exemple d'effets de la clôture sur les trajectoires des animaux : les multiples aspects de l'effet barrière.

Ces comportements sont tributaires du type de clôture et ils peuvent concerner uniquement certaines espèces ou certains individus.

(*) : comportement type mis en évidence sur Cerf mulet et Pronghorn aux États-Unis par Xu et al. (2021). (schéma : complété à partir de Xu et al., 2021)



ill. 56. Exemple de configuration où les clôtures peuvent créer un « effet couloir » réputé défavorable au passage de la faune aux abords d'un passage à faune sous une infrastructure routière.
(Schéma : © CEREMA, 2021)

3.4 Les clôtures, facteurs d'impacts indirects sur la flore et les habitats

La présence de clôtures peut impacter la **flore et les habitats naturels** en périphérie en particulier en modifiant le comportement des herbivores sauvages (encart n°22). Les conditions de croissance de végétaux, la composition et la dynamique végétale peuvent être modifiées par les différences d'exploitation de l'habitat par les animaux induites par les clôtures (p. ex. par pâturage, fouissement, localisation des remises ou encore piétinement préférentiel le long des clôtures)²⁴⁵. La pose d'une nouvelle clôture est susceptible d'influencer également le comportement du bétail domestique sur les milieux alentour. Enfin, le contrôle et la maintenance des dispositifs peuvent nécessiter un dégagement de la végétation en pied de clôture, susceptible aussi de modifier la composition et la dynamique végétale (p. ex. selon le type d'engin ou de cheptel, la fréquence et la période d'intervention, la hauteur de fauche).



En pratique, ce risque de piétinement préférentiel par la faune sauvage pourrait potentiellement concerner p. ex. d'éventuelles stations de plantes à enjeux situées aux abords extérieurs des clôtures de CPV. De même, des zones périphériques de CPV peuvent accueillir du pastoralisme et la clôture constitue de fait une barrière de contention des troupeaux : les incidences locales sur la flore et les habitats de la pression locale de pâturage et du piétinement seraient à investiguer (regroupement des animaux le long des clôtures, piétinement, pression de pâturage, etc.).

A contrario, au sein des exclos, les clôtures peuvent avoir rapidement un effet positif évident pour protéger certaines plantes en évitant le pâturage et le piétinement par des herbivores voire des personnes, et qui conduit généralement à une production de graines et une survie de semis accrues²⁴⁶. Toutefois, à moyen ou long terme, d'importants changements de composition et de structure de la végétation sont aussi susceptibles d'intervenir au sein de zones clôturées²⁴⁷ avec potentiellement, des effets en cascade y compris négatifs sur certaines espèces (p. ex. par compétition intraspécifique ou limitation de la zoothorie lorsqu'elle est assurée par des herbivores²⁴⁸). Enfin, en servant d'écran, certaines clôtures peuvent également favoriser le dépôt de semences.²⁴⁹



Soulignant que de façon paradoxale, l'efficacité des clôtures d'exclusion pour assurer la conservation d'espèces végétales était peu documentée, Lorite et al. (2021) ont montré pour 3 espèces de plantes menacées et endémiques en zone méditerranéenne des réponses contrastées selon l'espèce et la population considérées avec des effets positifs, variables ou négatifs. Ces derniers résultent d'une dispersion limitée des graines et d'une compétition interspécifique accrue²⁵⁰. Cet exemple montre par ailleurs l'influence du couvert végétal sur la conservation d'une espèce végétale donnée.

Références :

- ²⁴⁵ (Evans, 1997) et (Grudzinski et al., 2016) cités par Mc Inturff et al., 2020.
- ²⁴⁶ (Santoro et al., 2012 ; Fenu et al., 2020 ; Fazan, 2021) cités par Lorite et al. (2021).
- ²⁴⁷ (Al-Rowaily et al. 2015) cité par Lorite et al. (2021).

- ²⁴⁸ (Bessegaa et al., 2017), (Aschero, 2012) cité par Lorite et al. (2021).
- ²⁴⁹ Revue d'études par Mc Inturff et al. (2020).
- ²⁵⁰ (Lorite et al., 2021)
- ²⁵¹ (Cassidy et al., 2013 ; Ben-Shahar, 1993 ; Naess, 2013 ; Shrader et al., 2010) cités par Woodroffe et al. (2014)

Lorsqu'un nouveau périmètre clôturé se surajoute à un maillage déjà existant, les effets peuvent intervenir en cascade et à grande échelle. Les effets sont susceptibles d'être accentués dans les zones où les herbivores exploitent des ressources éphémères et dans un contexte où le changement climatique intensifie la fréquence et la sévérité des épisodes météorologiques exceptionnels²⁵¹. Pour mémoire, à l'intérieur de zones clôturées (c. à d. en situation d'enclos), l'augmentation de la densité des herbivores peut entraîner une surexploitation de la végétation disponible²⁵².

Par ailleurs, la pose de clôtures périphériques est susceptible d'entraîner une **modification des usages** avec, en retour, des impacts indirects sur les espèces et habitats naturels qu'il serait pertinent d'investiguer localement. P. ex., le pourtour de certains sites de CPV sert actuellement de lieu de promenade régulière grâce à la bande fauchée en périphérie : le surpiétinement localisé peut impacter le couvert végétal (ill. 57). Les incidences sur les pratiques cynégétiques de nouvelles clôtures au sein d'un territoire seraient également à préciser, ainsi que leurs éventuels impacts sur les espèces-gibier ou celles qui sont dérangées (p. ex. comportement de fuite).



L'enjeu de la réversibilité : Au-delà des impacts potentiels pendant la période où les clôtures sont en place, le principe de réversibilité des CPV²⁵³ implique 1) d'envisager des dispositifs faciles à démanteler au terme de l'exploitation, et 2) d'anticiper les risques liés aux travaux de dépose.

Par exemple :

- *Les trous laissés au sol peuvent constituer des pièges écologiques : hors CPV, une étude a montré qu'après la dépose d'une clôture forestière, 1 trou sur 2 contenait des cadavres d'animaux (13 espèces dénombrées dont des salamandres, tritons, micromammifères, crapauds, mais aussi une sittelle torchepot et sans compter les invertébrés²⁵⁴).*
- *Les engins nécessaires à la dépose sont également susceptibles d'endommager la végétation plantée ou spontanée et les habitats naturels.*
- *Le retrait d'une ancienne clôture enchevêtrée dans la végétation risque de détruire ou déranger des espèces. Une clôture embroussaillée est par ailleurs plus compliquée à retirer et à recycler.*

²⁵² (Smith et al., 2020) citant (Idriess, 2011), (Boone et al., 2004 ; Kesch et al., 2014) cités par Lee et al. (2021)

²⁵³ (MEDDTL, 2011)

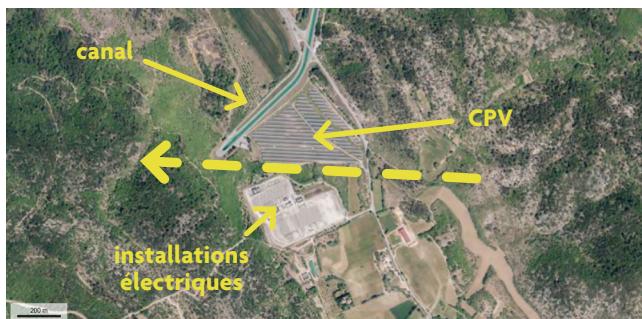
²⁵⁴ (Noblet, 2010)

encart n°22. Études sur l'engrillagement, les ongulés et la végétation.²⁵⁵

En Sologne p. ex., les résultats obtenus sur des enclos de chasse clôturés au moins en partie, et par rapport à des propriétés d'accès libre, montrent que les clôtures peuvent entraîner une concentration locale des animaux (Cerf) mais pas de façon systématique. Cela dépend notamment de la végétation : les couchettes sont au contraire plus abondantes hors clôtures lorsque le couvert est plus développé (rôle de refuge). L'étude conclut que l'augmentation de la pression alimentaire (herbivorie) par les ongulés sauvages a un effet négatif sur le recouvrement des arbres et arbustes (mais pas sur leur diversité) mais positif sur l'abondance des herbacées non-forestières. En effet, les graines des plantes rudérales sont réactivées par le retour à la nature et le piétinement et la mise en lumière du sol. Les résultats montrent par ailleurs des densités d'oiseaux nichant au sol plus élevées dans les zones les plus fréquentées mais ne concluent pas à un effet combiné des clôtures et des ongulés sur les autres groupes d'oiseaux. Le taux de retour à la nature par le Sanglier n'est pas affecté.



ill. 57. Sentier piétonnier spontané autour d'une CPV.
Des promeneurs peuvent utiliser la périphérie des clôtures de CPV comme lieu de promenade régulière. Les conséquences écologiques de ce « piétinement préférentiel » seraient à analyser. (photo : C. Buton)



ill. 58. Exemple de fragmentation cumulée.

Le passage entre deux massifs boisés via une vallée agricole est fortement contraint par la juxtaposition d'un canal, des clôtures d'une CPV et de celle d'une autre enceinte clôturée. L'étroit cordon arboré (flèches en pointillés jaunes) qui subsiste à travers les obstacles fait figure de corridor écologique potentiel.
(photo aérienne : © IGN 2022, photo : C. Buton)



ill. 59. Exemples d'exclos de CPV accolés.
(photos : C. Buton)

ill. 60. Exemple de cumuls de CPV sur un territoire.
(photo aérienne : © IGN 2022)

Références :

²⁵⁵ (Baltzinger, 2015)

3.5 Un impact cumulé avec les autres facteurs de fragmentation

L'implantation d'une clôture vient se surajouter aux autres éléments qui fragmentent déjà le territoire pour les animaux, fragmentation et perte d'habitats restant par ailleurs difficilement séparables²⁵⁶.

Il peut s'agir :

- dans le cadre du projet lui-même (ici, la CPV), des diverses installations techniques ou éléments au sol qui pourraient constituer des obstacles, y compris les structures hors-sol que constituent les panneaux, ainsi que des pistes d'accès au site ou de visite périphérique. Le mode de gestion des abords du site peut également renforcer ou non la fragmentation selon les exigences écologiques des espèces dans les milieux adjacents et la gestion de cet « écotone »²⁵⁷.

En pratique, de nombreux éléments linéaires parfois négligés dans les analyses de terrain peuvent faire écran, guider, contraindre les déplacements : bâtis, murets, gabions, petite hydraulique de surface, barrières et garde-corps divers, supports divers, etc.



Le cas échéant, l'implantation des placettes pédagogiques à visée environnementale est aussi à réfléchir pour éviter de rajouter des obstacles (p. ex. choix des garde-corps et supports de signalétiques, distance aux clôtures, rebords de cheminement). Ces équipements sont aussi à intégrer dans l'évaluation écologique.

- d'autres périmètres ou linéaires clôturés aux alentours (p. ex. terrains de loisirs, surfaces industrielles, enclos de chasse, autres CPV - ill. 60). De façon logique, la probabilité de survenue p. ex. d'impacts directs est augmentée avec l'augmentation du linéaire équipé.



En France, une étude²⁵⁸ a cartographié sur le département du Loiret 1 550 km de clôtures dont 66% en sécurisation d'axes routiers ou contre des intrusions humaines, y compris sur des terrains d'usines, militaires ou de sport, 6% en protection de cultures ou de plantations forestières et 26% pour raisons cynégétiques.

- de l'urbanisation et des infrastructures de transport ou hydrauliques (ill. 58). Par comparaison, l'empreinte écologique des clôtures semble à ce jour sous-estimée.



Aux États-Unis, des estimations montrent localement des linéaires de clôtures près de 2 fois supérieurs à celui des routes²⁵⁹. Une modélisation récente montre également de vastes zones où l'empreinte humaine jusque-là considérée comme faible ne tient pas compte de l'impact de clôtures pourtant relativement denses²⁶⁰.

La pose d'une clôture dans un secteur peut également créer un « effet d'entraînement »²⁶¹ en incitant les propriétaires riverains à venir y adosser leur propre clôture, ils profitent ainsi du fait qu'un premier côté est déjà clôturé. Ce phénomène est mis en évidence p. ex. pour les clôtures d'infrastructures routières. Par ailleurs, certaines CPV clôturées sont contiguës (ill. 59).

Références :

²⁵⁶ (Suez, 2018)

²⁵⁷ On pourra se reporter à (Vanpeene Bruhier, 1998) pour les différentes notions qu'implique le concept d'écotone.

²⁵⁸ (Devilleger et al., 2010)

²⁵⁹ (Jakes et al., 2018)

²⁶⁰ (Mc Inturff et al. 2020). Pour une cartographie mondiale de l'empreinte humaine à l'échelle du km, voir le site du SEDAC <https://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/wildareas-v3-2009-human-footprint>

²⁶¹ (Devilleger et al., 2010)

3.6 Synthèse et mise en perspective

3.6.1 Toute clôture est susceptible d'entrainer des effets négatifs à une certaine échelle.

Les conséquences écologiques de la pose de clôtures varient largement en fonction des espèces, de l'écosystème et du contexte²⁶² avec des risques directs sur l'intégrité physique des animaux (blessures et mortalité) et leurs conditions de déplacement. De façon générale, ces impacts peuvent varier selon les échelles d'analyse : spatiales, temporelles, taxonomiques, biologiques, génétiques, écologiques, sociétales, etc. D'autres pistes seraient sans doute également à investiguer comme p. ex. l'effet éventuel sur la propagation intra ou interspécifique d'agents pathogènes consécutivement à la blessure, même non létale, d'animaux sur une clôture.

Au-delà, la pose d'une clôture est susceptible d'entrainer une série d'incidences sur les espèces animales (avec des différences interindividuelles), sur la flore et les habitats naturels (via p. ex. une fréquentation modifiée de l'espace par les herbivores) et sur les activités humaines (p. ex. en termes de sécurité du trafic sur les infrastructures voisines). Les clôtures peuvent impacter l'intégrité physique de l'animal (impacts directs entraînant des blessures et engageant les probabilités de survie²⁶³) ou la conservation des populations : la seconde perspective découle de la première, mais reste plus difficile à étudier et est à ce jour moins documentée. Les impacts directs sont par ailleurs tributaires de la façon dont chaque espèce « perçoit » ou détecte chaque type de clôture, question là encore assez peu étudiée.

Au terme d'une vaste revue systématique²⁶⁴, Mc Inturff et al. (2020) concluent que parmi les espèces animales, même lorsque les clôtures créent des « gagnants », elles produisent simultanément des « perdants » à certaines échelles d'observation. Certaines espèces les intègrent dans leur habitat et en tirent profit alors que d'autres sont impactées à différents niveaux. Même celles qui en profitent sur certains plans peuvent en pâtrir à d'autres occasions (p. ex., les rapaces profitent des poteaux de clôture comme postes de guet, mais peuvent percuter les clôtures lorsqu'ils sont en chasse). Plus largement, la question nous semble persister de savoir, dans chaque configuration de site, si le fait qu'une espèce (ou un individu donné) intègre dans ses habitudes un élément nouveau (ici, les clôtures) et les exploite constitue nécessairement à plus long terme un avantage en termes p. ex. de survie de l'individu ou de pérennité de l'espèce.

Certains taxons ont fait l'objet d'efforts de recherche soutenu (galliformes et ongulés sauvages en raison de la convergence de préoccupations cynégétiques et patrimoniales, grands mammifères dans des zones de réserves au niveau international), mais les impacts sont potentiellement généralisés. En pratique, en dehors de ces deux groupes, la plupart de la documentation scientifique disponible traite de l'impact des clôtures sur les espèces qu'elles visent à exclure ou à contenir sans étudier l'ensemble des autres espèces présentes ni a fortiori les écosystèmes²⁶⁵. Des travaux plus épars montrent p. ex. un impact sur les reptiles terrestres (tortues²⁶⁶ ainsi que, bien que de façon plus modérée, sur les lézards et les serpents²⁶⁷) ou encore sur les amphibiens lorsque la taille des mailles diminue.

La littérature montre que certaines tendances sont communes à l'ensemble des clôtures, quelle que soit leur finalité²⁶⁸. En particulier, les clôtures favorisent les espèces généralistes et opportunistes, spécialistes des perturbations : notamment les espèces invasives, celles de petite taille, sédentaires ou à faible dispersion.

Au sein d'un même groupe, des distinctions peuvent être faites selon les traits de vie de chaque espèce. Au final, pour reprendre à nouveau Mc Inturff et al. (2020), il y a toujours des espèces « perdantes » et au-delà, on ajoutera que, même parmi les gagnants, il y a de fortes différences entre individus (p. ex. en fonction de leur âge, « tempérament », état physiologique). Enfin, en dépit des mortalités constatées à l'échelle individuelle, l'impact des clôtures sur la dynamique globale des populations est plus difficile à quantifier²⁶⁹. Ces changements d'échelle d'observation (p. ex. individu / population, site / territoire, faune / habitats, communauté / écosystème) sont un des challenges pour la pleine compréhension des impacts écologiques (ill. 6).

Ce domaine d'investigation est en émergence au niveau mondial avec l'appel récent des scientifiques à structurer un véritable champ d'études autour de la « **fence ecology** » et qui s'attacheraient spécifiquement aux interactions entre la clôture, la faune sauvage, la flore, les écosystèmes et les besoins sociétaux. Les résultats actuels sont encore lacunaires et concernent principalement les clôtures pastorales ou celles liées à des programmes de conservation²⁷⁰. Les impacts écologiques des clôtures urbaines, industrielles ou liées à des infrastructures sont moins (sinon peu) documentés de façon spécifique dans la littérature scientifique, ceux des CPV encore moins.

Références :

²⁶² (Mc Inturff et al., 2020)

²⁶³ L'enjeu du bien-être (« welfare issue ») est soulevé p. ex. par Ley et al. (2008).

²⁶⁴ Revue de 446 études de 1948 à 2018.

²⁶⁵ (Mc Inturff, 2020). Par ailleurs, Smith et al. (2020) montrent que même pour les mammifères terrestres, l'un des groupes pour lesquels l'effet écologique des clôtures a été le plus étudié, 51% des études

ne s'attachent qu'aux effets attendus et seuls 7% aux effets à la fois attendus et inattendus.

²⁶⁶ (Ferronato et al., 2014), (Lee et al., 2021) ainsi que (Beck, 2009 ; Burger et al., 1994) cités par Lee et al. (2021).

²⁶⁷ (Ferronato et al., 2014)

²⁶⁸ (Mc Inturff et al., 2020)

²⁶⁹ (Drewitt et al., 2008) sur la base de (Moss et al., 2000).

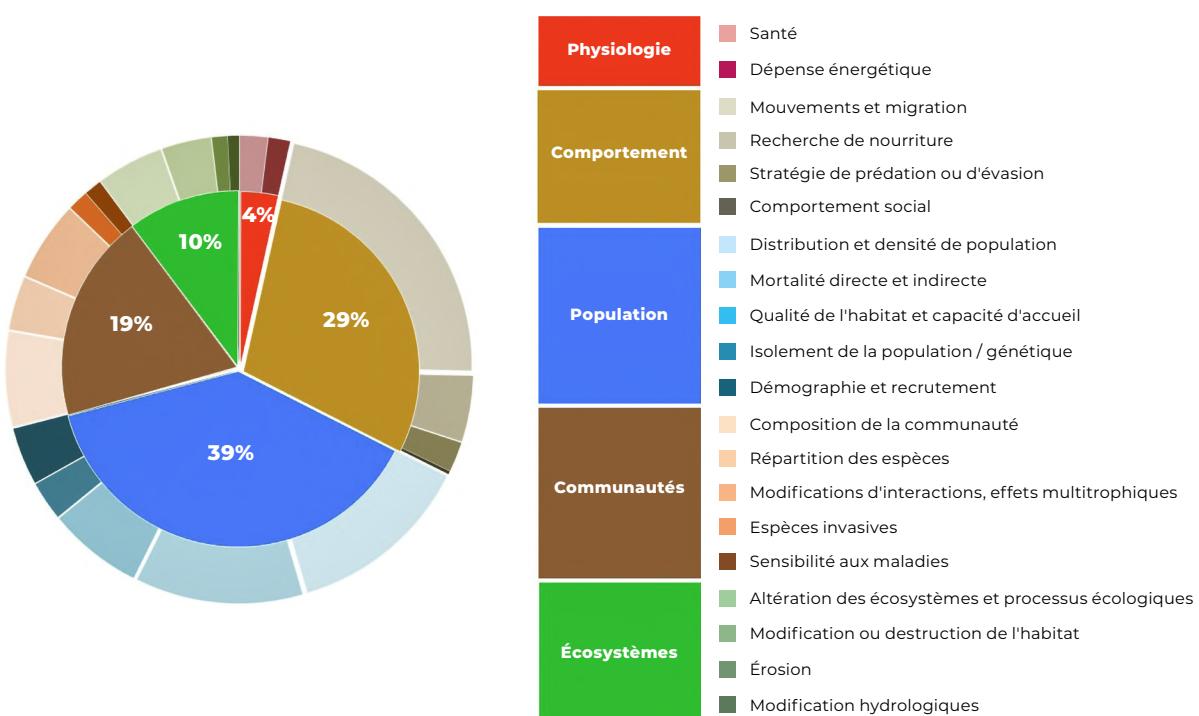
²⁷⁰ (Mc Inturff et al., 2020) cohérent avec nos recherches.

3.6.2 Un facteur d'empreinte humaine généralisé mais encore méconnu

Les clôtures sont un facteur d'impacts écologiques omniprésent au niveau mondial : leurs effets sont complexes, étendus et encore en grande partie méconnus.²⁷¹ De façon cumulée, il pourrait s'agir de « *l'un des plus puissants moteurs du changement d'origine anthropique* » (Mc Inturff et al., 2020). Il concerne à la fois des espaces déjà largement impactés (p. ex. urbanisation, accompagnement d'infrastructures de transport), mais aussi des espaces naturels réputés peu fragmentés (y compris des parcs naturels).

Les méthodes classiques d'inventaire et d'analyse fonctionnelle basées p. ex. sur les matrices paysagères, les aménagements surfaciques et la qualité des habitats n'intègrent pas ces obstacles linéaires. En dehors de quelques approches sur des territoires pilotes, peu d'outils ou modèles sont disponibles pour les cartographier et les caractériser ou même tenter d'évaluer leur densité sur un territoire donné²⁷². Par ailleurs, des travaux montrent l'écart

entre ce qui peut être considéré comme *a priori* étanche (p. ex., linéaires cartographiés d'après vues aériennes, parcellaires bâtis) et ce qui est réellement étanche en pratique pour une espèce donnée (p. ex. études de radiotracking de hérissons²⁷³). Enfin, la diversité des techniques et le caractère rapidement évolutif des clôtures, tant en termes de linéaires équipés que de vieillissement et vétusté, sont un défi pour l'établissement et la mise à jour de telles cartographies opérationnelles. Si à l'échelle d'une parcelle ou d'un projet « à taille humaine » (quelques hectares à quelques dizaines d'hectares), le linéaire de clôtures peut être facilement parcouru à pied par un chargé d'études, en revanche la complexité s'accroît lorsque la surface augmente. Des inventaires mutualisés entre acteurs du territoire pourraient être imaginés sur la base de protocoles communs. Les méthodologies restent à concevoir pour la mise en place et l'actualisation d'un tel outil dédié aux clôtures à l'échelle d'un territoire.



ill. 61. Répartition de la littérature scientifique selon la typologie des impacts écologiques provoqués par les clôtures.
Les effets peuvent être positifs ou négatifs selon l'espèce et le contexte. (source : adapté des données de Mc Inturff et al., 2020)

Références :

- ²⁷¹ Adapté de Mc Inturff et al. (2020).
²⁷² (Mc Inturff et al., 2020) et voir p. ex. le modèle développé aux États-Unis par Poor et al. (2014).
²⁷³ (Verry, 2012)

3.6.3 Bilan à retenir pour les CPV

L'évaluation des impacts écologiques doit porter sur l'ensemble des éléments constitutifs du dispositif d'exclusion périphérique afin d'évaluer par exemple comment chaque élément peut constituer un risque faunistique, un point faible non désiré au sein du dispositif d'exclusion ou bien encore une opportunité de transparence faunistique.

Une difficulté importante réside dans la nécessité de prendre en compte de façon croisée d'une part, la diversité des habitats et des espèces concernées, et d'autre part, la variété possible des équipements et des méthodes de pose dans les différents contextes d'implantation ainsi que des méthodes de gestion. Chaque combinaison, propre au projet, peut avoir des impacts particuliers²⁷⁴.

Pour les CPV en particulier, le challenge consiste à évaluer la stratégie d'exclusion périphérique par une analyse des impacts écologiques aussi large que possible (différents taxons, effets directs et indirects), mais en tenant compte du caractère encore lacunaire des connaissances, a fortiori dans le contexte anthropique particulier des CPV et des types des clôtures qui y sont mis en œuvre. L'évaluation dans le cadre d'une EIE doit par ailleurs se faire au regard, le cas échéant, du principe de proportionnalité.

En pratique, les retours d'expérience montrent une certaine perméabilité des exclos de CPV, en raison des conditions de pose des clôtures ou de la création de passages pour la faune, ainsi qu'une utilisation des poteaux par des oiseaux. La vigilance reste toutefois de mise compte tenu du peu de suivis spécifiques dédiés à la problématique des clôtures sur ces sites. Si les collisions animales ne font pas l'objet de remontées d'informations particulières auprès des opérateurs, quelques études publiées à l'étranger montrent que des collisions peuvent exister avec les clôtures de CPV au moins de façon ponctuelle selon les sites. À ce stade, aucun élément à notre disposition ne semble cependant indiquer de risque accru ou moindre sur les clôtures dans ce type de contexte. En l'état des connaissances, il est donc suggéré ici de considérer comme possibles les effets documentés et les points de vigilance soulevés dans d'autres contextes.

L'encart n°4 (voir en partie 2) propose une synthèse des effets directs avérés ou signalés par type de clôtures et que des données complémentaires ou des études ciblées permettraient de préciser.

Chaque type de clôture indiqué recouvre en réalité une grande diversité de matériels et de mise en œuvre que les sources décrivent rarement en détail : des nuances (niveaux de risque) peuvent exister entre les différentes modalités techniques. Par ailleurs, la juxtaposition de plusieurs rideaux d'équipements cumule les effets subis au franchissement de chacun, mais elle peut aussi créer une configuration particulière (p. ex., cas d'oiseaux bloqués entre un grillage et une clôture électrique défensive²⁷⁵).

L'impact écologique direct des clôtures d'une CPV prise isolément semble néanmoins à relativiser (au moins

en dehors des contextes écologiques les plus forts ou de cas particuliers) par rapport à leur contribution à la fragmentation écologique qu'elles sont susceptibles d'entraîner²⁷⁶. Les effets cumulés et à large échelle d'un maillage général du territoire par les clôtures (en plus des autres facteurs de fragmentation) sont un écueil difficile à appréhender à ce jour, mais auquel l'étude d'impact doit néanmoins se confronter. Le cadre méthodologique de ces approches territoriales resterait à concevoir dans une perspective qui dépasse le seul contexte des CPV et l'objet de ce guide, en lien avec les SRADDET (Schémas Régionaux d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires).

Les résultats obtenus dans d'autres contextes permettent aussi d'attirer l'attention quant à de possibles impacts écologiques variés, imbriqués et en cascade. L'extrapolation pâtit cependant là encore d'un manque de données effectives dans le cas des CPV.

Jusqu'à ce jour, les CPV étaient généralement implantées dans des zones à moindre enjeu écologique (p. ex., zones agricoles, friches industrielles). Les enjeux de changement climatique et de pénurie énergétique vont nécessiter d'augmenter les sites équipés avec un risque de sollicitation accrue d'espaces plus naturels. L'un des enjeux de ce travail est d'inciter à étudier des impacts jusque-là peu documentés pour pouvoir au besoin, au regard des enjeux écologiques locaux, les éviter, les réduire ou les compenser.

Au-delà de l'aménagement au cœur du projet (ici les équipements photovoltaïques), l'implantation de clôtures dans des zones naturelles ou agricoles qui sont encore peu clôturées actuellement nécessite d'être appréhendée dans toutes ses dimensions y compris sous l'angle de la dynamique temporelle (l'exclos créé restera-t-il isolé ou bien créera-t-il un précédent ?). De même, les enjeux de réversibilité de l'installation au terme de son exploitation nécessite d'envisager les techniques de clôtures les moins impactantes pour le milieu naturel mais qui soient aussi faciles à démanteler²⁷⁷.

Enfin, cela ne doit pas occulter l'importance de la problématique dans des zones déjà plus anthropisées, périurbaines ou urbaines (p. ex. aménagement de friches industrielles) avec là aussi, selon les sites, des enjeux de préservation et de rétablissement des connectivités écologiques résiduelles.

« L'écologie des clôtures » constitue un champ d'investigation émergent qui reste à investir pour la recherche opérationnelle, afin d'améliorer la compréhension des mécanismes et de proposer des mesures de prévention efficaces adaptées à chaque réalisation. Chaque projet d'installation enclose et de CPV en particulier constitue à la fois un contexte original et une occasion concrète de compléter le retour d'expérience, de faire avancer les connaissances et mieux prévenir les impacts écologiques.

Références :

²⁷⁴ Adapté de Boyle et al. (2019).

²⁷⁵ (Visser et al., 2016), (Visser et al., 2019)

²⁷⁶ Pour mémoire et allant dans le même

sens, Grodsky et al. (2017) citent, dans le cas particulier des écosystèmes désertiques, l'effet général de fragmentation occasionné par les installations solaires, mais ils n'évoquent

pas spécifiquement les impacts directs des clôtures.

²⁷⁷ (MEDDTL, 2011)

PARTIE IV : GUIDE DE BONNES PRATIQUES

**Recommandations pour la clôture
périmétrale d'une centrale
photovoltaïque au sol**



Logique générale

Afin de tenir compte des spécificités écologiques des sites concernés par chaque projet de CPV, une démarche « pas à pas » est proposée (voir *encart n°23 et tableaux de synthèse des recommandations en partie 2*).

À chaque étape méthodologique ou technique proposée, **si certains principes opérationnels proposés ne peuvent être adoptés, ils constituent alors des alertes quant à de possibles impacts résiduels qu'il conviendrait alors d'évaluer.**

Des alternatives sont parfois indiquées lorsque plusieurs options sont possibles pour favoriser l'éco-compatibilité du projet. Conformément à la séquence « Éviter / Réduire / Compenser », les éventuels impacts résiduels du dispositif d'exclusion qui aura été retenu devront faire l'objet de mesures de compensation. Enfin, ces recommandations ont vocation à évoluer pour tenir compte des futurs retours d'expérience.

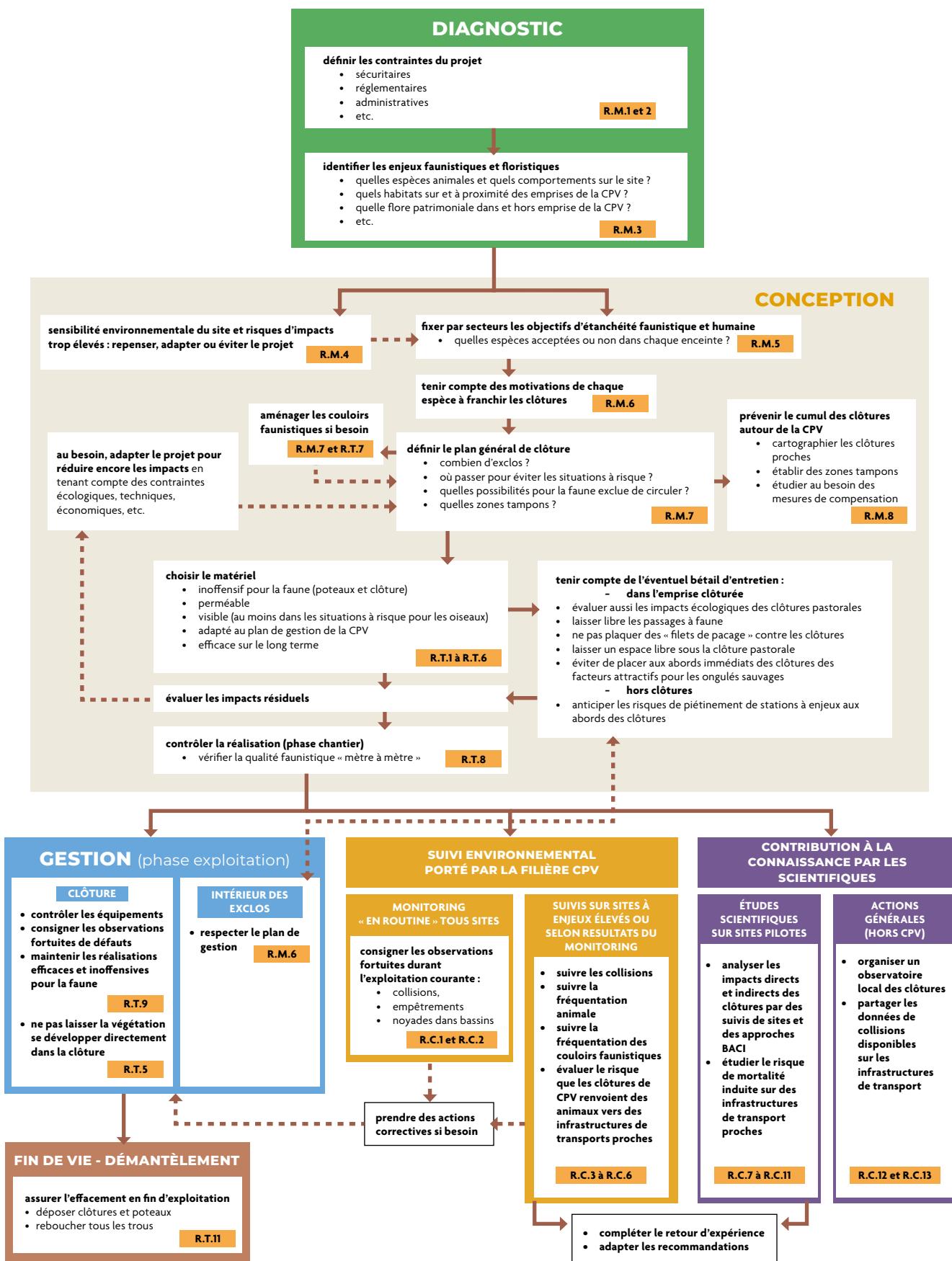


encart n°23. Démarche "pas à pas" d'évaluation de la sensibilité écologique du site et de définition des modalités d'exclusion périphérique éco-compatibles

RM : Recommandations Méthodologiques,

RT : Recommandations Techniques,

RC : Recommandations pour les suivis environnementaux et l'amélioration des Connaissances.



4.1 Recommandations méthodologiques



R.M.1 Préciser les contraintes initiales et les objectifs du dispositif d'exclusion périphérique



« Quels sont le niveau de précision et la portée des spécifications techniques auxquelles est soumis le projet d'aménagement ? »

De façon générale, pour une installation industrielle, les clôtures et plus généralement les dispositifs d'exclusion contribuent à sécuriser le site face à un risque d'intrusion humaine : c'est la notion de « sûreté ». L'exclusion périphérique (pour bloquer ou ralentir l'intrusion) vient en complément d'autres principes de sécurisation comme la possibilité de dissuader et de détecter les tentatives d'intrusion. La sûreté se conçoit selon le principe des « anneaux de protection » selon lequel une cible donnée doit être protégée par plusieurs couches successives pour renforcer l'efficacité de la protection. Le dispositif d'exclusion est donc l'une des mesures possibles pour assurer la sûreté d'un site, mais pas la seule (encart n°24).



La sûreté est l'ensemble des mesures prises pour prévenir et lutter contre les risques liés à la malveillance. De son côté, la sécurité vise à prévenir les risques d'origine accidentelle (p. ex. risque incendie)²⁷⁸. À la croisée des deux problématiques, certaines intrusions humaines peuvent aussi se traduire par la survenue d'incidents involontaires au sein d'un site.

La première étape recommandée ici est de chercher à préciser l'origine des contraintes d'exclusion qui portent sur le projet et leur niveau d'exigence au travers des questions ci-dessous :



- **La clôture est-elle imposée ?**
- **Peut-on ne pas clôturer ?** Écologiquement, cela permettrait d'éviter les impacts sous réserve que les dispositifs alternatifs n'en causent pas non plus (ce qui sera à étudier au cas par cas). Pour mémoire, en Allemagne, le guide fédéral recommande lorsque cela est possible une « absence de clôture de l'installation » ou, à défaut, des clôtures perméables à la faune²⁷⁹.
- **Sinon, un type précis de clôture est-il demandé ?** Par ex. une hauteur ou une taille de mailles est-elle spécifiée ?
- **Quelles sont les alternatives possibles ?** (c. à d. est-il possible de faire autre chose que de la clôture ?)



En France :

- Un SRADDET recommande (hors contexte particulier des CPV) une clôture minimalistre de 1,20 m de haut, dont 30 cm libres en pied, voire même uniquement constituée de 3 fils²⁸⁰ ou barres horizontales car elle est perméable pour toute la faune.
- Les camps d'entraînement militaires peuvent ne pas être clôturés : des panneaux indiquent à intervalle régulier l'interdiction d'accès et le danger lié aux tirs en cours. (ill. 62).
- Les modalités de sécurisation des abords de la ligne ferroviaire Paris-Amiens, à Orry la Ville dans l'Oise ont fait l'objet d'une concertation. En 2006, un grillage de 2 m de hauteur a été installé pour assurer la sécurité des riverains sur une section de voie ferrée, la rendant imperméable pour la grande faune de la forêt de Chantilly, située dans le Parc Régional Oise – Pays de France. Afin de concilier les enjeux écologiques avec ceux de sécurité des randonneurs et des promeneurs, la concertation entre le gestionnaire ferroviaire, les chasseurs, le PNR, l'écologue et la Commune a conduit à retenir une clôture de 80 cm de hauteur placée à 40 cm au-dessus du sol, le haut de grillage étant à 1,20 m (ill. 63). En effet, les sangliers, chevreuils, biches et même les jeunes cerfs peuvent passer dans un espace de 40 cm et les cerfs plus âgés sautent facilement 1,20 m (d'après les informations, de V. Vignon, bureau d'études OGE).

Aux États-Unis : autour de la plus grande mine d'extraction de trona du monde, située dans une zone d'élevage, le grillage était trop étanche pour la grande faune, notamment les pronghorns, espèce d'ongulés locale. La concertation entre l'industriel, les éleveurs, les naturalistes et les partenaires locaux a conduit à le remplacer par une clôture basse d'environ 1 m de haut aisément franchissable par cette espèce. Celle-ci est constituée de barbelés (considérés dans ce cas moins impactants que le grillage), équipés en partie basse d'un fil lisse placé à une hauteur qui permet aux pronghorns de se faufiler. Le fil du haut a été doublé pour éviter aux ongulés de s'empêtrer les pattes en sautant. La clôture a aussi été équipée de plaquettes de visualisation pour les oiseaux²⁸¹.

Références :

²⁷⁸ (Davoine, 2012)

²⁷⁹ (MEEDAT, 2009)

²⁸⁰ (Région Centre Val de Loire, 2020) hors contexte particulier des CPV

²⁸¹ (Paige, 2015)



ill. 62. La signalétique de certains camps militaires non clôturés est sans équivoque.
(photo : C. Buton)



ill. 63. Exemple de clôtures perméables à la faune.
Les clôtures installées aux abords de la voie ferrée à Orry la Ville sécurisent les promeneurs qui empruntent les chemins forestiers tout en restant perméables à la faune.
(photo : © OGE - V. Vignon)

En France, compte tenu du taux de sinistres en hausse sur les CPV, en particulier les vols de panneaux ou de câbles, **les assureurs imposent la mise en place de systèmes anti-intrusions**. Certains ne spécifient pas de dispositif précis : cela peut être une clôture, de la vidéosurveillance, de la détection, une alarme, des panneaux d'avertissement relatifs à des équipements sous tension, etc.²⁸². D'autres en revanche imposent de clôturer les CPV : à défaut, la franchise peut être majorée en cas de sinistre. La clause est p. ex. formulée ainsi : « *Prévention vol - L'assuré s'engage à équiper chaque centrale des systèmes de protection et de prévention suivants : une clôture périphérique d'une hauteur minimale de 2,00 m autour de la ferme solaire* »²⁸³. On note toutefois sur cet exemple que la nature de la clôture n'est pas imposée (p. ex. type de fils, taille des mailles, traitement du raccord au sol) et offre des latitudes en termes d'optimisation écologique.



En Allemagne²⁸⁴, il est prévu que « partout où il est possible de retirer des modules de leur ancrage, les compagnies d'assurance exigent généralement une clôture d'au moins 2,00 m de haut avec système d'alarme et dispositifs de surveillance. L'obligation de clôturer n'est pas nécessaire pour les installations dont il est impossible de retirer des modules sans les détruire (p. ex. modules collés sur le cadre) ni aux installations qui se trouvent sur un terrain surveillé ou protégé d'une autre manière ».

Du point de vue des développeurs de CPV, outre ces enjeux assurantiels, la fonction première des clôtures reste la **sécurité des personnes**. Les installations produisant de l'électricité, le risque d'électrocution est réel et fait l'objet d'une grande attention de leur part. Il n'est possible de pénétrer au sein d'une CPV que si l'on est habilité (ou accompagné d'une personne qui l'est), après s'être signalé auprès de l'équipe en charge de l'exploitation et de la maintenance et sous réserve de porter les Équipements de Protection Individuels (EPI)²⁸⁵. Là encore, que la clôture soit ou non imposée formellement par les assurances, le retour d'expérience montre qu'elle constitue un moyen de protection plus efficace que l'affichage dissuasif ou la vidéosurveillance²⁸⁶.

Références :

- ²⁸² Échanges avec des opérateurs dans le cadre du projet
- ²⁸³ Informations d'opérateurs dans le cadre du projet
- ²⁸⁴ (MEEDDAT, 2009)

Enfin, les développeurs indiquent que ces clôtures peuvent être imposées par le document d'urbanisme dans le cadre du Permis de Construire pour les installations au sol de plus de 250 kWc. Elles peuvent aussi contribuer au parage de troupeaux au sein des CPV (contre des fuites d'animaux ou des intrusions de prédateurs) et éviter que de gros animaux fouisseurs (sangliers notamment) n'entraînent des dégâts au sol (risque signalé de chutes). Des battues sont parfois organisées pour les déloger²⁸⁷.

Au final, il apparaît que si des clôtures sont retenues dans le projet, elles devront répondre à **2 objectifs croisés** :

- **Sur le plan sécuritaire**, les clôtures doivent être **efficaces dans le temps face aux risques à prévenir**. Leur conception doit donc être réfléchie au regard des différents équipements qui présentent un enjeu technique (p. ex. risque de vol et vandalisme) et/ou de sécurité (p. ex. risque d'électrocution).
- **Sur le plan écologique**, les clôtures doivent être **inoffensives pour la faune locale ainsi que perméables aux espèces acceptables dans l'enceinte** (c. à d. celles qui ne gênent pas le fonctionnement de l'installation – voir la recommandation RM.5).

! *Dès ce stade de la réflexion et tout au long de l'élaboration du projet d'exclusion périphérique, il est recommandé d'anticiper les risques de dégradation ultérieure (p. ex. par la faune, par les pratiques d'entretien ou encore par le vandalisme). En particulier, les clôtures souples sont fragiles lors des interventions à la débroussaillée à dos. Les éventuels renforcements techniques ultérieurs, à fortiori les aménagements et rajouts ponctuels sortiront de fait du cadre de l'Étude d'Impact initiale qui aura pourtant conditionné l'autorisation du projet (p. ex. placage d'un grillage plus fin ou pose d'une clôture électrifiée pour empêcher les sangliers d'entrer du fait d'un grillage inadapté ou endommagé, rajout même ponctuel de fils voire de barbelés pour « boucher un trou » contre des intrusions animales ou humaines).*

²⁸⁵ Échanges avec des opérateurs dans le cadre du projet

²⁸⁶ *Idem*

²⁸⁷ *Idem*

encart n°24. Exemples de mesures visant à assurer la sûreté d'un site (cas général non spécifique aux CPV)

Liste non exhaustive de mesures utilisables en théorie pour sécuriser un site au regard du risque d'intrusion humaine et dont il conviendrait, le cas échéant, d'évaluer les impacts écologiques à l'occasion de chaque projet. (adapté de Renaudin, 2020)

dissuasion préventive	exclusion périphérique	clôture type grillage, grille ou fils
		système électrifié ou non
		mur ou muret
		portails et portillons
		grilles de sécurisation des traversées hydrauliques
		autres
	signalétique	
	dispositifs d'alerte en périphérie	
	etc.	
	fermeture des accès	
contrôle des accès	ouverture manuelle	par un agent sur site
		par caméra
	ouverture automatique	par badges
		autres
éclairage	permanent	
	sur détection de présence	
gardiennage (avec rondes)	avec des agents	
	avec des animaux	
détection des intrusions	télésurveillance	vidéosurveillance automatique (caméra fixe ou motorisée) autres
	détecteurs de présence	caméras
		détection de vibration ou d'escalade de la clôture (p. ex. câble sur grillage)
		faisceaux IR
		autres
action suite à une détection d'intrusion	alarme	pour déclencher une intervention « curative » pour mettre en fuite
		intervention physique
autres		



ill. 64. Signalétique accompagnant la vidéosurveillance et la clôture d'une CPV.
(photo : C. Buton)



ill. 65. Clôture souple endommagée lors du fauchage à la débroussailleuse à dos.
A terme, la vétusté de la clôture est susceptible entraîner son remplacement par un autre matériel qui n'aura pas été évalué au titre de l'Étude d'Impact. Pour mémoire, des fils coupés peuvent blesser des animaux.
(photo : C. Buton)



R.M.2 Respecter le cadre réglementaire applicable aux clôtures

Ce guide n'a pas vocation à détailler ce point. Il est précisé toutefois que selon le site d'implantation, l'édification de clôtures, en dehors de celles nécessaires à l'activité agricole ou forestière, peut être soumise à déclaration ou autorisation au titre du Code de l'Urbanisme

(R. 421-2 et R. 421-12) et encadrée par le règlement du Plan Local d'Urbanisme (PLU et PLUi)²⁸⁸. Il est recommandé de le vérifier au cas par cas. Une analyse de la jurisprudence pourrait également permettre d'envisager des problématiques particulières.



R.M.3 Inventorier les enjeux écologiques

Cette phase incontournable dans toutes les évaluations d'impact doit permettre de dégager les enjeux en termes d'espèces et d'habitats présents sur la zone d'étude du projet de CPV. Idéalement, il est suggéré ici que le diagnostic porte aussi sur les enjeux liés aux espèces susceptibles de fréquenter le secteur à terme (dynamique naturelle, résultats des éventuelles mesures de compensation prises aux abords du site comme la création d'habitats, effets d'ouvrages de défragmentation routiers ou ferroviaires, plans de restauration, etc.).

Il est suggéré de relever les éventuels habitats et stations de flore patrimoniaux afin d'en évaluer 1) la sensibilité au risque de piétinement induit par le cheminement préférentiel des animaux le long des clôtures ; et 2) l'intérêt – ou non – de les mettre en protection dans le futur exclos.



R.M.4 Repenser, adapter ou éviter le projet si les risques d'impacts sont trop élevés au regard des enjeux écologiques

Que ce soit pour prévenir les impacts généraux du projet ou ceux liés aux clôtures, si le niveau de risques est trop important au regard des enjeux de préservation de la biodiversité présents au droit du site d'implantation du projet envisagé, il est vivement recommandé ici de rechercher l'évitement géographique (choix d'un autre site) ou d'adapter les emprises (ajustement de sa surface ou de son périmètre).²⁸⁹ Ces principes rejoignent ceux

proposés de façon générale pour les CPV dans certains départements.²⁹⁰

L'idéal serait en particulier de privilégier des secteurs dégradés où le cadre naturel, les enjeux et les fonctionnalités écologiques sont déjà altérés par une activité antérieure ou des infrastructures existantes²⁹¹.



En toute logique, les étapes suivantes ne concernent que les projets de CPV qui auront passé ces premières étapes.

Références :

²⁸⁸ Parmi les références possibles faisant un point réglementaire : (Stevens et al., 2019) et (Froissart, 2011).

²⁸⁹ Conformément p. ex. aux recommandations de Birdlife International (2011) d'éviter les zones protégées ou les milieux dulçaquicoles.

²⁹⁰ Voir p. ex. pour le Var <https://www.var.gouv.fr/reussir-l-implantation-d-une-centrale-r2204.html>

²⁹¹ (MEEDAT, 2009)



R.M.5 Fixer les objectifs d'étanchéité humaine et faunistique sur chaque secteur



« Quelle faune est à exclure ou acceptée dans chaque exclos de la CPV ? »

Chaque secteur ou équipement de la CPV peut correspondre à un niveau de sensibilité spécifique en termes de sûreté (vol, vandalisme), ou de sécurité humaine (dangers). Cela peut concerner les risques liés aux intrusions humaines dans l'enceinte de la CPV mais certaines espèces animales peuvent aussi être indésirables ou au contraire acceptables (voire souhaitées) sur certains secteurs.



À titre indicatif, la surface nécessaire aux installations solaires représenterait environ 2.5 fois l'espace utilisé par les seuls panneaux photovoltaïques si l'on inclut également entre autres les espaces inter-rangs, les équipements électriques, les locaux techniques ou encore les voies d'accès²⁹². En Allemagne, lorsque les installations sont protégées par une clôture, la surface est majorée de 20 à 25%²⁹³. Pour une connaissance précise des surfaces occupées en France par la production photovoltaïque en 2019 et à l'horizon 2050 sous différents scénarios : voir RTE, 2022. *Futurs énergétiques 2050. Rapport complet*²⁹⁴.

Sur l'ensemble du foncier dévolu au projet de CPV, il est recommandé ici de préciser les objectifs d'étanchéité à la faune par secteurs géographiques (encart n°25). Cela permet d'identifier sur plan ceux qui sont accolés et qui partagent les mêmes objectifs.

Les contraintes humaines et animales peuvent sembler interdépendantes, car elles apparaissent liées, entre autres, à la taille des mailles ou à l'interdistance des barreaudages. Mais des cas particuliers peuvent exister ou des solutions techniques spécifiques peuvent au besoin être imaginées.

Il est donc recommandé de s'interroger comme suit :

- Au sein de l'emprise de la CPV, la présence de faune sauvage est-elle acceptable sur certains secteurs sous réserve qu'elle ne soit pas contradictoire avec l'objectif de sécurisation humaine du site ?
- Des espèces sont-elles susceptibles de causer des dommages particuliers p. ex. sur les éventuels câbles au sol (fouissement des sangliers, lapins et rongeurs, etc.) ?
- Le cas échéant, des parades techniques sont-elles possibles ou bien est-ce à la clôture de prévenir leur intrusion ?



Si des espèces doivent être exclues de tout ou partie de la CPV, les éventuels impacts écologiques de cette exclusion sont de fait à évaluer afin d'identifier les mesures de réduction voire de compensation à proposer.



ill. 66. Sanglier.
(photo : © F. Fève)



ill. 67. Lapin de garenne.
(photo : © G. Folli)



ill. 68. Nombreuses traces de fouissement par des lapins de part et d'autre du grillage d'une CPV.
(photo : C. Buton)

Références :

²⁹² (Turney et al., 2011) et repris par Martinez (2020).
²⁹³ (MEEDAT, 2009)

²⁹⁴ <https://www.rte-france.com/analyses-tendances-et-prospectives/bilan-previsionnel-2050-futurs-energetiques#Lesdocuments>

encart n°25. Exemple de matrice d'argumentation des objectifs d'exclusion sur une CPV

Les champs de cette trame sont à adapter à chaque cas d'étude.

Renvoi à un plan (exemples)	Secteurs fonctionnels (à adapter au cas par cas)					Éventuels aménagements connexes					
	Il est possible de scinder chaque colonne si plusieurs localisations.										
ST1	LT1	PL1		FO1	BA1	OLD1	C11	AP1	MC1		
Faune (exemples) <i>(il est possible de détailler la typologie ou de lister les espèces présentes ou potentielles visées)</i>	système photovoltaïque	lieux techniques (ex. poste transformateur – onduleurs)	poste de livraison si hors locaux techniques	Autres (à compléter)	Hydraulique de surface, fossés	bassin	bande de débroussaillage OLD	équipements DECI / DFCI ? (p. ex. citerne)	animation permanente	mesures compensatoires : mares, zones humides, etc.	Autres (à compléter)
Grande faune - cervidés											
Grande faune - sanglier											
Mammifères de taille moyenne (p. ex. renard, lapin, lièvre) <i>(Possibilité d'intégrer le blaireau à la catégorie ci-dessus de par sa capacité de fouissement)</i>											
<i>(Possibilité de formaliser une problématique moyenne faune fouisseuse: p. ex. blaireau, renard, lapin)</i>											
<i>(Possibilité de distinguer une problématique lapin pour sa capacité de creuser et ronger)</i>											
Problématique d'une espèce particulière présente ou potentielle à terme soulevée dans le diagnostic											

indiquer par exemple dans chaque case « non souhaitée / tolérée / favorisée ».
(Par la suite, un milieu « non souhaité ou optimal » pourra être attribué à chaque secteur)
Le cas échéant, préciser les cases concernées par un éventuel rôle de protection d'une espèce de faune ou de flore que l'on souhaite protéger dans la clôture



ill. 69. Poste HTB clôturé.
(photo : © OFB)



ill. 70. Double clôture au droit d'un poste HTB.

A l'intérieur d'une clôture d'exclusion générale en grillage souple simple torsion, le poste est sécurisé par un grillage semi-rigide rehaussé par un bavet à 3 rangs de barbelés et monté sur des plaques de soubassement en béton.



ill. 71. Réserve d'eau en bâche souple incluse dans la clôture périphérique d'une CPV.



ill. 72. Local technique dans une seconde clôture incluse au sein de la clôture périphérique générale.



ill. 73. Local technique en limite de clôture.



ill. 74. Locaux techniques inclus ou non dans la clôture.

Le point de livraison (PDL - à gauche) est en limite de clôture. Le poste de transformation (PDT - à droite) est dans la clôture.



ill. 75. Cuve incendie implantée hors clôture.



ill. 76. Bassin hydraulique maintenu dans les clôtures.

(Pour ill. 70 à 76, photos : C.Buton)



R.M.6 Prendre en compte ce qui motive les déplacements de chaque espèce et adapter les modalités de gestion des secteurs clôturés



- « Quels sont les animaux susceptibles d'entrer ou de traverser le site ? »
- « Quelles sont les conséquences en termes de clôture ? »

Sur le site envisagé, les impacts des clôtures sur la faune et l'adaptation de la stratégie d'exclusion sont conditionnés pour partie par les facteurs et motivations qui conduisent les animaux à se déplacer. Il est recommandé ici de chercher à les analyser par espèce ou groupe d'espèces.

Cela peut être :

- « Aller de l'autre côté » en traversant ou en contournant l'exclos.

Au stade de l'inventaire initial avant projet, cela implique de relever les circulations animales sur et autour de l'emprise du projet pour pouvoir évaluer l'impact des futures clôtures (p. ex., coulées, pistes, gites, traces d'abrutissement et autres marqueurs permettant de visualiser les cheminements, y compris en réalisant lorsque c'est possible un relevé des traces « à la neige »²⁹⁵). Il est recommandé ici de réaliser ces relevés sur plusieurs saisons, a minima sur un cycle annuel, afin de tenir compte des cycles de reproduction, des éventuelles activités humaines saisonnières à proximité (pratiques cynégétiques, cycles de culture, etc.), des phénomènes migratoires (en vol ou au sol) qui traversent la zone, etc.

Il est également recommandé d'analyser les circulations animales à venir, compte tenu des autres éléments du projet pouvant contraindre les déplacements de la faune ainsi que des éventuels futurs aménagements écologiques prévus au titre des mesures de réduction ou de compensation mises en œuvre aux abords des CPV. Par exemple, une mare préservée au bord d'une CPV clôturée peut devenir plus difficilement accessible pour les animaux venant depuis l'autre côté de la CPV : ils devront tenter de traverser ou de contourner l'enceinte clôturée, impact qui est à prendre en compte dans l'évaluation initiale.

Nota : Cela peut être l'occasion d'initier une concertation sur la gestion des territoires adjacents au regard notamment des enjeux de perméabilité faunistique.

- « Accéder dans l'exclos », en particulier pour s'y réfugier ou s'alimenter.

Dans ce cas, selon les objectifs d'étanchéité fixés (Cf. étape précédente), si la grande faune est « délibérément » à exclure d'un secteur particulier au sein de la CPV, il est suggéré ici de réduire l'appétence ou l'attractivité pour limiter la « pression » que vont exercer sur les clôtures les animaux qui chercheraient à entrer (p. ex., sangliers cherchant à vermillier sous des tas de broyats ou de paille) ; et ce, sous réserve que ce facteur attractif ne soit pas a contrario nécessaire pour d'autres espèces que l'on souhaite voir fréquenter l'exclos. Si le site est entretenu par du bétail, une réflexion peut être menée sur la localisation des abreuvoirs, pierres à sel ou affouragements complémentaires pour limiter l'attrait des ongulés sauvages (selon le type de milieux alentour et la saison), notamment en les éloignant des clôtures (Cf. R.T.10).



Les fruits (pommes, figues, raisins, etc.) peuvent aussi être très attractifs pour les sangliers, mais il est peu probable que ces essences soient plantées dans les CPV, sauf cas de l'agrivoltaique, non traité ici.

A contrario, la création d'exclos peut être une opportunité pour créer une surface protégée des dérangements ou de la prédatation. Les clôtures pourraient permettre par exemple de protéger des espèces nichant au sol (et que le projet souhaiterait favoriser) par rapport aux grands mammifères ou aux prédateurs²⁹⁶, sous réserve que les installations et la gestion du site soient compatibles et que cela ne crée pas de piège écologique. D'éventuelles stations floristiques pourraient être également incluses dans ces exclos (fonction secondaire dite « de conservation ») sous réserve d'évaluer au préalable l'efficacité à long terme de cette mesure.

Au regard du tableau des objectifs d'exclusion par secteur (encart n°25), il est recommandé de préciser les objectifs de milieux ou de végétation dédiés à chaque exclos (c. à d. état non souhaité / optimal ou encore mise en protection d'une station floristique) ainsi que de définir un plan de gestion par secteur (p. ex. objectif attendu, mode d'entretien, fréquence, période, saison).

Il existe un lien fort entre mode de gestion / potentialités écologiques / risques de destruction des espèces / type de clôture. Il est recommandé ici d'en faire une analyse intégrée.

Références :

²⁹⁵ (Buton et al., 2022)

²⁹⁶ (Klaassen et al., 2018) qui reprend l'indication de BRE (2014) en la

restreignant aux prédateurs. Etude de Cypher et al. (2019) citée par Chock et al. (2021).

P.ex., la perméabilité attendue d'un exclos pour une espèce protégée comme la Tortue d'Hermann est incompatible avec le gyrobroyage mécanique régulier du site. L'intervention risque de blesser ou tuer cet animal et doit être remplacée par exemple par un entretien manuel ou du pâturage. Mais dans ce dernier cas, les orifices aménagés pour le passage des tortues doivent être dimensionnés afin d'empêcher les moutons de sortir et les chiens errants ou les loups d'y pénétrer. À défaut, le berger pourra être tenté de boucher ces passages, ce qui remettrait en cause les principes de perméabilité faunistique retenus dans l'étude d'impact.

Par ailleurs, la mise en place d'un pâturage tournant pourra entraîner l'installation d'un second grillage à moutons à l'intérieur de la CPV clôturée, pour compartimenter les herbes. Ces clôtures pastorales peuvent avoir des impacts éventuels sur les espèces sauvages qui auront pénétré dans l'exclos : il est recommandé ici de préciser dans le plan de gestion la possibilité de recourir à ces parcages pastoraux et de les définir précisément après avoir évalué leurs incidences potentielles au regard des enjeux écologiques (Cf. R.T.10).



ill. 77. Pâturage ovin dans une CPV.
(photo : © Corieaulys)



ill. 78. Fermeture d'une découpe de grillage rigide qui était potentiellement utilisable par la faune sauvage.
(photo C. Buton)



ill. 79. Filet souple colmatant un espace sous le grillage.
(photo © Auddicé Environnement)



R.M.7 Définir le plan général de clôture « éco-compatible »



« Combien de zones doit-on enclore et selon quel contour ? »

A l'instar des guides anglosaxons de « Wildlife Friendly Fencing »²⁹⁷ (que l'on peut traduire par « clôtures écocOMPATIBLES »), il importe de s'interroger sur le tracé global du dispositif d'exclusion, avant de chercher le type exact de clôture adapté.

Ce plan de clôture écocOMPATIBLE prend en compte les réponses aux questions traitées lors des 6 étapes précédentes (RM.1 à RM. 6) ainsi qu'aux suivantes :

- **Quelles sont les situations à risque écologique particulier à éviter ?**
- **Quelles sont les autres contraintes qui peuvent influer sur le positionnement des clôtures** (p. ex., prévention des embâcles au regard des risques d'inondation, contraintes paysagères, etc.) ?
- Au final, **combien d'exclos** (i.e. enceintes clôturées avec des niveaux d'étanchéité ou des techniques différentes) **sont à prévoir et où faire passer la clôture ?**

Cette réflexion peut être simple et conduire à ne proposer qu'une seule enceinte dans le cas d'une petite surface sans enjeux naturalistes aux abords, mais **seule une réflexion au cas par cas peut permettre d'identifier des spécificités**. Le cas se complexifie entre autres avec l'augmentation des emprises des projets.

Il est recommandé ici que le tracé tienne compte des règles suivantes :

- **Éviter de façon générale de clôturer des secteurs où les oiseaux évoluent en forte densité à quelques mètres de hauteur du sol** (p. ex., zones de stationnement d'oiseaux en bordures littorales et sur des haltes migratoires, cols).
- **Éviter les emplacements à risque pour les galliformes de montagne** (Cf. encart n°8).
- **Éviter l'abord des gîtes de chiroptères** (Cf. encart n°10).
- **Éviter de barrer les thalwegs, vallons et rigoles naturelles** car ce sont des axes de cheminements préférentiels pour la faune.
- **Laisser libres les bordures de fossés et les écoulements d'eau en se tenant en retrait des berges et en ne barrant ni le lit des cours d'eau ni les plans d'eau.** Par précaution et en l'absence d'études spécifiques, il est suggéré ici de laisser p. ex. une largeur libre d'eau moins

3 m de part et d'autre des berges de cours d'eau par extrapolation des recommandations du CEREMA sur les pieds secs des passages à faune²⁹⁸. Au besoin, on tiendra compte de situations particulières pour moduler ces largeurs (risque d'érosion, etc.). Les niveaux d'enjeux écologiques liés aux cours d'eau y compris les ripisylves ou les vallées alluviales, de même que les marais ou zones estuariennes devraient inciter à la plus grande prudence. Lorsque des « couloirs faunistiques » sont envisagés (Cf. ci-dessous), il est possible de les centrer sur les éventuels fossés traversant la CPV.

- **Éviter d'implanter les clôtures sur les lignes de crêtes ou en haut de merlons.**
- **Éviter ou s'éloigner des lisières**²⁹⁹.
- **Clôturer au plus près des installations à sécuriser**, dans la limite des prescriptions des services de défense contre les incendies (SDIS) et sous réserve d'intégrer les contraintes constructives et d'exploitation de la CPV.
- **Localiser l'éventuelle bande débroussaillée hors des clôtures.** En particulier, pour les territoires soumis à des risques d'incendie de forêt et sous réserve de se conformer aux arrêtés préfectoraux fixant les Obligations Légales de Débroussaillage (OLD), il est recommandé que les bandes débroussaillées au titre des OLD soient situées hors clôtures.
- **Limiter la surface clôturée d'un seul tenant et créer des couloirs de circulation perméables au sein des emprises de la CPV** (Cf. encart n°26 et encart n°27). Cela suggère de diviser le site en plusieurs « exclos » de façon à permettre le passage de la faune sauvage au sein de ces couloirs dont la largeur, la longueur et l'aménagement écologique sont à adapter aux espèces ciblées. L'objectif premier de ces couloirs faunistiques est de permettre le cheminement des espèces pour lesquelles la clôture est étanche (p. ex. ongulés). Ils peuvent aussi améliorer la circulation des espèces plus petites, capables de traverser les clôtures, mais que les équipements au sol ou la modification des habitats au sein de la CPV gêneraient dans leurs déplacements.

Pour positionner ces couloirs, il convient de tenir compte des facteurs de fragmentation existant autour des CPV (murs, murets, gabions, bordures, barrières diverses, fossés, voiries, autres clôtures, zones urbanisées, etc.) et de baser la réflexion sur

Références :

²⁹⁷ P. ex. (Paige, 2015) ou (Paige, 2012).

²⁹⁸ (CEREMA, 2021). Cette recommandation offre une précaution supplémentaire par rapport à l'éloignement minimal de 1.5 m

recommandé de façon générale sur certains bassins versants, hors contexte CPV.

²⁹⁹ (Schlup et al., 2021)

les habitats à connecter de part et d'autre de la CPV³⁰⁰. Selon les enjeux propres à chaque projet, il pourra s'agir de maintenir des connexions soit entre habitats identiques pour favoriser le passage des espèces qui leur sont inféodées (p. ex., continuité des massifs boisés pour les cervidés ou d'un linéaire de haie) ; soit entre habitats complémentaires dans le cycle de vie des espèces ciblées (p. ex., habitat forestier et mares de reproduction pour des amphibiens ou pour l'abreuvement des espèces forestières).

Un aménagement écologique de ces couloirs faunistiques doit également être prévu (Cf. R.T.7).

- **Limiter les plans en U ou en étoile et favoriser les formes ramassées** : des clôtures en « cul de sac » peuvent piéger temporairement ou bloquer la fuite d'animaux qui y pénètrent³⁰¹. Les formes ramassées limitent les linéaires de clôtures avec lesquels les animaux doivent interagir (ill. 82).
- **Laisser une bande libre suffisante entre la clôture et les routes à proximité**, de façon à ce que les animaux qui les traversent puissent rapidement sortir de la zone à risque de collision et cheminer en sécurité. Cela évite de renvoyer sur la route les animaux qui cherchent simplement à contourner l'exclos. Toutefois, nous n'avons pas identifié à ce stade d'étude ni de base de réflexion sur le retrait minimal à prévoir selon les taxons : ce point reste à investiguer.



Attention, ce paragraphe traite uniquement des clôtures d'exclusion des CPV et non des clôtures de sécurisation des routes.

- **Mener de concert la réflexion sur la localisation des clôtures et des mesures environnementales**, ceci afin d'éviter toute atteinte aux fonctions écologiques restaurées par ces mesures.
- **« In / out »** : Pour chaque aménagement ou mesures environnementale, il est recommandé de s'interroger au cas par cas sur l'intérêt ou les inconvénients de les localiser dans ou hors exclos. Sont-elles à éloigner des clôtures ? Est-il attendu un rôle de refuge pour l'exclos de la CPV ? D'un côté, l'accessibilité des mesures environnementales pour la faune qu'elles cherchent à promouvoir est tributaire de la perméabilité des clôtures, mais a contrario, ces aménagements écologiques peuvent accroître la

pression animale sur les clôtures par des espèces qui chercheraient à les rejoindre (Cf. R.M.6). Il est aussi conseillé d'anticiper les risques de piétinement aux abords extérieurs de la clôture par du bétail ou par des promeneurs réguliers (p. ex. sentiers « informels ») afin de ne pas impacter d'habitat ou station floristique à enjeux.

Cas particulier : les CPV en réaménagement d'anciens sites.

Au regard des enjeux naturalistes identifiés, des contraintes historiques et des enjeux sécuritaires sur la future CPV, l'ancienne clôture est-elle à conserver, à adapter, à rescinder ou à enlever ? Si elle est conservée (au moins en partie), quels seront ses effets cumulés avec les clôtures du nouveau projet ?

Lorsque des CPV sont envisagées sur des sites déjà clôturés (friches industrielles ou militaires, anciens centres d'enfouissement techniques, etc.), il est recommandé de repenser la perméabilité écologique de l'ensemble du site, en incluant les clôtures préexistantes et le dispositif d'exclusion du futur projet, sans postuler a priori de la conservation de l'existant. Cela peut être l'occasion de supprimer des obstacles (p. ex., effacement ou création d'ouvertures dans les clôtures). Dans tous les cas, il est recommandé d'effacer les structures obsolètes ou endommagées en déposant les clôtures inutiles et en rebouchant les trous au sol. A minima, il est recommandé que les clôtures rehaussées soient rendues visibles pour la faune dans les zones sensibles (Cf. R.T.5).

Dans la stratégie d'exclusion, il est toutefois nécessaire de **tenir compte des éventuelles limites et contraintes qu'imposerait l'usage historique du site** : p. ex., délaissés d'aérodrome, ancienne ICPE ou périmètres de protection de risques technologiques comme dans le cas de CPV implantée sur d'anciens Centres d'Enfouissement Technique voire sur le périmètre d'une ancienne mine d'uranium.

Références :

³⁰⁰ (MEEDAT, 2009)

³⁰¹ (Schlup et al., 2021)



ill. 80. Exemple de clôture préexistante conservée à l'extérieur d'une nouvelle.
Il s'agit ici d'un ancien centre d'enfouissement technique (déchets non dangereux) réaménagé en CPV.
(flèche verte : ancienne clôture, flèche jaune : nouvelle clôture)
(photos : C. Buton)



ill. 81. Ancien terrain militaire réaménagé en CPV.
Le grillage simple torsion est surmonté d'un bavonet à trois rangs de barbelés. (Photo : © S. Foli, Auddicé Environnement)

encart n°26. « Quelle surface maximale enclore ? Quel espace définir entre deux zones clôturées lorsque les clôtures sont étanches pour la grande faune ? » - pistes de réflexion

À ce jour, la connaissance scientifique permettant de définir avec précision les dimensions des couloirs faunistiques reste à développer³⁰². Les éléments qui suivent constituent des pistes de réflexion au regard de la connaissance sur la biologie des espèces ciblées et des retours d'expérience issus des infrastructures de transport. Il convient de les adapter au cas par cas au regard des enjeux écologiques identifiés au sein de chaque projet.

Y a-t-il une largeur minimale pour un couloir entre deux grillages ?

En raison du risque « d'effet couloir » (Cf. 3.3.4), la question de la largeur des couloirs faunistiques recoupe celle de la longueur des cheminements nécessaires pour les atteindre et les emprunter. Dès lors, s'interroger sur la dimension des couloirs implique de s'interroger sur la surface de chaque zone unitaire clôturée.

Afin de rétablir les continuités écologiques interrompues par les infrastructures de transport, le CEREMA recommande que les ouvrages dédiés à la faune (écoponts) aient une largeur minimale de 20 m (+/- 5 m)³⁰³. Les nombreux retours d'expérience en la matière depuis les années 1980 montrent que cette largeur est suffisante pour de nombreuses espèces de petite et grande faune. Elle convient notamment pour le Chevreuil et le Sanglier, mais serait à étendre à au moins 25 m (+/- 5 m) si le Cerf est présent ou attendu en recolonisation. Toutefois, si les écoponts correspondent généralement à des longueurs de traversée rarement supérieures à 50 m (soit la largeur d'une autoroute ou d'une voie ferrée à grande vitesse), cette longueur sera souvent largement dépassée entre deux zones clôturées d'une CPV, avec un risque d'accentuer encore « l'effet couloir ».

En l'absence d'autre référentiel, nous suggérons de transposer la recommandation faite pour les écoponts au cas d'un couloir traversant deux zones grillagées étanches aux ongulés. Ainsi, lorsque les clôtures des CPV sont étanches pour la seule grande faune et qu'elles sont situées dans des secteurs où ces espèces sont présentes ou attendues et que l'expertise écologique conclut à un impact fort au regard du linéaire clôturé, cela conduit à recommander par précaution des couloirs faunistiques d'au moins 20 m de large³⁰⁴. Cette recommandation vise à favoriser au mieux la continuité écologique pour la majorité des individus même si on observe que des sangliers et des chevreuils peuvent parfois emprunter des couloirs grillagés de quelques mètres de large et sur plus de 100 m, notamment en l'absence de dérangement extérieur³⁰⁵.

Lors de l'expertise au cas par cas de chaque projet, nous suggérons d'adapter cette largeur minimale, afin de tenir compte de l'éventuel sentiment d'insécurité des animaux au regard de ce qui se trouve derrière la clôture dans les zones encloses (présence humaine, équipements, etc.) et qui pourrait encore accentuer « l'effet couloir ». L'impact visuel des panneaux photovoltaïques en arrière-plan pour les animaux s'engageant dans les couloirs reste également à étudier.

Enfin, la circulation régulière d'engins sur une piste même non bitumée (p. ex. piste agricole ou forestière) constitue une gêne et réduit la largeur des habitats naturels présents. Nous suggérons pour les CPV de chercher à limiter la fréquentation humaine sur les couloirs faunistiques : leur accès pourrait être interdit physiquement aux véhicules, à l'aide de dispositifs appropriés (p. ex., plots, barrières avec au besoin une barre relevable pour des interventions techniques). Idéalement, ces couloirs ne devraient pas accueillir à terme de piste (agricole, forestière, ou a fortiori un tracé de quad ou de motocross, etc.). À défaut, il est recommandé ici de décaler la piste (non revêtue) d'un côté et de majorer la largeur du couloir d'environ 5 m par extrapolation des recommandations faites dans le cadre d'ouvrages faunistiques³⁰⁶.



Sémantique : « couloir ou corridor ? » Pour une circulation entre zones clôturées, c'est le terme de « couloir faunistique » qui a été retenu ici par distinction avec les « corridors » d'enjeux locaux, régionaux ou nationaux de la Trame Verte et Bleue

Références :

³⁰² Rejoignant en cela l'avis de Sawyer et al. (2022).

³⁰³ (CEREMA, 2021)

³⁰⁴ Cela rejoint aussi les recommandations de la Société Suisse de

Protection des Animaux (Schlup et al., 2021).

³⁰⁵ C. Buton aux abords de CPV, V. Vignon entre enclos forestier et autoroute grillagée (comm. pers.).

³⁰⁶ (CEREMA, 2021)

encart n°26 suite

Y a-t-il une longueur maximale ?

- **En cas de présence de grands mammifères :**

Les ongulés peuvent aisément se détourner de quelques centaines de mètres pour contourner un espace clos, sous réserve que d'autres clôtures ne les gênent pas. Néanmoins, il faut veiller à limiter « l'effet barrière » en restant cohérent avec les aptitudes de déplacement des animaux, et à limiter « l'effet couloir » entre exclos grillagés. Réduire les longueurs de clôture contribue aussi à limiter le risque que des animaux ne cherchent à les traverser « en force ». C'est pourquoi, lorsque les clôtures des CPV sont étanches pour la grande faune, nous suggérons de retenir **une longueur de traversée d'environ 500 m maximum³⁰⁷** et de privilégier **des formes d'exclos « ramassées » plutôt qu'allongées³⁰⁸** (ill. 82). Au final, la longueur maximale des secteurs clôturés suggérée est d'environ 500 m de côté ; soit, en première approche, **une taille maximale de chaque exclos unitaire d'environ 25 ha³⁰⁹**. On notera que cette surface maximale de 25 ha est déjà significative pour le Chevreuil pour lequel cela peut représenter l'équivalent d'un territoire entier³¹⁰. À ce niveau, les couloirs pourraient ne plus concerner que des déplacements saisonniers (essaimage, reproduction), et non plus ses déplacements quotidiens (alimentation, repos, etc.).

À noter que cette surface maximale d'exclos doit être adaptée au cas par cas, afin de tenir compte du contexte « naturel » de part et d'autre de la CPV et de l'importance de la continuité écologique impactée.

En pratique, il conviendra de s'interroger sur :

- la largeur encore emprutable par les animaux par rapport à la largeur désormais condamnée ;
- la possibilité pour les ongulés, de cheminer dans les habitats de part et d'autre de la CPV ;
- la conservation de zones de gagnage ou de refuge fonctionnelles aux abords de la zone clôturée (densité, localisation, accessibilité pour les animaux) ;
- la présence d'infrastructures de transport ou d'obstacles contrignant ce(s) passage(s) ;
- etc.

En clair, l'impact d'un exclos de 25 ha implanté au cœur d'un vaste massif serait probablement plus faible que s'il est implanté dans un environnement où les habitats sont déjà fortement fragmentés, et donc les déplacements déjà entravés. Là encore, l'expertise au cas par cas permettra d'adapter les surfaces unitaires maximales à clôturer.

Ces seuils indicatifs (ill. 84) visent aussi à ne pas trop multiplier les exclos ni les interactions des animaux (tous taxons confondus) avec les clôtures. Des retours d'expérience documentés seront nécessaires pour affiner ces recommandations. Cela suppose la mise en place éventuelle de suivis, portant d'une part sur la fréquentation des couloirs et d'autre part sur les modifications d'itinéraires empruntés (protocole avant / après projet) à l'échelle de la zone d'étude ou du territoire élargi.

- **En cas de présence de plus petites espèces (mammifères, reptiles) :**

Les seuils de surface maximale des exclos et de dimensionnement des couloirs faunistiques précités seraient à diminuer si la clôture exclut aussi des espèces peu mobiles (taille des mailles ou des passages réservés pour la faune) ou si les conditions au sein des exclos entravent leur traversée du fait p. ex., de la modification des conditions d'habitats voire de leur destruction au sein des exclos (engendrant des comportements d'aversion) ou de la création d'obstacles au niveau du sol.

(article rédigé en lien avec M. Narce - FRC PACA, Th. Chevrier - FDC 05 et V. Vignon - OGE)

Références :

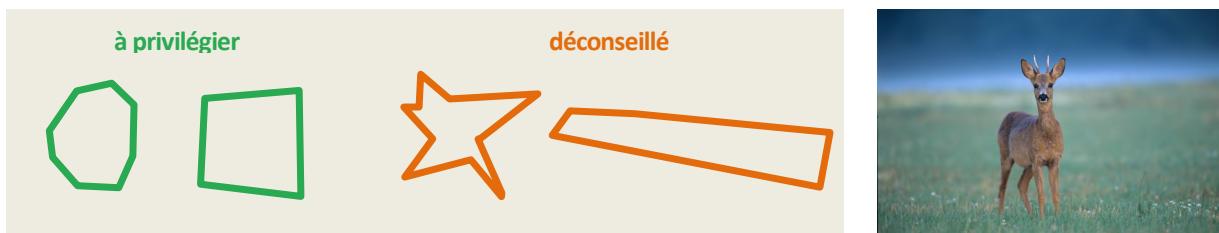
³⁰⁷ Pour mémoire, dans un contexte autre que les CPV, une circulaire wallonne de 2013 relative à la chasse aux clôtures donne un seuil de 300 m (Stevens and Reffay, 2019).

³⁰⁸ Pour mémoire, aux USA, la réflexion sur les itinéraires de déplacement d'ongulés migrateurs mais aussi sédentaires a conduit à modifier le contour des clôtures d'une CPV en « supprimant » un angle de clôtures

et à retenir le principe d'un couloir non clôturé de 50 m entre la clôture de la CPV et celle d'une autoroute proche (Sawyer et al., 2022, *webfigure 1*) – Cf. encart n°21.

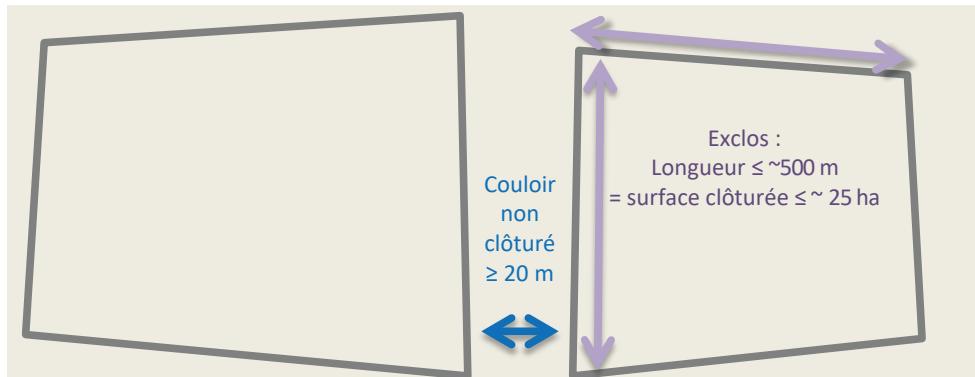
³⁰⁹ En Allemagne, Bildungszentrum Triesdorf (n.d.) recommande des corridors de 10 m de large et des CPV de 10 ha maximum.

³¹⁰ Portail technique de l'OFB (OFB, n.d.).



ill. 82. Plans de masse des exclos suggérés ou déconseillés, visant à limiter les effets sur la faune. Ces principes généraux sont donnés à surface constante et à titre indicatif. Ils sont à adapter par une expertise faunistique locale. P. ex., on évitera de barrer un corridor écologique identifié.

ill. 83. Chevreuil.
(Photo : © F. Fève)



ill. 84. Proposition de dimensionnement des exclos et d'un couloir faunistique dans le cas où seule la grande faune est exclue. Ces principes généraux sont à adapter par une expertise faunistique locale. P. ex., on tiendra compte de la largeur de la continuité écologique impactée et des possibilités que les animaux cheminent encore de part et d'autre de la zone clôturée.



ill. 85. Fossé en terre partiellement obstrué. Ici, la clôture périphérique enjambe un fossé dont la sortie de buse a ensuite été en partie bloquée par une barrière de chantier. Les broussailles et les embâcles (déchets) accentuent la fermeture du passage. Autant que possible, il est recommandé de maintenir des couloirs faunistiques perméables à la faune de part et d'autre des thalwegs et des écoulements, car ce sont des voies de cheminement préférentiels pour les animaux. (photo : C. Buton)



ill. 86. Exemples de voirie scindant une CPV. Les voiries traversant les CPV sont une opportunité pour réduire l'effet barrière des clôtures, sous réserve qu'elles soient peu fréquentées et que la largeur de la zone en végétation de part et d'autre ainsi que l'état de végétation soient adaptés au cheminement des espèces locales. Les abords des pistes ne sont toutefois pas l'équivalent de couloirs faunistiques spécifiques *a fortiori* lorsqu'elles sont régulièrement circulées. (photos : à gauche : © M. Bramard - OFB, à droite : © V. de Billy, OFB)

encart n°27. Un exemple de plan masse intégrant les enjeux de fragmentation écologique.

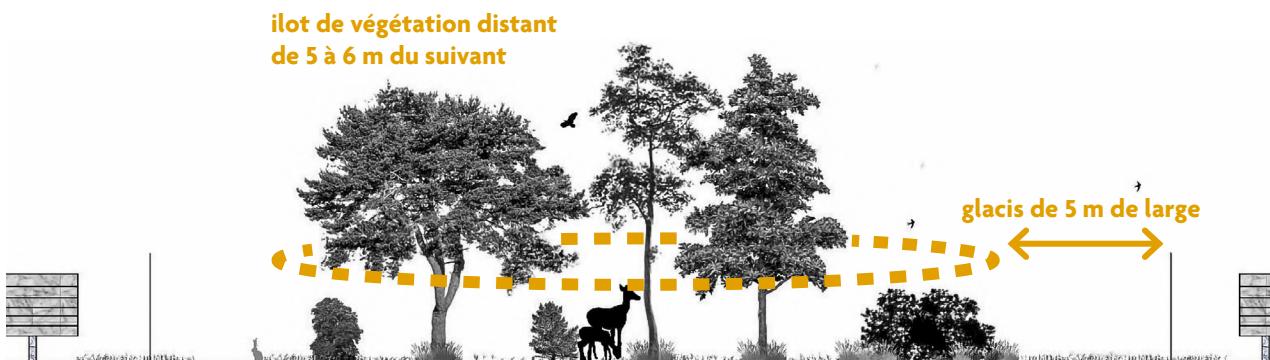
Sur ce site, la clôture vise la prévention des intrusions humaines ainsi que l'étanchéité aux ongulés, Blaireau et Renard (2 m de haut avec des mailles au sol de 15 cm de large X 10 cm de haut). Afin de concilier biodiversité, préservation du paysage et prévention du risque incendie, la concertation avec les services de l'Etat et le SDIS a conduit à retravailler le plan masse pour aboutir à 15 emprises clôturées séparément. Entre elles, des couloirs faunistiques d'axe nord – sud (ill. 87) permettent le maintien d'arbres à gites et d'espaces favorables principalement au transit des chiroptères ainsi que des oiseaux et de l'ensemble de la faune terrestre en connectant des milieux sensibles (chênaies pubescentes et mares maintenues hors des emprises clôturées) et des espaces pastoraux.

Ces couloirs ont une longueur maximale d'environ 500 m. Leur largeur (de 28 m jusqu'à 90 m) a été adaptée aux enjeux de grande faune présents localement (Cerf élaphe, Chevreuil européen, Sanglier). En concertation avec les pompiers et les services de l'Etat, ces couloirs conserveront leur couvert arboré : au titre des OLD, et conformément à l'arrêté préfectoral en vigueur, il est prévu de réaliser un débroussaillage alvéolaire afin de maintenir un milieu favorable au déplacement des espèces ciblées (ill. 88). Dans ces couloirs faunistiques, une largeur débroussaillée (glacis) sera maintenue sur 5 m de large le long de clôture. Par ailleurs, des passages à faune (20 cm X 20 cm) ont été aménagés en pied de clôture pour favoriser la traversée des enclos par la moyenne faune.



ill. 87. Exemple de couloirs faunistiques.

Le site est actuellement en cours de finalisation : sur cette photo, le débroussaillage des OLD n'est pas encore réalisé en périphérie des clôtures et sur les couloirs faunistiques. (photo : © PHOTOSOL)



ill. 88. Exemple d'objectifs de végétation retenus sur les couloirs faunistiques d'une CPV actuelle.
(source : © adapté de PHOTOSOL)

R.M.8 Prévenir les effets cumulés du plan de clôture avec d'autres usages

La mise en place d'un nouveau projet clôturé doit évaluer ses effets cumulés et induits avec d'autres installations d'origine anthropique.

Cela peut être l'occasion d'initier une **cartographie locale des clôtures**. Face à la diversité des réalisations (publiques ou privées) et des techniques utilisées, les outils méthodologiques ne sont pas encore définis, ni a fortiori standardisés : leur mise en place dépasse donc le cadre d'un projet CPV. Dans l'attente que de tels travaux soient lancés sur ce volet (voir recommandation R.C.12), pour évaluer les effets cumulés potentiels de ses installations avec les autres projets, il est recommandé ici que le maître d'ouvrage (ou le pétitionnaire), dans le cadre de l'évaluation environnementale de son projet, caractérise les principales clôtures sur une aire d'étude pertinente au regard des enjeux écologiques dégagés dans le diagnostic³¹¹, ainsi que les autres projets en cours sur ce même périmètre. Cette cartographie pourra porter, selon les espèces de faune concernées, sur un périmètre de quelques dizaines à quelques centaines de mètres autour du projet.

Par ailleurs, dans la définition du projet de CPV et afin d'anticiper les risques de cumul des facteurs de fragmentation, la mise en place de **zones tampons** en périphérie des exclos envisagés est recommandée ici, a minima dans les secteurs où les enjeux écologiques sont les plus élevés. Cela implique de sécuriser une **bande de terrain perméable à la faune tout autour de la clôture périphérique de la CPV**, afin d'éviter que des clôtures riveraines viennent se refermer sur celles de la CPV, ou que des aménagements (p. ex. murs, bâtis, caniveaux, bordures) ne viennent restreindre le cheminement de certaines espèces. La caractérisation de ces zones tampons serait à adapter au cas par cas pour tenir compte du contexte et des enjeux écologiques locaux (espèces, habitats et corridors).

Cela peut nécessiter la **maîtrise foncière ou la maîtrise d'usage de cette bande de terrain périphérique** via des conventions passées avec des acteurs locaux de préservation et de gestion des milieux (agriculteurs, éleveurs, instances cynégétiques, etc.).

Il est suggéré d'étudier la possibilité de mutualiser ces zones tampons avec les bandes de débroussaillage obligatoires au titre de la prévention incendie (« bandes OLD »). Le cas échéant, cela nécessitera d'analyser la compatibilité des objectifs faunistiques sur ces éventuelles zones tampons avec les spécifications techniques fixées dans les arrêtés préfectoraux : p. ex., largeur des OLD au regard des corridors écologiques locaux impactés par la zone clôturée, possibilité ou non de conserver des îlots de végétation, hauteur maximale de végétation admise.

En cas d'impacts négatifs résiduels significatifs du projet sur la biodiversité, des **mesures de compensation** peuvent être proposées afin de réduire ou supprimer des éléments fragmentant les milieux naturels aux alentours du projet, de rétablir des interconnections entre biotopes³¹² ou encore de restaurer des corridors écologiques³¹³ : p. ex., dépose, aménagement ou mise en visibilité de clôtures, ouverture de passages dans des murets, etc. Ces actions sont à étudier en concertation avec les propriétaires concernés.

Au niveau de l'État et des Collectivités, une réflexion serait à mener pour pérenniser le cas échéant ces zones tampons au-delà de la durée d'exploitation de la CPV. Il peut d'agir de les intégrer dans les documents d'urbanisme et de planification territoriale ou de les doter d'un statut de protection réglementaire.

Références :

³¹¹ Voir le principe de détermination de l'aire d'étude dans (MEDDTL, 2011).

³¹² Exemple de mesures en Allemagne (MEEDAT, 2009).

³¹³ Pour la France, dans le cadre p. ex. de la mesure de compensation C2.1f du Guide d'aide à la définition des mesures ERC (Alligand et al., 2018).

4.2 Recommandations techniques

Les recommandations ou suggestions qui suivent sont à adapter à chaque projet au regard notamment des autres enjeux ou contraintes applicables au projet (sécurité, paysage, prévention des inondations, etc.).



R.T.1 Envisager des alternatives possibles aux clôtures

Cette étape technique fait écho à l'étape méthodologique R.M.1

L'exclusion périphérique par des clôtures n'est qu'un élément dans la panoplie possible de dispositifs de sécurisation anti-intrusion humaine (*encart n°24*). Aussi, il convient d'analyser au cas par cas si des clôtures grillagées sont nécessaires / imposées / facultatives et d'évaluer les éventuelles alternatives possibles pour le projet conformément au principe de prévention des incidences à la source (Cf. article L. 110-1 du CE).



« Des alternatives de moindre impact sont-elles envisageables ? »³¹⁴

1. « **Est-il possible de réduire le niveau « anti-intrusif » de la clôture en ajoutant au besoin d'autres mesures (alarme, vidéosurveillance, etc.) ?** »

L'intérêt général pour la faune est de réduire au maximum la hauteur des clôtures et de libérer le plus grand espace possible au niveau du sol. Pour chaque type de CPV et chaque secteur au sein de l'emprise des projets, ceci suppose d'identifier au préalable les limites admissibles d'un point de vue sécuritaire (Cf. RM.5).

2. « **Est-il possible de remplacer une partie du linéaire de clôture par des haies vives, voire d'épineux ?** »

Cela peut être recommandé pour clôturer des terrains en dehors du contexte particulier des CPV, comme p. ex. dans le SRADDET de la Région Centre - Val de Loire³¹⁵. Cependant, nous n'avons pas connaissance d'exemple mis en œuvre autour de CPV, bien que cela soit recommandé dans ce contexte p. ex. aux Pays-Bas dans le cadre de travaux universitaires³¹⁶, y compris au regard des coûts financiers.³¹⁷



En Allemagne, il peut être recommandé³¹⁸ la plantation d'une haie d'épineux typiques de la région sur au moins 20 % de la longueur de la clôture et sur une largeur de 6 m afin d'améliorer l'intégration paysagère et de mettre en réseau des biotopes, l'insertion paysagère de la CPV pouvant inclure sa dissimulation par des végétaux de grande taille³¹⁹. Si l'absence de clôture y est recommandée « dans la mesure du possible », en revanche la possibilité de son remplacement par des haies ne semble pas explicite.

Une haie présente un intérêt défensif si elle est constituée d'épineux denses. La question de s'en servir de clôture autour d'une CPV reste toutefois à évaluer au cas par cas sur chaque site et tout au long du périmètre envisagé au regard des attentes sécuritaires pesant sur le projet (Cf. recommandation RM.1), ainsi que des contraintes techniques qu'entrainera cette végétalisation aux abords de la CPV (Cf. encart n°29). En effet, selon les sites, la bonne reprise des plantations peut nécessiter un arrosage et des opérations de dégagement (p. ex., fauchage pour limiter la concurrence herbacée) voire, selon les essences, des tailles pour augmenter la ramifications. Par ailleurs, en attendant qu'une telle haie se développe et devienne suffisamment dense pour être dissuasive, une période transitoire restera sans doute à gérer par d'autres moyens. Le cas échéant, il est donc recommandé de formaliser un plan de gestion (taille et plantations complémentaires si besoin en cas de déprérissement, etc.).

Des expérimentations sur sites pilotes seraient utiles afin de préciser la palette d'essences (p. ex. par région biogéographique) et les conditions de mises en œuvre. Ces tests permettraient de préciser le délai à attendre pour qu'une telle haie défensive soit pleinement fonctionnelle et par conséquent le délai à attendre avant de déposer la clôture provisoire (en fonction aussi de la taille des végétaux à la plantation). Ces tests pourraient concerner des projets nouveaux, mais aussi des CPV existantes dans la perspective de pouvoir éventuellement déposer à terme certains linéaires de clôtures.

Références :

³¹⁴ Problématique rappelée par (Jakes et al., 2018).

³¹⁵ (Région Centre Val de Loire, 2020)

³¹⁶ (Klaassen et al., 2018)

³¹⁷ (Matar, 2020)

³¹⁸ (Bildungszentrum Triesdorf, n.d.)

³¹⁹ (MEEDAT, 2009)



R.T.2 Choisir des équipements sécuritaires, pérennes et écologiques

En l'absence d'alternatives possibles, dès l'origine du projet, il est nécessaire de s'assurer que la conception de la clôture et le choix du matériel répondent aux attentes sécuritaires du maître d'ouvrage sur le long terme (i. e. la durée de vie de l'exploitation) afin d'éviter les consolidations, renforts ou changements de matériels ultérieurs, au risque que les enjeux écologiques soient alors de fait oubliés (Cf. R.M.I.). C'est aussi dans une perspective écologique qu'il semble important de se questionner dès l'amont sur la technique de clôture envisagée et d'anticiper au besoin et au cas par cas sur chaque secteur les points suivants :

- risque de passage humain par en dessous ;
- risque que les mailles de la clôture puissent « servir d'échelle » pour une intrusion humaine (lorsque le pied peut prendre appui sur les fils horizontaux) ;
- vulnérabilité au vandalisme ;
- fragilité lors des entretiens.

Selon le site et le secteur concerné, certains de ces risques pourront éventuellement être admis par le maître d'ouvrage au regard des autres mesures de sécurisation prévues sur le site.

Autres exemples :

- Si la grande faune est à exclure de certains secteurs, des choix techniques initiaux trop « légers » ou inadaptés à la topographie ou aux conditions de sol (pierrosité, érosion, etc.) risquent d'être mis en défaut (*dans le cas du sanglier, voir encart n°28*).

- Dans les secteurs où les lapins sont en forte densité, il est suggéré de les intégrer en amont dans la réflexion afin de préciser avec le maître d'ouvrage s'ils entraînent un risque sur les installations au sol (câbles). Au sein des CPV, les réseaux sont généralement enterrés, mais il peut rester des câbles en surface sous les panneaux. Le creusement peut par ailleurs être interdit sur certains sites selon l'historique du site ou des contraintes géotechniques particulières. Un simple brochage au sol du pied de clôture risque d'être rapidement inefficace, les lapins creusant dessous. Le passage répété de petits animaux fouisseurs favorise le passage ensuite de plus gros (blaireaux, sangliers). Mais une éventuelle sécurisation de la clôture face aux lapins peut pénaliser le reste de la petite faune (p. ex., mailles réduites, enfouies ou renforcées hors-sol). Le cas échéant, il est recommandé d'étudier si des alternatives sont possibles (p. ex., fourreaux de protection ?).



Il est recommandé d'assurer une concertation technique avec les futurs exploitants et de tenir compte des retours d'expérience locaux (p. ex., entreprises de travaux locales, agriculteurs, naturalistes, chasseurs). Les choix peuvent dépendre du « vécu » sur des réalisations similaires, des conditions de sol (p. ex., possibilité ou non d'enterrer la clôture) ou climatiques locales (p. ex., résistance à la neige) ou encore de la « pression » animale attendue (p. ex., la densité des sangliers peut influer sur le choix de la technique de renforcement au sol).

encart n°28. Des clôtures étanches aux sangliers ?

L'étanchéité à la grande faune fouisseuse (notamment le sanglier), est conditionnée par le type de matériel (hauteur, tailles des mailles, résistance et diamètre des fils) autant que ses conditions de mise en œuvre. En particulier, une clôture souple (à grandes mailles ou en simple torsion) est inefficace contre les sangliers si elle est simplement posée au ras du sol. Si c'est une clôture de ce type qui est envisagée dans le projet et tout particulièrement dans les secteurs à forte densité de sangliers, il est recommandé ici qu'elle soit de préférence enfouie sur 30 à 50 cm³²⁰, ou de la renforcer par un renfort grillagé replié et plaqué au sol par des ancrages suffisamment résistants. Différentes techniques sont envisageables en fonction des contraintes de sites et de la fréquentation animale attendue. On pourra se reporter p. ex. au guide du CEREMA sur les clôtures routières et ferroviaires pour la faune sauvage³²¹.

Les grillages rigides posés hors-sol peuvent également présenter des points de faiblesses lors de tentative de forçage par des sangliers au niveau du raccord au poteau ou si la partie basse est trop souple. Par ailleurs, les techniques faisant appel à renforcements et des fondations linéaires maçonnes sont en général déconseillées dans le cadre de ce guide de façon à conserver une perméabilité pour la pédofaune.

Références :

³²⁰ Recommandation du CEREMA sur les infrastructures de transport (Carsignol et al., 2019).

³²¹ (Carsignol et al., 2019).



ill. 89. Sanglier.
(photo : C. Buton)



ill. 90. Blaireau européen.
(photo : © F. Fève)



ill. 91. Lapin de garenne.
(photo : © F. Fève)



R.T.3 Poser uniquement des poteaux inoffensifs

Il est recommandé ici d'utiliser :

- soit **des poteaux sans orifice sommital**, c'est à dire :
 - en matériau plein (p. ex. en béton, bois, voire en plastique recyclé) ;
 - ou obstrué d'origine (par pliage ou soudage) ;
 - ou de section ouverte (p. ex. en U ou en C vu de dessus).
- soit **de les équiper d'un capotage pérenne**. Dans ce cas, des précautions sont à prendre pour garantir leur tenue et leur bonne fixation dans le temps (p. ex. tenue au vent). Dans les contrats de fournitures et pose, il est possible d'étudier l'insertion de clauses de garantie, ou encore de prévoir la réalisation de tests simples de résistance à l'arrachage manuel.

Le type de poteaux est à adapter au grillage (résistance et type d'accrochage), mais on rappelle que des poteaux de plus gros diamètres renforcent la visibilité de la clôture pour les oiseaux notamment. Le retour d'expérience actuel n'étant basé que sur les clôtures pastorales ou forestières (p. ex. intérêt des poteaux bois : voir encart n°8), des tests ou suivis de sites seraient à mener pour étoffer la gamme des poteaux et plus globalement des clôtures utilisables autour des CPV :

- diamètre et couleur des poteaux, etc.
- type de grillage : taille des mailles, diamètres des fils, couleur, etc.



Les capots sont à poser immédiatement dès le fichage vertical des poteaux (ne pas attendre la mise en place du grillage !). Leur bonne installation est à vérifier « poteau par poteau » lors du chantier. Il est suggéré ici que leur présence soit ensuite contrôlée périodiquement tout au long de vie de la CPV et jusqu'à leur dépose (p. ex. par les équipes de maintenance ainsi que ponctuellement à l'occasion du passage lors de suivis écologiques post-travaux). Un seul poteau non obstrué peut être mortel, a fortiori dans des milieux pauvres en cavités où son attrait sera décuplé. Il est donc recommandé que le remplacement ou l'adaptation soit fait dès qu'une anomalie est détectée (p. ex. vissage du capot). Le contrôle pourrait être allégé pour les systèmes verrouillés à l'origine : p. ex., certains capots de clôture rigide sont équipés de crochets de blocage par la grille (ill. 96). Il est recommandé ici de vérifier que la séquence de montage inclut la pose immédiate du capot dès le fichage du poteau (p. ex. via une clause contractuelle).



ill. 92. Exemple de poteau de section ouverte.
Les poteaux de section ouverte sont a priori moins susceptibles d'attirer des espèces en quête de gîte et leur ouverture verticale laisse des possibilités de fuite

ill. 93. Certains capots simplement emboités peuvent s'arracher.

(toutes photos : C.Buton)



ill. 94. Sur cette CPV, un seul poteau n'était pas capoté car il avait été recoupé après la pose.



ill. 95. Soulèvement ponctuel d'un capot.
L'enfoncement et la bonne tenue des capots sont à vérifier poteau par poteau par une personne et de façon régulière pendant toute l'exploitation du site.



ill. 96. De nombreux systèmes de capots existent selon les poteaux :
ici un crochet le bloque au grillage rigide.

(toutes photos : C.Buton)



R.T.4 Utiliser des matériels inoffensifs pour la faune

Il est recommandé ici :

- **d'éviter les fils de types barbelés, y compris ceux équipés de lames (« barbelés américains »).** Néanmoins, si des contraintes particulières de sécurité existent sur certains secteurs fonctionnels ou aménagements connexes de la CPV (*encart n°25*) et pour lesquels aucun dispositif alternatif aux barbelés n'est possible, il est recommandé ici de chercher à limiter les linéaires équipés de barbelés à picots ou à lames en constituant des enceintes spécifiques de taille réduite. D'autre part, sur ces secteurs limités à hauts enjeux sécuritaires, il est recommandé a minima **d'éviter de placer les barbelés en partie haute des clôtures** (c. à d. sur le dernier rang) en étudiant leur pose plus bas sur la nappe de grillage, ainsi que **d'éviter les zones de passage de la faune terrestre** (c. à d. fil du bas de la clôture et pourtour des orifices de passage de la faune). Toutes les clôtures devant rester équipées de barbelés seraient à munir de dispositifs de marquage pour être identifiées par les espèces volantes.
- **d'éviter les clôtures avec des extrémités (en haut et en bas) saillantes susceptibles de piquer, de griffer ou d'empaler un animal.** Il est préférable que les extrémités soient planes³²² et que, le cas échéant, l'extrémité des grillages simple torsion soit « aboutée » (c. à d. avec un rebouclage des fils 2 à 2 en arrondi - *ill. 97*). Pour les clôtures rigides, il est suggéré ici par précaution de privilégier celles non munies de « picots » saillants ou tout au moins ceux qui ne semblent pas pointus ni coupants au toucher : un suivi de réalisations passées permettrait peut-être à terme d'attester formellement leur caractère inoffensif ou non pour la faune.
- **de chercher à limiter la hauteur des clôtures** notamment sur les principales trajectoires de vol dans les zones à enjeux (oiseaux, chiroptères) pour limiter les risques d'interactions. Toutefois, même des clôtures de moins de 2 m de haut peuvent occasionner des collisions d'oiseaux³²³ ce qui rappelle l'intérêt d'assurer la bonne visibilité des clôtures (*Cf. recommandation R.T.5*).

Dans des zones vives en cervidés ou sur leurs axes de passages réguliers, il est suggéré, en plus de la création de couloirs faunistiques qui leur soient accessibles (*Cf. recommandation R.M.7*), de **ne pas créer de pièges écologiques et donc :**

- **d'éviter de placer au droit immédiat des clôtures (à l'intérieur des enclos) des éléments susceptibles d'attirer des animaux** (p. ex., stock de fourrage d'appoint pour le bétail d'entretien en période hivernale, pierres à sel, points d'eau en période sèche) ;
- **d'éviter l'installation de portails dont l'écartement interbarreaux est supérieur à 10 cm environ** ;
- **d'éviter si possible l'usage de dispositifs saillants en partie haute** (pics défensifs, picots) si les clôtures font au total moins de 2,00 m de haut en zone à chevreuils ou 2,60 m en zone à cerfs³²⁴.

Enfin, dans le cas où la clôture serait doublée intérieurement d'une clôture électrique anti-intrusion humaine, l'effet cumulé de celle-ci est à prendre en compte pour limiter les risques d'électrocution des animaux et de les bloquer entre les deux clôtures³²⁵ (*voir la possibilité de transposer les recommandations données en cas de clôtures pastorales : R.T.10*).



Dans l'éventualité où des espèces de petite taille seraient à exclure de certains secteurs de la CPV (cas sans doute exceptionnel non rencontré à ce stade), et sous réserve d'évaluer également l'incidence paysagère, il est préférable d'utiliser des dispositifs opaques en lieu et place de grillages à mailles fines car ils sont plus efficaces, résistants et faciles à entretenir. Cela peut éviter par ailleurs que des reptiles s'y coincent ainsi que contribuer de fait à une meilleure visibilité globale des clôtures.



ill. 97. Exemple de grillage simple torsion avec des fils aboutés en partie haute et des poteaux capotés.
(photo : C. Buton)

Références :

³²² (Vellot O. et al., 2020) pour la partie haute, ce guide extrapolant la recommandation à la partie basse pour la faune terrestre.

³²³ Voir les études de collisions de galliformes menées sur des clôtures

pastorales et forestières (*Cf. partie 3.2.2 et son encart n°8*).

³²⁴ Seuils de hauteur minimale retenus par le CEREMA pour sécuriser les infrastructures de transport (Carsignol et al., 2019).

³²⁵ Cas signalés par Visser et al. (2019).



R.T.5 Assurer la visibilité des clôtures

Les études et retours d'expériences sur les grillages souples à grandes mailles incitent à anticiper ce risque pour les grillages des CPV au titre des principes de précaution et de prévention des incidences à la source inscrits au Code de l'environnement (art. L110-1).

En attendant que des travaux précisent un jour ces points, les mesures ci-dessous sont recommandées par précaution. Sous réserve qu'en amont les zones les plus sensibles écologiquement aient été évitées par le projet, ces recommandations visent au moins à atténuer **les situations à risque pour les oiseaux** (Cf. paragraphe 3.2.2 et encart n°8) y compris l'extrême des éventuels couloirs faunistiques (ou bandes non équipées de panneaux photovoltaïques) qui traverseraient la CPV et auraient été maintenus clôturés par nécessité.

Dans les situations à risque pour les oiseaux, les mesures suivantes sont recommandées :

- **Limiter l'usage des grillages galvanisés souples à grandes mailles**, ces matériaux classiquement dits de type « ursus » étant avérés peu visibles. **A minima, le marquage de tous les types de clôtures est suggéré par précaution.**
- **Assurer dès la pose, la visualisation efficace et pérenne de toutes les clôtures** (y compris du fils de tête ou des bavolets rajoutés en crête).

Il est prouvé que la visualisation des clôtures réduit la mortalité due aux collisions chez certaines espèces d'oiseaux³²⁶. Il est possible de s'inspirer des **dispositifs de visualisation** développés notamment en France pour les galliformes tout en gardant à l'esprit la nécessité d'évaluer au cas par cas l'incidence paysagère.

Il s'agit p. ex. :

- de plaquettes blanches, rouges (ill. 98) ou de couleur métal placées à interdistance,
- de rubans blancs (type « clôture à chevaux» déroulés tout au long de la clôture,
- de ganivelles en bois (i. e. « clôtures girondines ») ou, à l'étranger, de barres de bois régulièrement espacées³²⁷. Ces clôtures en bois peuvent être suspendues en hauteur ou accrochées au-dessus d'un grillage à grandes mailles pour favoriser le cheminement de la faune au sol (ill. 100). Les barres de bois peuvent être placées verticalement, voire en biais pour être plus visibles et plus résistantes au vent.



La compatibilité avec les éventuelles prescriptions réglementaires doit être vérifiée (p. ex. documents d'urbanisme et permis de construire). L'évaluation de l'impact paysager est à préciser au cas par cas sur les linéaires de clôtures effectivement concernés.

La faisabilité technique d'une mise en œuvre sur des fils électrifiés est à étudier.



Des tests en France et à l'étranger montrent que de nombreux dispositifs sont perçus par les oiseaux selon les contextes : plaquettes plastiques ou vinyles de différentes couleurs (notamment blanche, rouge ou jaune) munies ou non d'une zone réfléchissante, pendentifs clippables de sécurisation des câbles aériens, filets de chantiers orange et de préférence résistants aux UV, barres de bois de préférence inclinées³²⁸, etc. Des tests sont en cours avec des rubans plastiques horizontaux blancs ou des rubans de scotch colorés et pendants. Aux États-Unis, il est recommandé d'ajouter des dispositifs de visualisation, en particulier le long des infrastructures de transport ou dans les habitats sensibles, afin d'améliorer la visibilité pour les oiseaux de la nouvelle clôture ou de la clôture surélevée. Ces recommandations sont notamment mises en œuvre le long des routes et autoroutes ainsi que dans les espaces agricoles ou naturels : p. ex., au niveau fédéral, le Service de Conservation des Ressources Naturelles (NRCS) a acheté des marqueurs de clôture réfléchissants en plastique à clipser pour équiper plus de 220 km dans l'Utah afin de protéger les tétras des armoises, et les a fournis gratuitement à des personnes et des organisations souhaitant les installer sur des terres privées.³²⁹

Pour connaître l'avancée des retours d'expérience en France : <https://www.observatoire-galliformes-montagne.com/>

D'autres tests sont en cours pour les chauves-souris (en Australie notamment) pour marquer les barbelés lorsqu'ils ne peuvent pas être retirés, avec divers dispositifs proches de ceux utilisés pour les oiseaux³³⁰. En particulier, des « pendentifs » en aluminium ont été posés sur plusieurs km dans le Queensland : aucune collision de chauve-souris n'est intervenue depuis. Pour mémoire, aux États-Unis, des tubes plastiques sont posés en tête de clôture pour permettre aussi que les ongulés visualisent les points de passage.

Références :

³²⁶ (Van Lanen et al., 2017)

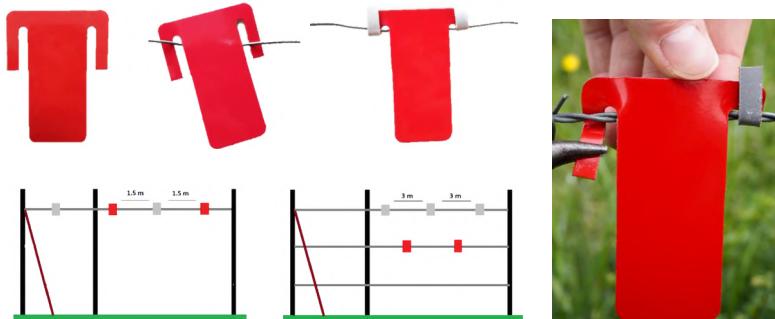
³²⁷ Voir les illustrations dans (Trout et al., 2012).

³²⁸ (Trout et al., 2012), (Van-Lanen et al., 2017)

³²⁹ S. Hedwall, U.S. Fish & Wildlife Service, comm. pers. Voir aussi p. ex. la photo de J. Gagnon dans (van der Ree et al., 2015).

³³⁰ (Flying Fox Supporters Australia, 2021)

- **Privilégier des poteaux de « large » section ou des poteaux en bois³³¹, plutôt que des poteaux métalliques en T.** Le cas échéant, le bois doit être imputrescible y compris pour une utilisation en terre.
- En alternative à la pose de dispositifs de visualisation, étudier la possibilité d'implanter ou de conserver une haie devant certaines portions de clôtures sous réserve d'étudier les contraintes techniques d'insolation des panneaux photovoltaïques. Pour limiter les collisions, les végétaux devront alors atteindre à minima la hauteur de la clôture, être suffisamment denses pour la masquer et ne pas laisser de « fenêtres » ou trouées dans lesquelles les oiseaux peuvent voler directement vers la clôture (Cf. aussi l'encart n°29). Par ailleurs, à ce stade, pour des raisons de contrôle, d'entretien et de dépose en fin de vie, nous ne recommandons pas la végétalisation directe de la clôture par des lianes prises dans les mailles.
- **Assurer un suivi post-travaux des collisions sur les clôtures** (Cf. R.C.1 et R.C.3). Il est prouvé que les mesures de visualisation sont efficaces, mais elles ne suffisent pas à prévenir toutes les collisions³³² : p. ex., elles peuvent être réduites de 57 % à 83 %³³³. En cas de survenue ou de persistance de collisions, des mesures correctives seront à imaginer sur les portions de clôtures en cause (p. ex. masquage par une haie ou occultation complète sous réserve là encore d'éventuelles prescriptions réglementaires et de la compatibilité avec les documents d'urbanisme). Il est recommandé que l'efficacité de ces mesures correctives fasse également l'objet d'un suivi.



ill. 98. Exemple de dispositifs de visualisation de clôtures préconisés pour les galliformes en zones pastorales de montagne.

Ces plaquettes métalliques bicolores peuvent s'utiliser sur tout type de clôture. Les plaquettes sont posées tous les mètres environ. L'alternance des couleurs permet leur bonne visualisation y compris en cas de neige. Le seul inconvénient relevé à l'usage vient de leur mise en drapeau à plat en cas de vent fort. Pour les CPV, le choix du dispositif est à réfléchir aux regards des enjeux paysagers locaux. (Source : © OGM, 2019)

ill. 100. Exemple de clôture alliant ganivelles en bois et grillage recommandée en Écosse afin de limiter les collisions de grand tétras ou de coqs de bruyère.

Selon le niveau d'enjeu, les ganivelles peuvent être déployées en partie haute uniquement ou bien sur toute la hauteur d'un grillage existant. Pour la création de nouvelles clôtures de grande taille (ici, contre des cervidés), il est recommandé de venir rehausser un grillage souple bas par des ganivelles en bois, plutôt que d'ajouter a posteriori des dispositifs de visualisation sur un grillage métallique haut. (photo prise en Écosse : © R. Trout)

Autres exemples de dispositifs de visualisation en bois et conditions d'emploi sur : <https://www.forestryresearch.gov.uk/publications/fence-marking-to-reduce-grouse-collisions/>



En France, les dispositifs de visualisation ont été spécifiquement développés pour répondre à la problématique des clôtures pastorales en zone de montagne : facilité de pose, bonne visibilité selon l'arrière-plan ou la présence de neige, pérennité, absence de glissements sur des fils ronds, résistance au vent et à la neige, coûts, acceptation sociale. De la même façon, à l'étranger, ce sont aussi des espaces pastoraux ou sylvicoles qui ont été étudiés avec des réponses techniques adaptées au contexte écologique et social. Pour des contextes autres (CPV notamment), des travaux de recherche qui intégreraient aussi la dimension paysagère permettraient d'envisager d'autres solutions techniques en jouant p. ex. sur la largeur et la forme des motifs.

Des innovations techniques sont sans doute possibles pour améliorer la visibilité des clôtures pour la faune volante, tout en intégrant la dimension esthétique et paysagère et en limitant les contraintes de maintenance ultérieure. Au-delà d'ailleurs des seules CPV, des réflexions pourraient être initiées avec les fabricants pour intégrer « en usine », dès la fabrication des matériels : 1) des dispositifs de visualisation (p. ex. bandes intercalaires de matériaux plus larges ou de motifs sur les barreaux) ; et 2) des ouvertures pour la faune (p. ex. mailles basales des grillages rigides – Cf. RT.6).



ill. 99. Exemple de dispositifs de visualisation.

En Estrémadure (Espagne), des clôtures autoroutières sont équipées de dispositifs de visualisation destinés notamment à la Grande Outarde.

(Source : © Luis M. Fernández – MINUARTIA)



Références :

³³¹ Résultats d'une étude comparative aux États-Unis (Van Lanen et al., 2017).

³³² (Stevens et al., 2012), (Baines et al., 2003)

³³³ (Van-Lanen et al., 2017) et résultats d'études cités par Paige (2015).

encart n°29. Quelle végétation et comment l'entretenir aux abords des clôtures ?

Le développement de la végétation aux abords des clôtures peut à la fois être un avantage « écologique » et une contrainte technique. Il est à raisonner au cas par cas en associant le concepteur, l'exploitant et le référent en écologie. Sa largeur pourrait également être modulée en fonction du contexte (p. ex. rural ou périurbain).

- *Les haies peuvent abriter une faune et une flore riche et contribuer à la connectivité écologique générale.*
- *À l'extérieur des clôtures, des haies denses ou vulnérantes d'espèces végétales spontanées ou plantées adaptées aux conditions locales peuvent renforcer l'effet dissuasif des clôtures³³⁴ (p. ex. ronces, aubépines, prunelliers, calicotomes, ajoncs). Pour mémoire, en milieu bocager, certaines techniques traditionnelles de taille et de ligature contribuent à créer des haies étanches au bétail par anastomose des branches, et en association avec des essences épineuses.*
- *Les haies peuvent contribuer à limiter le risque que les oiseaux percutent les clôtures sous réserve que la clôture ne les dépasse pas en hauteur et que les végétaux constituent un rideau opaque sans trouées créant un effet « fenêtre ». En attendant la pousse des plants, il est recommandé ici de s'assurer que les clôtures soient bien visibles (choix des équipements ou pose de dispositifs de visualisation : Cf. R.T.5). A contrario, le long des routes fréquentées, le risque que les haies attirent les oiseaux et les incitent à franchir le trafic est également à prendre en compte. Il est recommandé ici de limiter les plantations à proximité immédiate des routes fréquentées et d'éviter les linéaires de haies y aboutissant (risque que des chiroptères les suivent et se fassent percuter).*
- *Le poids de la végétation poussant directement sur la clôture (lianes prises dans le grillage, branchages en surplomb), de même que la croissance de troncs ou de grosses branches dans les mailles du grillage peuvent endommager le dispositif ou compliquer son contrôle et son entretien. En fin de vie de l'installation, la dépose d'une clôture embroussaillée sera également compliquée, a fortiori si elle est devenue un « milieu de vie », sans parler de son recyclage (tri des déchets). À ce stade, nous suggérons donc par précaution de **ne pas laisser la végétation se développer directement dans la clôture**³³⁵. Un **programme d'entretien** spécifique serait à formaliser en incluant p. ex. le dégagement d'un layon entre la clôture et la haie qui permette un entretien et dont la largeur (environ 1 à 2 m) sera adaptée à la technique prévue (p. ex. débroussaillage manuel ou mécanisé). Ces modalités, à réfléchir au regard de leur impact écologique, seraient à définir dans le **plan de gestion** : type de technique, fréquence, période, etc. Dans les zones à forte densité de sangliers, on évitera de laisser des tas de broyats aux abords immédiats des clôtures (et encore plus à l'intérieur des clôtures...) : les sangliers en raffolent pour vermillon et risquent encore plus d'endommager les pieds de clôtures.*
- *En particulier dans les départements situés en zone à risque d'incendie, les contraintes liées aux Obligations Légales de Débroussaillage peuvent par exemple restreindre la plantation de linéaires de haies ou définir les modalités de maintien des arbres et buissons (p. ex. en îlots ou en mattes). On se référera notamment aux Arrêtés Préfectoraux en vigueur dans chaque département et régulièrement révisés.*
- *La végétation peut également ombrer les panneaux photovoltaïques : afin d'y remédier, la localisation des éventuelles plantations et leur hauteur maximale doivent être définies en conséquence (haies situées au sud « ombrant » plus que celles au nord).³³⁶*
- *Enfin, selon la région (p. ex. zone méditerranéenne), un dispositif d'arrosage temporaire (au moins 2 ans) de ces plantations est recommandé afin de garantir un taux de reprise des végétaux suffisant (p. ex. 80%). Sa suppression et le retrait des équipements obsolètes (tuyaux de goutte-à-goutte) sont alors à prévoir en fin d'utilisation.*

Références :

³³⁴ (BRE, 2014)

³³⁵ Ce qui tempère les recommandations p. ex. de BRE (2014) qui suggère

la plantation de grimpantes comme la clématite ou le chèvrefeuille.

³³⁶ Cf. Schéma du MEEDAT (2009) p 39/46



ill. 101. Chemin de visite dégagé entre une haie et la clôture.
(photo : C. Buton)



ill. 102. Plantation récente en périphérie de CPV.
Au premier plan (flèche), des arbustes ont été plantés sur le remblai devant la clôture : ils devront se développer pour que la haie joue pleinement son rôle écologique. En arrière-plan, une bande OLD a été débroussaillée sur 50 m de large en conservant des arbres élagués, mis à distance les uns des autres. (photo : C. Buton)



ill. 103. Végétation se développant dans la clôture.
La végétation ligneuse qui se développe directement dans les mailles de la clôture (ici, peupliers et lierre) peut l'endommager, complique sa surveillance et complexifie la dépose en fin d'exploitation. (photo prise hors contexte CPV : C. Buton)



ill. 104. Exemples de haies replantées en périphérie de CPV.
L'occultation de la clôture par une haie dépend entre autres de son bon développement en hauteur, de sa continuité horizontale et de sa densité, ainsi que de sa distance à la clôture (photos : gauche et centre : C. Buton, droite : © V. de Billy, OFB).

R.T.6 Favoriser la perméabilité au sol

Sur chacun des secteurs définis dans le plan général de clôture, il est recommandé ici que le niveau d'étanchéité ou de perméabilité de la clôture soit étudié (tout particulièrement au niveau du sol) au regard des objectifs de sécurisation et des enjeux faunistiques locaux. Les options « éco-compatibles » sont données ci-dessous.



Si aucune de ces options n'est possible compte tenu des impératifs sécuritaires, l'impact est à évaluer taxon par taxon afin de positionner des couloirs faunistiques adaptés aux enjeux locaux et aux impacts pressentis.

OPTION 1 : poser une clôture non jointive au sol. Pour la libre circulation de la petite et moyenne faune, elle pourra être posée p. ex. à une hauteur de 15 à 20 cm³³⁷. Seul le maître d'ouvrage pourra confirmer la hauteur maximale admissible au regard de ses objectifs d'anti-intrusion humaine et de la possibilité d'une libre circulation des grands ongulés sur le site (sangliers notamment).

On notera que sur des terrains en léger dévers, la pose d'une clôture rigide permet parfois de ménager des espaces lorsque la succession de pans de clôtures « de niveau » forme de fait une structure en « marche d'escalier » (ill.111).

Si l'entrée des sangliers est proscrite au sein des emprises de la CPV, cette option technique semble compliquée à mettre en

œuvre en particulier dans des zones à forte densité. En effet, elle nécessiterait d'abaisser garde au sol à 10 ou 12 cm p. ex., et de rigidifier la partie inférieure de la clôture suspendue pour éviter que les sangliers ne l'emboutissent. Or, c'est difficile à obtenir avec des techniques standards : pour mémoire, les sangliers arrivent à déformer certains panneaux de clôtures rigides, notamment au niveau de leur raccord sur les poteaux (ill.109). Cela nécessiterait p. ex. d'utiliser des modèles renforcés ou de poser des profilés horizontaux ligaturés au grillage. Et même alors, les sangliers pourraient tenter de gratter sous la clôture si le sol est meuble...

OPTION 2 : utiliser un grillage à mailles suffisamment larges au niveau du sol. Sous réserve que cela convienne aux objectifs de sécurisation humaine, il est notamment possible d'étudier le renversement des grillages souples dits « progressifs » pour avoir les mailles les plus étroites en haut et les plus larges en bas (encart n°30). Il est toutefois recommandé de limiter si possible leur utilisation dans les zones à risque pour les oiseaux (p. ex., encart n°8) ou à défaut d'y systématiser les dispositifs de visualisation (Cf. R.T.5).

Certains modèles rigides à larges mailles pourraient aussi convenir (ill. 112).



ill. 105. Martre passant sous une clôture rigide non jointive au sol.
(photo : © SNCF Réseau - Egis)



ill. 106. Exemple autour d'une CPV d'une clôture souple à mailles progressives posée de façon inversée en positionnant les grandes mailles au niveau du sol.
(photo : C. Buton)



ill. 107. La garde au sol des grillages facilite le déplacement des animaux.
(photos : C. Buton)



ill. 108. Coulée sous un grillage simple torsion.
Ici, les picots ont été relevés pour ne pas causer de blessures.
(photo : © LUXEL)



ill. 109. Exemple de grillage rigide enfoncé et laissant passer une coulée fréquentée.
(photo : © Auddicé Environnement)



ill. 110. Renard exploitant une clôture endommagée.
(photo : © SNCF Réseau - Egis)

Références :

³³⁷ Pour mémoire, la Société Suisse de Protection des Animaux recommande au moins 20 cm (Schlup et al., 2021), des recommandations en Allemagne proposent ≥ 15 cm (Bildungszentrum Triesdorf, n.d.).

encart n°30. Exemples de matériels standards pouvant assurer une perméabilité au sol pour la petite et moyenne faune sous réserve de positionner les grandes mailles en bas (hors cas particulier).

- grillage rigide urbain (type stade) : p. ex., grande maille de 16 cm de marge X 17.5 cm ou 19.5 cm de haut.
- grillage souple à grande maille : p. ex., grande maille de 15 cm de large X 20 cm de haut (au besoin, des clôtures à l'étranger existent aussi avec des mailles encore plus larges : p. ex., 30 cm de large X 18 cm de haut).



ill. 111. Sur des sols en dévers ou avec des irrégularités, une clôture rigide posée de niveau libère de fait des espaces au sol.

La clôture rigide ne permet pas d'épouser la topographie. Cet inconvénient peut permettre à contrario de laisser des espaces propices au passage de la faune. Mais attention toutefois au manque de résistance des modèles classiques lorsque des sangliers tentent de les emboutir.



ill. 113. Certaines clôtures rigides à grandes mailles ont cependant des mailles resserrées en bas qu'il est préférable d'enterrer pour optimiser le passage de la faune. (Ici, réalisation hors CPV). La flèche jaune indique les deux rangs de petites mailles en pied de clôture susceptibles de gêner certains animaux.

ill. 112. Exemple de clôture rigide à grandes mailles qui peut être renversée pour avoir les grandes mailles en partie basse.

(Ici, sur un stade). Pour mémoire, en renversant cette clôture, les mailles étroites peuvent compliquer l'escalade par une personne ce qui peut être aussi intéressant pour renforcer la sécurisation.

toutes photos C.Buton

OPTION 3 : en réponse à des enjeux sécuritaires ou techniques particuliers, **privilégier l'étanchéité au niveau du sol, mais en créant alors des ouvertures nombreuses pour la petite faune.** Il peut s'agir p. ex. de découper des mailles à la base d'une clôture rigide en prenant soin de limer les extrémités des fils pour qu'ils ne blessent pas. Sur des grillages souples (type ursus ou simple torsion), il est recommandé d'ajouter un cadre rigide autour de l'ouverture réalisée, scellé ou ancré au sol et ligaturé à la clôture (ill. 119), ainsi que de recourber les extrémités des fils coupés (les fils sont alors dits « aboutés »). Pour éviter que le petit bétail ou les sangliers p. ex. ne cherchent à forcer ces cadres, il est suggéré ici de tester aussi le « masquage » des passages par deux plaques verticales posées à distance (environ 20 cm) de part et d'autre de la clôture, ou encore le remplacement des cadres par des « demi-buses » insérées en pied de clôture (tenue au sol et au grillage à étudier)³³⁸. En cas de sol meuble, la réalisation d'un seuil rigide est à étudier afin d'éviter que des animaux (Renard, Blaireau, Chien, Sanglier) ne fouillent et n'agrandissent le passage : p. ex., élément rigide en travers du passage, solidarisé avec le cadre et posé à plat au niveau du sol.

La sensibilisation des personnes présentes sur le site peut contribuer à la remontée en temps réel d'éventuels désordres et facilite l'appropriation de la problématique y compris par les éventuels passants hors emprises : cadre « décoratif » (ill. 118), plaquette signalétique (ill. 123) et message en lien avec l'objectif (p. ex., « je laisse passer les petits animaux sauvages, ne pas reboucher »). L'indication d'un numéro à ces passages peut faciliter un suivi ultérieur de leur fréquentation (R.C.4) ou encore, le cas échéant, la sensibilisation de l'éleveur en charge du troupeau d'entretien (R.T.10).



Les ouvertures pour la faune doivent rester fonctionnelles pendant toute la durée d'existence de la clôture : il est recommandé ici de vérifier périodiquement l'absence d'obstacle (déchets, rajout de filet, barre ou grillage, etc.) et de couper les repousses ligneuses.

Les équipements connexes peuvent aussi avoir un rôle faunistique. Dans chacune des 3 options, les **portillons et portails** peuvent servir de points de passage pour la petite et moyenne faune, sous réserve d'adapter la hauteur libre en dessous (à minima 10 cm), voire l'interbarreadage. Dans les zones denses en sangliers, il est suggéré ici de rigidifier le seuil circulé pour limiter les risques de fouissage et d'intrusion. Cela peut se faire p. ex. en enfouissant et scellant une traverse métallique entre les dormants du portail ou en créant une bande béton étroite et strictement limitée à la traversée de la voie d'accès. Pour les fossés, les **grilles** permettent aussi d'assurer la transparence écologique en dehors de la grande faune.

Références :

- ³³⁸ Pour mémoire, l'utilisation de pneus semi-enterrés verticalement en pied de clôture est également citée, hors CPV.
³³⁹ P. ex., des recommandations peuvent aller jusqu'à 30 X 30 cm (Noblet, 2010) voire 3 m de large X 30 cm de haut (Vellot O. et al., 2020) et repris par Martinez (2020) pour favoriser le passage de tortues d'Hermann. A contrario, en aménagement urbain, des orifices plus

Enfin, il est suggéré d'éviter les clôtures périmétrales sur fondation linéaire béton ou soubassement périphérique continu³⁴¹ de façon à permettre la circulation de la petite faune en surface, mais aussi de la pédofaune dans le sol. À défaut, l'incidence sur les potentialités agronomiques ultérieures serait à évaluer et des « cassures » périodiques à envisager. Cela ne concerne pas les éventuels plots béton de tenue des poteaux.

- **Quelle est la taille des ouvertures à laisser ?**



Il n'y a pas de norme : « **une taille plus grande laisse passer des animaux... plus gros !** »³³⁹. La dimension doit résulter d'un compromis entre les espèces sauvages acceptables ou attendues sur le site et les contraintes sécuritaires. Elle doit aussi tenir compte des éventuels enjeux locaux particuliers ainsi que de modalités de gestion. P. ex., les ouvertures ne doivent pas laisser échapper les moutons s'ils servent à l'entretien dans les clôtures ou alors il faudra poser de nouvelles clôtures temporaires à l'intérieur du site en s'assurant alors qu'elles sont, elles-aussi, inoffensives et perméables à la faune. Le risque d'entrée de chiens errants est à prendre en compte (voire de loups dans les secteurs concernés). En l'absence de gardiennage du troupeau, il s'agit d'un point de concertation incontournable avec le berger, au risque sinon que les passages à faune soient obstrués...

- **Quelle est l'interdistance des ouvertures à créer ?**



« le plus est le mieux » : cela permet de ne pas contraindre la faune en lui imposant des itinéraires prédéfinis

« Au final : quels passages et où ? »



Si l'option de placer la clôture en hauteur n'a pas été retenue, nous recommandons ici des ouvertures d'environ 20 X 20 cm, placées en moyenne tous les 10³⁴⁰ à 20 m ainsi que dans les angles de clôtures. Ces principes généraux restent à adapter aux enjeux de chaque projet pour décaler de quelques mètres ou densifier les passages dans les zones les plus propices. La multiplicité des passages évite de trop contraindre et d'orienter les déplacements des animaux, ceux-ci ayant la liberté de privilégier ou non un accès.

étroits peuvent être recommandés dans des PLU : p. ex. 8 cm de haut X 10 cm de large (Larramendy et al., 2022).

³⁴⁰ Comme recommandé en France par le Club Urbanisme et Biodiversité (LPO, 2014), ainsi qu'en Allemagne (Bildungszentrum Triesdorf, n.d.).

³⁴¹ En aménagement urbain, il s'agit d'une clause recommandée dans certains PLU (Larramendy et al., 2022).

Garder à l'esprit que cette dimension peut permettre l'intrusion p. ex. de chiens ou de jeunes sangliers dont la compatibilité avec le projet et la gestion du site sont à étudier en amont, ainsi que la sortie éventuelle d'agneaux lorsqu'un troupeau entretient le site. En particulier, en cas de petit bétail sur le parc, les orifices pourront au besoin être réduits en concertation avec l'éleveur (p. ex. 15 X 15 cm). Ces principes généraux sont donc à adapter au regard de chaque contexte particulier pour ensuite évaluer les espèces qui seraient exclues par les dimensions retenues.



ill. 114. Les angles de clôture sont des points classiques de convergence des coulées animales.

Tous les angles seraient à équiper de passages à faune. (photo : C. Buton)

Cas des sites anciennement clôturés faisant l'objet d'un réaménagement en CPV (risque de doubles clôtures - Cf. R.M.7) : si l'étude du plan général de clôture conduit à conserver l'ancienne clôture et à créer de nouvelles enceintes closes à l'intérieur, il est suggéré de faire le diagnostic écologique de l'ancienne clôture. Au besoin, cela peut être l'occasion d'améliorer sa perméabilité à la faune. Des niveaux de perméabilité différents peuvent au besoin être envisagés entre anciennes et nouvelles clôtures.



ill. 116. Exemple particulier de passage pour des tortues d'Hermann.

Sur ce site, l'ouverture fait 0.30 m de haut sur environ 3 m de large.

(photo : C. Buton)



ill. 115. Exemple d'arceau autour d'un passage à faune.

Ici, il serait conseillé au besoin d'enfoncer ou d'ancrer le cadre ainsi que le grillage souple pour éviter son repli en cas de forçage par un chien, un blaireau, un sanglier ou un mouton.
(photo : © Auddicé Environnement)



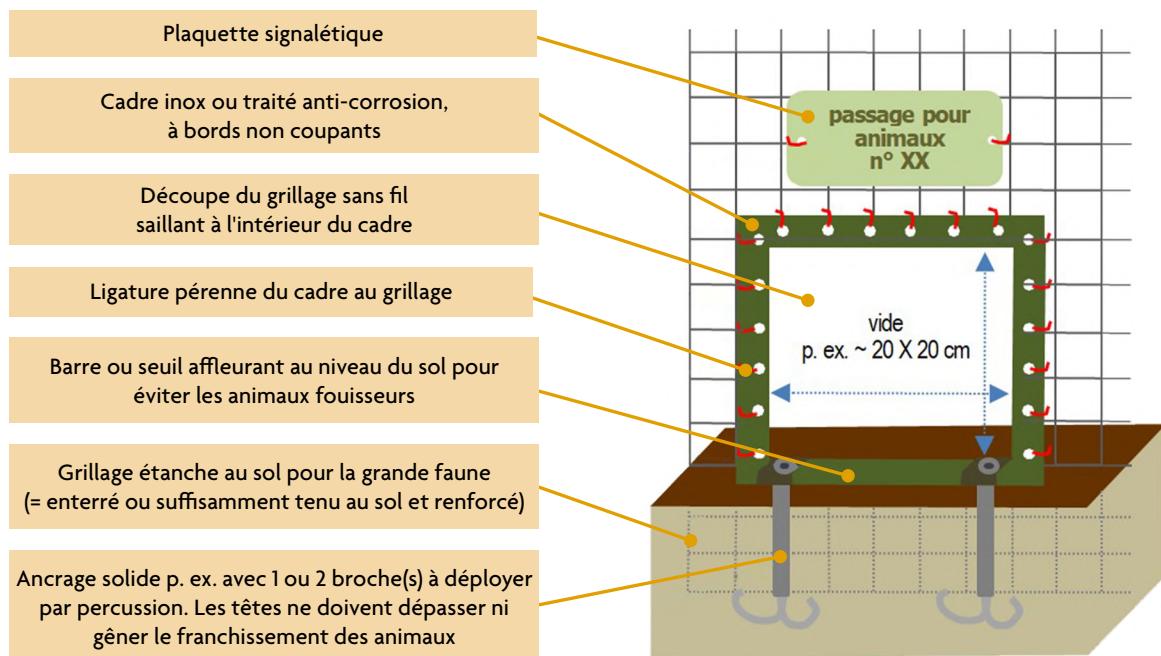
Ici, les deux ornières (flèches jaunes) attestent de la bascule fréquente du dispositif lorsque de gros animaux forcent le passage, soit sous l'arceau, soit directement sous le grillage de part et d'autre. Pour mémoire, posés pour bloquer les sangliers, les fils électriques barraient aussi de fait l'accès aux passages à faune pour d'autres animaux. Mais ils ne sont plus utilisés en raison d'une maintenance trop contraignante. (photo : C. Buton)



ill. 117. Fouine empruntant un trou découpé dans une clôture rigide.
(photo : © SNCF réseau - Egis)



ill. 118. Exemple de cadre conçu pour faciliter le passage des hérissons dans des grillages.
Une fois plaqués contre la clôture, les « piqueurs » du cadre en métal en forme de hérisson se replient et s'accrochent au grillage. Les mailles situées à l'intérieur du cadre peuvent alors être découpées sans craindre pour la stabilité du grillage.
(photo : © JF. Noblet www.ecologienoblet.fr)



ill. 119. Schéma de principe d'un passage à faune.
Il est recommandé de prendre quelques précautions pour éviter que de gros animaux passent en force en le soulevant ou en grattant le sol.
(source : C. Buton)



ill. 120. Le recours aux soubassements béton doit être limité ou accompagné de passages pour la faune si les contraintes de sécurité sur le site le permettent.
(photo prise hors contexte CPV : C. Buton)



ill. 121. Passage à faune embouti par des animaux.

Les mailles de ce grillage souple font 10 cm de haut sur 5 cm de large. Des fils ont été coupés pour libérer des ouvertures de 20 cm de haut sur 15 cm de large. Les animaux ont forcé le passage et cassé les mailles voisines pour obtenir ici un trou d'environ 20 X 20 cm.
(photo : C. Buton)



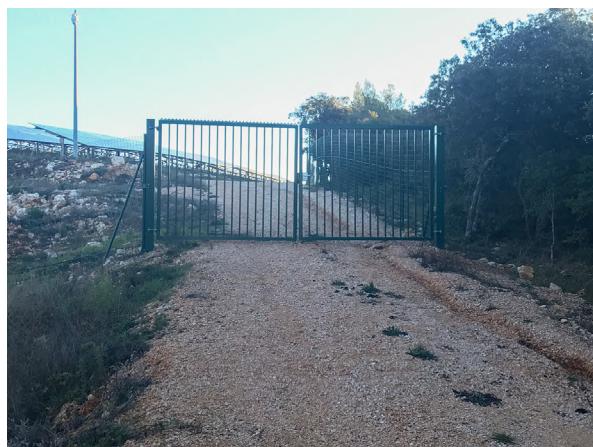
ill. 123. Passage à faune découpé en pied de clôture rigide avec sa plaquette informative et son système de collecte de poils.

(photo : © SNCF Réseau – Egis)



ill. 122. Portail de CPV.

Lorsque les accès ne sont pas revêtus et restent en terre ou en graviers, il est fréquent d'observer des cheminements et des fouissages. Une garde au sol des ouvrants est favorable à la perméabilité faunistique. A contrario, si la grande faune est problématique dans l'enceinte de la CPV, il peut être nécessaire de rigidifier ou minéraliser ponctuellement le seuil pour éviter que des sangliers y pénètrent en grattant le sol ou en exploitant les ravines créées par la pluie.
(photos : C. Buton)



ill. 124. Exemples de plaquette informative pour les passages à faune.

(photos : à gauche : © Groupe Mammalogique Normand, à droite : © SNCF Réseau – Egis)

encart n°31. Peut-on créer des échappatoires de sorties pour la faune ?

Les « échappatoires » sont des dispositifs de sortie à sens unique des clôtures permettant d'extraire un animal sans qu'il puisse y revenir. À ce stade, nous n'avons pas eu connaissance de cas sur des CPV.



En phase de chantier : le besoin de recourir à des échappatoires est conditionné par le degré d'étanchéité faunistique des éventuelles clôtures temporaires et des accès de chantier (interbarraudage et garde au sol des portails).

Pour la petite et moyenne faune (p. ex. reptiles et amphibiens) : si l'étude d'impact conduit à des clôtures de chantier ou à d'autres dispositifs étanches (p. ex., bâches opaques), il y a un risque de destruction des individus qui persisteraient dans l'emprise des travaux (écrasement par les engins, chute dans des cavités ou des tranchées de câbles avant leur rebouchage, etc.). Il est donc suggéré ici d'étudier l'implantation d'échappatoires en complément des éventuelles opérations de « défavorabilisation » (p. ex., suppression des gîtes dans les zones impactées) et de sauvegarde réglementaire visant à collecter ou extraire « manuellement » des animaux. Pour la petite faune, cela peut se faire par ex. en aménageant des mini-rampes en terre ou en remblayant le long des dispositifs opaques adossés aux clôtures³⁴² (ill. 125).

Pour la grande faune, ces échappatoires peuvent être des rampes (destinées principalement aux cervidés). Des échappatoires « mécaniques » existent également qui pourraient éventuellement être posées de façon temporaire : trappe (surtout sanglier), portillons (surtout chevreuil) ou encore sas d'extraction (toutes espèces). Mais il est nécessaire de bien évaluer au cas par cas le risque d'intrusion humaine par ces dispositifs.



Echappatoires grande faune : pour le détail des conditions d'implantation et des aménagements connexes susceptibles de favoriser la sortie des animaux, se reporter à la synthèse des connaissances fournie par le projet ESCAPE XXL (programme ITTECOP)³⁴³.

En phase d'exploitation des CPV :

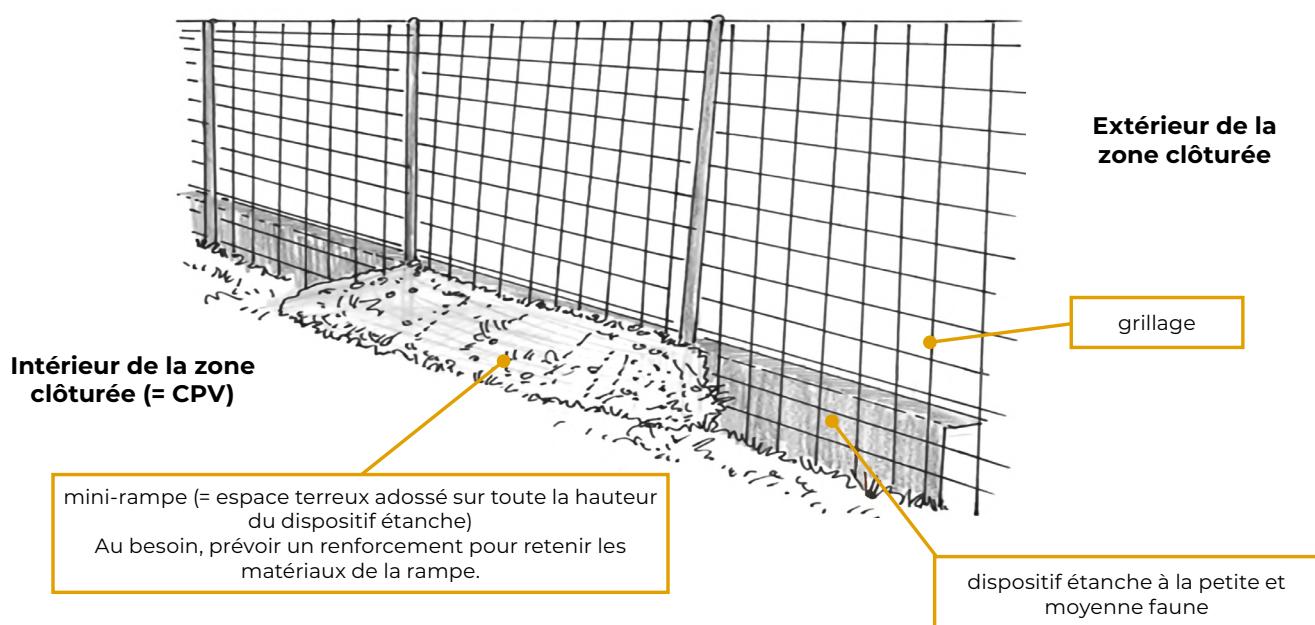
Pour la petite et moyenne faune : de façon générale, si la clôture est aménagée ou conçue pour laisser une perméabilité au sol pour la moyenne et petite faune, les animaux peuvent la franchir dans les deux sens. Dans le cas éventuel où les clôtures périphériques viseraient à les exclure, le risque qu'à terme certains pénètrent dans l'enclos augmente car la taille des trous par lesquels ils peuvent réussir à entrer laisse plus de possibilités que certains arrivent à s'infiltrer (p. ex. fil cassé, érosion, raccord de nappes grillagées ou raccord aux portails défectueux, garde au sol et interbarraudage des portails). La mise en place d'échappatoires peut alors s'envisager pour éviter à terme l'implantation d'une population animale dans l'enclos si celle-ci n'est pas désirée initialement : il peut par exemple s'agir de mini-trappes ou de mini-rampes.

Pour la grande faune : si les grands ongulés sont exclus de l'enceinte par des clôtures adaptées (c. à d. suffisamment dimensionnées et renforcées, avec une mise en œuvre correspondant aux contraintes de site), le caractère périphérique de la clôture (c. à d. qui entoure toute l'installation) limite de fait le risque que des animaux pénètrent par les « fins de linéaire », comme ce peut être le cas sur des infrastructures de transport. Par ailleurs, si les portails sont verrouillés et les clôtures entretenues, les intrusions de grands animaux devraient être rares a priori. Le cas échéant, la taille des parcs (comparée à des réseaux routiers ou ferroviaires) permet de penser que les animaux peuvent « facilement » et s'ils le souhaitent retrouver leur point d'entrée (au moins pour des enclos de quelques centaines de mètres de côté). Dans ces conditions et sauf exception à envisager avec les écologues dédiés au projet, la mise en œuvre d'échappatoires grande faune ne semble donc pas prioritaire sur les clôtures de CPV.

Références :

³⁴² Voir p. ex. la suggestion de (Boyle et al., 2019).

³⁴³ (Buton et al., 2022), rapport complet, résumé et webinaire sur <https://ittecop.fr/fr/tous-les-projets/recherches-2020/projets-exploratoires-ou-incubatoires-2020/item/720-escape-xxl>



ill. 125. Schéma de principe d'une mini-rampe pour faciliter la sortie de la petite et moyenne faune.
 Idéalement, le remblai terreau pourrait être mis en place tout le long du dispositif étanche (p. ex. une barrière-écran en plastique solide). Réaliser une pente la plus douce possible. Veiller à ce que le dispositif étanche reste bien en place.
 (schéma : C. Buton).



R.T.7 Aménager et gérer les couloirs faunistiques

Cette étape fait écho à la recommandation R.M.7.

L'efficacité des couloirs faunistiques est tributaire, entre autres, de la pertinence de leur localisation par rapport aux exigences écologiques et à la logique d'utilisation du territoire de chaque espèce ciblée, ainsi que des capacités d'arrivée de la faune en amont et en aval (c. à d. l'absence d'obstacles).

Lorsque des couloirs faunistiques perméables à la faune sont aménagés entre enclos grillagés (encart n°26), les aménagements écologiques suivants sont suggérés :

- **Conserver ou recréer des habitats favorisant leur utilisation par les espèces visées.** À l'instar des recommandations classiques sur les écoponts³⁴⁴, il est possible d'y combiner p. ex. des plantations et des zones d'habitats ouverts. L'aménagement de petites mares est recommandé de façon générale car, en plus des mammifères qui viennent y boire, elles attirent de nombreuses espèces (leur largeur ne doit pas entraver le passage sur le couloir). Cela peut être aussi l'occasion de créer, selon les enjeux locaux, des placettes d'insolation pour les reptiles, des andains pour les micromammifères et bois morts pour les saproxylophages, etc., afin de contrebalancer au besoin les modifications d'habitats liées aux installations de la CPV.

- **Planter des haies latérales** pour réduire la gêne éventuelle causée par les installations photovoltaïques et contribuer à leur insertion paysagère (Cf. encart n°29).



La possibilité et les modalités des plantations arborées ou arbustives dans les couloirs faunistiques devront être compatibles avec la bonne insolation des panneaux solaires. Elles devront aussi respecter les préconisations des services d'incendie et de secours, ainsi que les Obligations Légales de Débroussaillement (p. ex., largeur du « glacis » à maintenir en herbe, taille et répartition des mottes de végétation, densité des arbres, éventuelle hauteur d'élagage).

Il est recommandé ici que les aménagements paysagers (plantations et zones ouvertes) et l'ensemble des aménagements écologiques réalisés soient maintenus dans un état qui assure leur fonctionnalité. Il est donc suggéré de formaliser un plan de gestion rappelant les objectifs et précisant les actions à mener et leur calendrier (Cf. encart n°29).



R.T.8 Contrôler la bonne réalisation des clôtures en phase chantier

La bonne mise en œuvre conditionne l'efficacité sur le long terme de mesures envisagées. Elle contribue à alléger l'intensité des opérations de contrôle et de maintenance ultérieures des équipements.

Compte tenu de la faculté des animaux à investiguer leur territoire en détail (p. ex., pour prospecter des poteaux non obturés ou exploiter des points de clôture défectueux), il est recommandé ici d'assurer un contrôle minutieux « mètre à mètre » des réalisations en cours de chantier et avant leur réception. D'expérience sur des chantiers de clôtures concernant des linéaires étendus de plusieurs centaines de mètres à quelques kilomètres, une réitération des contrôles permet d'identifier d'éventuels défauts ponctuels passés inaperçus au premier passage. Cela peut se faire en complétant le suivi classique de chantier (assuré par la maîtrise d'œuvre et l'encadrement interne de l'entreprise) par un contrôle confié à une compétence faunistique. La sensibilisation du personnel en charge des travaux est importante (compréhension des objectifs de sécurisation humaine et faunistique, niveau de qualité attendu).

Il est recommandé de contrôler en particulier les items suivants :

- obturation de chaque poteau (présence du capot et tenue) ;
- étanchéité ou perméabilité de la clôture conforme aux attentes (dont garde au sol maxi et mini des clôtures et portails, raccordement solide des nappes de grillage, tenue générale des grillages et poteaux, absence d'éléments défectueux dangereux comme p. ex. des fils coupés saillants, etc.) ;
- dispositifs de visualisation (présence, tenue) ;
- passages à faune (dont l'ancrage du cadre au sol et sa ligature au grillage).

Le référencement des clôtures par tronçon peut également faciliter le contrôle des travaux et le suivi en phase d'exploitation : p. ex. entre les principaux angles de la clôture ou par tronçon de 50 m.

Il est aussi recommandé de numérotier dès leur installation les passages à faune.

Références :

³⁴⁴ (CEREMA, 2021)

R.T.9 Maintenir les clôtures écocompatibles en phase d'exploitation

La vétusté des clôtures conditionne d'une part leur efficacité (sécurité des installations), et d'autre part leur innocuité et leur niveau de perméabilité pour la faune. Par ailleurs, l'ensemble des mesures prises à la création, notamment suite aux recommandations de l'étude d'impact, ont pu conditionner l'autorisation qui a été donnée au projet.

Il est donc recommandé que les clôtures et leurs équipements connexes fassent l'objet d'un contrôle périodique de leur état. Un regard « faunistique » est recommandé : cela peut se faire p. ex. par sensibilisation des agents d'exploitation.

Durant l'exploitation de la CPV, il est suggéré de contrôler périodiquement (p. ex., 1 fois / an ainsi qu'au gré des actions d'exploitation) les items suivants :

- présence des capots sur chaque poteau ;
- état général des clôtures (p. ex. absence de trous, cassures, éléments défectueux dangereux comme p. ex. des fils coupés saillants) ;

- présence des dispositifs de visualisation ;
- libre accès des passages à faune aménagés dans les clôtures (absence d'obstruction par des bouts de clôtures, pierres ou déchets divers) et absence d'enfoncement ou de fouille des animaux ;
- libre accès pour la faune des éventuels couloirs de circulation faunistique et l'état de leurs éventuels aménagements écologiques (p. ex., état général, absence de déchets).

La sensibilisation des personnes présentes sur le site peut contribuer à la remontée d'éventuels désordres (*Cf. R.C.1 et R.C.2*). Il est recommandé que les observations faites de façon fortuite lors des actions de maintenance et qui concerneraient des défauts d'étanchéité des clôtures (au regard du niveau retenu pour chaque secteur) ou d'obturation des poteaux (capot manquant) soient consignées. Elles viendront consolider les contrôles dédiés périodiques et permettront de déclencher au besoin plus rapidement les remises en état.

R.T.10 Assurer la compatibilité des pratiques de pâturage d'entretien avec la stratégie de clôture

Il est recommandé de se concerter en amont avec l'éleveur afin de préciser ses besoins ultérieurs en termes de contention du troupeau à l'intérieur de la CPV (séparation de zones de pâturage) et d'évaluer les impacts écologiques des matériels envisagés.

Idéalement, et uniquement si elles sont nécessaires, les éventuelles clôtures pastorales devraient assurer le même niveau de perméabilité que les clôtures périphériques de la CPV (p. ex., taille des mailles ou garde au sol). À défaut, leur impact serait à évaluer afin d'adapter les pratiques et le matériel ou encore de laisser des zones de circulation suffisantes pour la faune sauvage autour des clôtures pastorales.

Par ailleurs, différentes recommandations ont été formulées au fil des parties précédentes. Elles sont reprises et complétées comme suit :

- ◊ pour les éventuelles clôtures pastorales au sein de la CPV :
 - privilégier si possible les clôtures en cordons plutôt que les filets³⁴⁵.
 - si un filet de pacage est utilisé, bien le tendre.
 - laisser un espace libre sous les clôtures pastorales compatible avec la taille des passages laissés sous la clôture périphérique (p. ex. positionner la clôture à plus de 20 cm de haut³⁴⁶, sous réserve de compatibilité du bétail utilisé).
 - laisser libre les passages à faune : ne pas les entraver avec des fils, barreaux, filets, etc.
 - ne pas placer de filets de pacage au droit des passages à faune (p. ex. laisser une distance de retrait de 1 à 2 m pour que les animaux puissent anticiper sa présence après avoir franchi le passage à faune). Cela sera facilité par une bonne visualisation de ces passages (plaquette signalétique numérotée).
 - si tout le pied de la clôture périphérique est perméable à la moyenne faune (p. ex. grandes mailles ou clôture avec une garde au sol), laisser une distance de retrait p. ex. de 1 à 2 m entre les filets pastoraux et le pied de la clôture périphérique.

- assurer la visualisation des filets (filets de couleurs contrastées bicolores et bandes d'effarouchement)³⁴⁷.
- laisser un passage libre pour la faune sous les clôtures électrifiées (p. ex. positionner la clôture à plus de 20 cm de haut ou ne pas électrifier le fil du bas³⁴⁸, sous réserve de compatibilité avec le bétail utilisé).

À noter : *il est parfois fait recours à des fils électrifiés pour empêcher les sangliers de pénétrer dans des clôtures lorsque la clôture extérieure est insuffisante (p. ex. grillage simple torsion non enterré). Il est recommandé que cette problématique soit anticipée en amont pour adapter le type de clôture et ses conditions de mise en œuvre (Cf. RT.2 et RT.6). Pour d'éventuels rattrapages temporaires par des clôtures électrifiées, il est suggéré ici de suivre les mêmes recommandations que pour les clôtures électrifiées pastorales³⁴⁹ en attendant d'évaluer les possibilités de mettre à niveau la clôture dans le respect des partis écologiques retenus à l'origine.*

- déposer les clôtures inutilisées (notamment les filets) pour éviter qu'elles s'affaissent et constituent des « pièges ».
- dans les zones vives en ongulés, éviter de placer aux abords immédiats des clôtures les facteurs susceptibles d'attirer les animaux sauvages (p. ex. fourrage d'appoint, pierre à sel, eau : Cf. R.M.6).

◊ hors des clôtures périphériques de la CPV :

- anticiper les risques de piétinement d'éventuelles stations floristiques ou habitats naturels à enjeux le long des clôtures si du bétail est également utilisé pour entretenir les abords extérieurs de la CPV (p. ex. zone des Obligations Légales de Débroussaillage). Tenir compte de ce risque de cheminement préférentiel dans l'implantation de la clôture pour au besoin la décaler de quelques mètres vers l'intérieur ou l'extérieur en fonction des objectifs écologiques et des contraintes techniques (p. ex. distance aux panneaux).

Références :

³⁴⁵ (OSAV, 2019)

³⁴⁶ (Schlup et al., 2021)

³⁴⁷ (OSAV, 2019)

³⁴⁸ (Schlup et al., 2021)

³⁴⁹ Mettler et al. (2006) préconisent une hauteur maximale de 25 à 30 cm pour intercepter les sangliers, compatibles avec la garde au sol recommandée ici pour assurer une certaine perméabilité à la faune.

R.T.11 Assurer l'effacement des clôtures à la fin de vie des CPV

Au terme de la durée d'exploitation de la CPV, il est recommandé ici de déposer l'intégralité des clôtures sous réserve qu'elles ne soient plus utiles à l'éventuelle activité future :

- tous les éléments métalliques notamment ceux enfouis ou battus en terre (p. ex. poteaux ainsi que leurs embases et bêches, broches des jambes de force, ancrages des grillages) ;
- les grillages y compris les parties enfouies en terre ;
- les portails.

Tous les équipements retirés seront orientés vers des filières agréées conformes à la réglementation (*ce sujet sort du cadre de ce guide*).

Il est recommandé de reboucher tous les trous au sol afin de ne pas entraîner d'accident ainsi que pour préserver la faune.

Le retrait de tous les dispositifs ainsi que le rebouchage des tranchées éventuelles provoquées par ces travaux et celui de tous les trous laissés au sol nécessitent des engins. Par conséquent, lors des travaux de dépose de la clôture, il conviendra d'être attentif à la préservation 1) de la végétation en général et des haies plantées ou spontanées en particulier ; ainsi que 2) des éventuelles stations d'espèces protégées ou patrimoniales situées aux abords des clôtures à déposer.

4.3 Recommandations pour les suivis environnementaux et l'amélioration des connaissances

Fin d'évaluer l'impact réel du projet et l'efficacité des mesures proposées dans l'étude d'impact³⁵⁰, d'envisager d'éventuelles actions correctives, ainsi que pour améliorer les connaissances dans le cadre spécifique des CPV (notamment dans la perspective de nouveaux projets dans des contextes similaires)³⁵¹, nous suggérons que la problématique des clôtures fasse l'objet de suivis ou de relevés particuliers à différents niveaux et selon le niveau des enjeux écologiques évalués sur le site. Les enseignements permettraient d'adapter au besoin les recommandations faites dans ce guide.

4.3.1 Sur toutes les CPV

Il est suggéré d'organiser avec l'exploitant un suivi (monitoring) en phase O&M (Operation and Maintenance) ou FM (Facilities Management) sur les points suivants :

R.C.1 Consigner les collisions animales observées de façon fortuite lors des actions d'exploitation

Compte tenu des difficultés liées à l'organisation de relevés de mortalité, une traçabilité en routine (« monitoring ») des collisions létales ou non observées

Ils pourraient être partagés p. ex. au travers d'un centre de ressources dédié au domaine du photovoltaïque ou plus largement à celui des clôtures.

De façon générale, on rappelle l'intérêt d'adopter aussi souvent que possible une démarche scientifique lors des suivis post-travaux, afin de permettre l'analyse et la comparaison des résultats, et de contribuer ainsi au retour d'expérience (encart n°32 et encart n°33).

R.C.2 Consigner la mortalité dans les « structures-pièges »

Il s'agirait notamment de consigner les mortalités constatées de façon fortuite aux abords des clôtures (p. ex. les noyades dans les bassins), ces pièges étant par ailleurs

de façon fortuite est suggérée à l'occasion des actions techniques de maintenance afin de collecter des données « opportunistes ».

à sécuriser ou aménager avant la pose des clôtures (p. ex. avec dispositifs d'extraction efficaces).

Références :

³⁵⁰ (Drewitt et al., 2008)

³⁵¹ Adapté de (Jenkins et al. (2017).

4.3.2 En priorité sur les CPV où les enjeux écologiques sont les plus élevés.

Il est suggéré ici que la filière CPV mène les actions suivantes :

R.C.3 Mettre en place un relevé systématique de mortalité animale dans les clôtures, au moins dans les secteurs où les enjeux écologiques sont les plus élevés ou lorsque le monitoring en routine montre des événements répétés ou sur des espèces à enjeux particulier



Pour tenter de documenter les collisions avec des espèces habituées au site non clôturé, il est recommandé ici que ces relevés soient mis en œuvre dès la pose de la clôture temporaire de chantier et pendant toute la durée du chantier puis dès la pose de la clôture définitive.

La répétition des relevés améliore la représentativité des résultats, mais se heurte à un écueil financier et organisationnel. Au moins pour les sites à plus forts enjeux écologiques, il est suggéré un suivi régulier pendant les deux premières années, en parallèle d'un monitoring par l'exploitant des collisions découvertes fortuitement (R.C.1). En fonction des résultats, une réitération éventuelle pourrait ensuite être proposée après quelques années³⁵². De même, un suivi est recommandé en cas de modification ultérieure des dispositifs telle qu'un renforcement des clôtures ou l'adoption de mesures correctives.

Les protocoles de relevés doivent chercher à évaluer les différents biais (p. ex. vitesse de disparition des cadavres

ou des signes de collision liée notamment à la pression de prédation sur le site, efficacité des intervenants conditionnée notamment par leur acuité personnelle, la hauteur de la végétation ou encore la taille des carcasses recherchées³⁵³). Un risque de confusion existe aussi avec les reliefs de proies dépecées par des rapaces postés sur les poteaux.³⁵⁴

L'établissement du calendrier de suivi (période des relevés, fréquence) doit tenir compte de l'évaluation de ces biais ainsi que du cycle annuel des espèces en présence (p. ex. migrations), etc.³⁵⁶

Il est rappelé par ailleurs que des relevés sur d'autres sites à enjeux moindres permettraient aussi de consolider les données.



Se reporter p. ex. aux protocoles de comptage et aux évaluations des biais de détection réalisés dans le cadre de l'Observatoire des Galliformes de Montagne ou aux lignes directrices de Birdlife³⁵⁵.

Références :

³⁵² Conformes p. ex. à la méthodologie et aux recommandations dédiées aux CPV y compris leurs clôtures par Birdlife South Africa (Jenkins et al., 2017).

³⁵³ Ce critère de taille est également cité dans les relevés de Visser (2016) autour d'une CPV en Afrique du Sud.

³⁵⁴ (Catt et al., 1994) cité par Baines et al. (1997).

³⁵⁵ (Jenkins et al., 2017)

³⁵⁶ Pour information, pour l'Afrique du sud Jenkins et al. (2017) indiquent que cela peut conduire p. ex. à des relevés sur 6 mois pendant la 1^{ère} et la 2^{nde} année avec en règle générale, un relevé toutes les 2 semaines.

R.C.4 Suivre la fréquentation animale à l'intérieur de chaque exclos

Il s'agit de pouvoir confronter les attentes initiales (EIE) avec les passages effectifs à travers les clôtures et par les passages aménagés pour la faune (à numérotier). Cela peut notamment se faire en relevant les indices d'intrusion (coulées et poils sous grillage, traces de fouissement) et en instrumentant certains passages : p. ex., pièges photographiques, collecteurs de poils (ill. 123 et ill. 126).

Les résultats permettraient d'adapter au besoin les mesures prises (p. ex. visualisation ou remplacement de clôtures). Un rappel dans chaque rapport d'étude des caractéristiques des clôtures (schémas cotés) favorisera cette mutualisation des retours d'expérience.



ill. 126. Lapin de garenne franchissant un dispositif de collecte de poils installé sous une clôture rigide.
(photo : © SNCF Réseau – Egis)

R.C.5 Suivre la fréquentation des couloirs faunistiques

Ces suivis pourraient notamment se faire par pièges photographiques pour les ongulés ou la moyenne faune exclue de la CPV.

R.C.6 Évaluer le risque que les clôtures de CPV renvoient des animaux vers des infrastructures de transport proches

Cela pourrait p. ex. concerner les CPV ayant des clôtures à moins de 10 m d'une infrastructure de transport. Il s'agit d'évaluer le risque que 1) les clôtures de la CPV guident des animaux vers des infrastructures où ils peuvent se faire percuter ; ainsi que 2) des animaux qui viennent de traverser les voies soient bloqués aux abords du trafic par les clôtures de la CPV.

Le risque 1) pourrait être évalué par des dispositifs classiques de suivi des déplacements : p. ex. pièges photos (enregistrement vidéo) ou pièges à traces positionnés aux angles des clôtures de CPV les plus proches des voies.

Les risques 1) et 2) peuvent être évalués également en exploitant les résultats des suivis menés par les Directions Interdépartementales des Routes avec le MNHN³⁵⁷,

s'ils sont mis en œuvre sur les sites concernés, les éventuelles bases de données des gestionnaires de l'infrastructure (autoroutes, voies ferrées), ou encore les données des réseaux naturalistes ou cynégétiques. Compte tenu des difficultés techniques et des problèmes de sécurité liés à la recherche des cadavres en bord d'infrastructures, il est suggéré d'exploiter uniquement les données existantes.

Pour mémoire : le partage des données de collisions disponibles sur les infrastructures de transport d'un territoire faciliterait ce type d'analyse (Cf. R.C.13). Des relevés spécifiques pourraient être menés à l'occasion de travaux scientifiques particuliers sur des sites pilotes (Cf. R.C.9).

Références :

³⁵⁷ Voir p. ex. les analyses et les cartes (Billon, 2019).

4.3.3 Sur des sites pilotes, à l'occasion d'études scientifiques spécifiques

Il est suggéré que la communauté scientifique investigue les points suivants :

R.C.7 Étudier l'influence croisée du type de clôtures et du contexte sur la mortalité et les collisions animales

L'objectif est de pouvoir préciser les impacts, avantages et inconvénients des différents types de clôtures utilisés communément sur les CPV et encore peu documentés (comme les clôtures rigides ou simple torsion) selon leur conception et leur implantation.

Les protocoles et le choix des sites seront à étudier afin de répondre à la question suivante :



La conception de la clôture (p. ex., répartition des mailles, diamètre et couleur des fils³⁵⁸, hauteur de la clôture et interdistance entre poteaux, diamètre des poteaux) **et leur arrière-plan** (p. ex., paysage général et installations de la CPV, distance aux panneaux, éclairage à contrejour) **influencent-ils la perception de la clôture par les animaux ?**

R.C.8 Développer des approches de type BACI (Before – After – Control – Impact) avant / après installation d'une clôture de CPV sur des sites non clôturés jusque-là ou à l'occasion du réaménagement d'anciennes clôtures

L'objectif est de préciser les impacts directs et indirects de l'aménagement ou du réaménagement de clôture sur une CPV.

Il est suggéré d'envisager lors de la conception de la clôture (dès le stade de l'élaboration du plan général) la possibilité de mettre en place des dispositifs expérimentaux ou observationnels des effets de la clôture. Les objectifs (p. ex. hypothèses à tester), la localisation et la conception de la clôture sur la zone de test seraient à préciser avec le concours d'une compétence scientifique.

Ces études pourraient viser :

- l'ensemble des espèces pour lesquelles les clôtures ont des effets directs avérés hors contexte CPV mais qui sont peu ou non documentés sur CPV (Cf. encart n°4),
- les taxons encore peu étudiés de façon générale (p. ex., insectes volants : Cf. encart n°4),
- les conditions de prédation aux abords des clôtures,
- les impacts indirects sur la flore et les habitats (dans et hors clôtures) entraînés par les modifications comportementales des animaux,
- etc.

Références :

³⁵⁸ Hors CPV, des filets en plastique vert sont parfois utilisés en Écosse pour réduire les collisions de tétras, car ils marquent moins les paysages que ceux de couleur orange. Toutefois, leur efficacité n'a pas été testée (Trout et al., 2012).

Il est suggéré :

- de comparer les taux de mortalité entre chaque configuration technique sur la base du linéaire équipé (ratio au km ou pour 100 m) ou à la surface de CPV clôturée (p. ex. ratio à l'hectare).
- d'intégrer notamment l'abondance de l'espèce aux environs du site à la date de survenue des collisions (p. ex. espèces sédentaires ou migratrices).

Le principe de ces études est de réaliser des mesures avant et après intervention sur le site d'étude ainsi que sur un site témoin servant de contrôle³⁵⁹ (encart n°33).



Entre autres sujets d'investigation, il est suggéré de préciser les conditions d'apparition d'un éventuel risque d'induction électrostatique sur des clôtures qui longeraient une ligne à haute tension sur plusieurs centaines de mètres. Au-delà de la seule problématique écologique et compte tenu de la spécificité des installations sous tension présentes et des réseaux de raccordement de la CPV, est-il possible de préciser les conditions de survenue éventuelle du risque (distance à la ligne haute tension) et son intensité ? Le cas échéant, quelles seraient les mesures préventives ? Pour mémoire, en élevage, une mise à la terre à espacements réguliers peut être préconisée (p. ex. tous les 50 m)³⁶⁰.

³⁵⁹ Comme recommandé notamment par W. Xu, PhD, spécialisée dans l'impact des clôtures sur les ongulés, Université de Californie, Berkeley, États-Unis (comm. pers.). Voir aussi (Sordello R. et al., 2019) pour le principe des protocoles.

³⁶⁰ (Min. Agr. et de la Pêche et al., 2003)

R.C.9 Étudier le risque de mortalité induite sur des infrastructures de transport proches

L'objectif est de préciser les conditions dans lesquelles des clôtures de CPV peuvent éventuellement augmenter le risque de collisions avec des véhicules lorsqu'elles sont susceptibles 1) de maintenir temporairement aux abords du trafic des animaux qui viennent de traverser les voies, ou 2) de guider des animaux qui les longent vers les voies (voir aussi R.C.6).

Il est suggéré que ces études ciblent en priorité des CPV situées p. ex. à 10 m maximum de routes ou voies ferrées non clôturées (ou perméables à la faune). Ces études pourraient tenir compte entre autres de la distance des exclos aux infrastructures.

R.C.10 Étudier la circulation des animaux autour des exclos pour mieux caractériser l'influence de leur dimensionnement et de celui des couloirs faunistiques

Il est suggéré de coupler les suivis classiques par pièges photographiques à des suivis par radiotracking (colliers GPS)³⁶¹ de sangliers, chevreuils et cerfs.

Compte tenu des capacités de déplacement des ongulés, ces suivis permettront d'obtenir aussi des données sur les itinéraires suivis par les animaux à l'échelle d'un territoire.

R.C.11 Poursuivre l'analyse documentaire spécifique aux clôtures de CPV au niveau français et international

Il est suggéré, en parallèle d'une veille sur la publication d'études scientifiques, de lancer un appel à « littérature grise » (i. e. « les publications et rapports techniques n'ayant pas fait l'objet d'une évaluation par des pairs scientifiques »³⁶²). Cet appel serait à mener au niveau français et international. Les documents visés ne seraient

pas les évaluations de type EIE, mais les éventuelles études non publiées documentant les impacts écologiques de clôtures de CPV (p. ex., suivis post-travaux). Cette analyse documentaire pourrait se faire dans le cadre d'une revue systématique³⁶³.

Références :

- ³⁶¹ Pour reprendre la suggestion récente de Sawyer et al. (2022).
- ³⁶² Au sens de la Fondation pour la recherche sur la biodiversité, citée par (Sordello R. et al., 2017).
- ³⁶³ (Livoreil B, 2018). Voir aussi les conseils méthodologiques de Sordello et al. (2017).

encart n°32. Concilier rigueur scientifique et suivis écologiques opérationnels.

Pour le maître d'ouvrage d'un aménagement, l'enjeu des suivis post-travaux est de produire des données objectives pour évaluer si les mesures d'atténuation mises en œuvre au titre de l'étude d'impact ont permis d'atteindre son obligation de résultats.

La façon la plus pertinente et efficace pour y parvenir est d'adopter une démarche scientifique. Les éléments principaux de cette démarche sont :

- **Une contextualisation scientifique de l'étude** : présenter l'état des connaissances sur le sujet. Cette étape introductory recense les connaissances issues de travaux scientifiques publiés dans des revues internationales à comité de lecture, mais aussi d'autres sources bibliographiques naturalistes ou techniques. Elle permet de justifier les raisons qui ont motivé le choix de la problématique de l'étude. Dans le cas des clôtures, le présent document (partie 3) peut constituer une base de référence à date.
- **Une définition claire de la problématique de l'étude** : il s'agit là de préciser quel effet est étudié, et à quelles échelles biologiques (une ou plusieurs espèces par exemple), spatiales (l'étude est-elle cantonnée à l'aménagement ou intègre-t-elle une échelle paysagère plus large ?) et temporelles (l'étude prend-elle en compte l'état du site avant l'aménagement, les cycles de vie des espèces cibles, etc. ?).
- **Un protocole expérimental** permettant d'évaluer l'intensité de l'effet après réalisation de l'aménagement et la mise en œuvre des mesures d'atténuation. Ce protocole doit être reproduit. Il doit aussi intégrer les critères habituels d'un plan d'échantillonnage tels que la répétabilité des mesures, un nombre de relevés suffisant pour permettre des analyses statistiques, la comparaison avec un contrôle, la mesure avant aménagement puis après (protocole BACI : encart n°33), etc.
- **Une analyse statistique** des données permettant de déterminer de manière objective si l'effet observé est significatif.
- **Une analyse critique des résultats et leur discussion** au regard de la bibliographie existante.
- **Une bibliographie** listant les différentes sources ayant été citées dans le texte.

Le respect strict d'une telle démarche scientifique lors des opérations de suivis écologiques sur les parcs photovoltaïques permettrait de produire des résultats exploitables et qui pourraient ainsi être comparés à d'autres suivis sur d'autres sites. In fine, les enseignements objectifs pourront être utilisés ultérieurement sur d'autres réalisations. Cette démarche n'entraîne pas nécessairement des coûts plus élevés que les suivis post-travaux standards, mais est un gage de « retour sur investissement »³⁶⁴.

Il est possible que des difficultés soient rencontrées sur certains points, mais elles pourront être abordées dans la discussion de l'étude. Cette démarche implique une prise en compte en amont des travaux du protocole de suivi ultérieur. Il s'agit non seulement de pouvoir réaliser les mesures avant impact (c. à d. le « point zéro » adapté au protocole), mais également que les opérations réalisées lors de l'aménagement (déroulement général, perturbation sur les sites de mesures, etc.) n'interfèrent pas avec les suivis (et réciproquement). La sensibilisation et l'implication de l'ensemble des partenaires (en particulier, les opérateurs de terrain au sein des entreprises de travaux puis d'exploitation et de maintenance) contribuent à la pertinence des choix méthodologiques (choix techniques, anticipation de perturbations ultérieures, etc.) puis au bon déroulé des suivis.

Cette démarche est implicite lors des études scientifiques recommandées sur des sites pilotes (RC. 7 à RC. 10). Utilement, elle serait également à prendre en compte le plus souvent possible lorsque les impacts pressentis sont les plus élevés (RC3 à RC6).

(article rédigé avec Nicolas Kaldonski, IMBE)

Références :

³⁶⁴ (Anderson, 2001)

encart n°33. Adopter un protocole type BACI pour intégrer la variabilité spatio-temporelle.

Les milieux ne sont pas figés dans le temps : l'observation d'une variation entre deux « moments » peut être le simple fait d'une dynamique écologique indépendante de la perturbation anthropique. Ainsi en pratique, la seule observation d'un phénomène après aménagement (p. ex., présence / absence de mortalités animales) ne permet pas toujours de statuer quant à l'influence de cet aménagement dans l'apparition ou l'intensité de ce phénomène. A fortiori, on ne pourra pas dire non plus avec certitude que c'est grâce aux mesures d'atténuation prises qu'un impact pressenti dans l'EIE a été réduit. Les protocoles de type BACI (Before-After-Control-Impact) visent à pallier ce risque d'erreur d'interprétation erronée.

Ils permettent de maîtriser deux types de variabilité :

- Le « **Before - After** » (Avant - Après) assure le **contrôle dans le temps** de l'indicateur, c'est-à-dire la variation entre son état avant et après l'aménagement. Dans le cadre d'un suivi post-travaux, ce contrôle n'est pas toujours aisément à mettre en œuvre. D'une part, l'impact n'est pas toujours prévu (d'où la nécessité, dans le cas d'une étude portant sur les clôtures, de bien définir en amont l'impact direct ou indirect recherché). D'autre part, la caractérisation de l'état initial de l'indicateur peut nécessiter plus de temps que n'offre la temporalité des travaux au regard de la phénologie des espèces étudiées (p. ex., présence / absence de certaines espèces animales sur la zone à une période donnée, ou encore temps de réponse de la dynamique végétale). Dans le cadre d'un projet de CPV équipé de clôtures, il faut souvent à minima disposer de relevés effectués avant le début des travaux, sur une année complète et aux différentes saisons. Étendre ces observations sur plusieurs années permettrait toutefois d'accéder à une variabilité interannuelle courante en Europe occidentale. La temporalité de l'impact étudié doit aussi être prise en compte dans l'élaboration du protocole d'étude : par exemple, s'agit-il d'impacts susceptibles d'intervenir tout au long de la durée d'existence de la perturbation (ici : la clôture) ? Au contraire, s'agit-il d'un impact susceptible d'advenir immédiatement après la pose de la clôture (mortalité sur des individus préexistants sur la zone p. ex.) et qui nécessite que les suivis démarrent dès la mise en place des clôtures ?
- Le « **Control - Impact** » (Contrôle - Impact) assure le **contrôle spatial** de l'indicateur, c'est-à-dire sa variation entre la zone impactée par l'aménagement (ici, la clôture de la CPV) et une zone équivalente non influencée par l'aménagement. En pratique, l'objectif est par exemple de savoir si l'évolution constatée sur ou aux abords d'une clôture de CPV est ou non la même que celle qui a lieu dans des habitats correspondants plus éloignés. Tout comme le contrôle temporel, ce contrôle spatial n'est pas toujours facile à mettre en œuvre dans le cadre d'un suivi post-travaux. La difficulté réside en grande partie dans l'identification et l'accès à des zones écologiquement équivalentes à la zone impactée. De plus, dans le cadre d'un projet de CPV clôturée, il faudra bien définir l'échelle de l'impact étudié. Ainsi, la rupture de continuité écologique ne s'envisagera pas de manière équivalente si l'étude porte sur l'entomofaune (capacité de traversée de clôtures par des lépidoptères ou des odonates par exemple) ou sur les grands mammifères.

Face cette double variabilité temporelle et spatiale, le plan d'échantillonnage doit prévoir des relevés multiples dans des conditions similaires. Ces « réplicats » permettront d'isoler les mesures aberrantes. De plus, par l'effet du hasard, un relevé peut être perturbé par un aléa climatique, environnemental ou encore anthropique non connu de l'observateur : la répétition des observations gommera le risque lié à ces aléas et offrira une plus grande robustesse aux analyses.

Dans tous les cas, la consultation d'un biostatisticien est indispensable pour définir le protocole d'étude, ainsi que les méthodes d'analyse des résultats. La multiplicité des situations écologiques implique une adaptation des protocoles au cas par cas tout en conservant une opérationnalité analytique (les résultats doivent pouvoir être exploités) et une faisabilité technico-économique (les suivis doivent être faisables). L'intérêt de cette démarche est enfin qu'elle permet un outil d'aide à la décision à coût constant : l'expérience montre que l'impossibilité d'analyser statistiquement (et donc objectivement) les résultats provient rarement d'un effort insuffisant d'échantillonnage. Au final, l'approche scientifique donne la possibilité de capitaliser objectivement le résultat des suivis.

(article rédigé avec Nicolas Kaldonski, IMBE)

4.3.4 Au niveau territorial (recommandations générales hors du cadre strict des CPV)

Les actions qui sont suggérées ici pour l'Etat, les Collectivités et la communauté scientifique dépassent le cadre de l'activité photovoltaïque. Elles contribueraient de façon générale à une meilleure prise en compte des enjeux liés aux clôtures à l'échelle d'un territoire dans son ensemble :

R.C.12 Promouvoir la mise en œuvre d'un observatoire local des clôtures

Au-delà du seul cadre des CPV, face au développement général des clôtures et aux cumuls de leurs impacts, le challenge réside dans la définition du niveau ou de l'instance adaptée à la concertation, à la planification et à la gouvernance sur une échelle suffisamment vaste pour couvrir les enjeux naturels d'un territoire donné. À l'instar de territoires qui ont fait office de précurseurs³⁶⁵, le SRADDET (Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires) pourrait être un maillon central du dispositif,³⁶⁶ mais son échelle (1/150 000^{ème}) semble peu adaptée à la bonne représentation et compréhension des dispositifs. En effet, face à l'objet si particulier que sont les clôtures, la précision des diagnostics et des recommandations environnementales qui en découlent constitue un défi technique d'envergure :

- Comment définir une typologie qui soit suffisamment précise pour intégrer la variété des réalisations, mais qui reste compatible avec l'établissement d'une cartographie opérationnelle ?
- Quel outil permettrait de cartographier « facilement » (c. à d. autrement qu'en les arpantant une à une) les clôtures sur un territoire dépassant quelques centaines d'hectares sachant que l'objet en lui-même est peu caractérisable, sinon complètement invisible sur les photographies aériennes standards ?
- Comment tenir compte du niveau d'étanchéité ou de dangerosité pour les différents taxons de faune tout au long des gigantesques linéaires concernés en tenant compte de l'état effectif du matériel ?
- À quel pas de temps actualiser les cartographies face à la prolifération continue des clôtures et à leur vieillissement³⁶⁷ ?
- etc.

Ces questions centrales, qui ont trait à la planification territoriale et à la conservation sur le long terme d'espaces perméables à la faune aux différentes échelles d'analyse, ont émergé à la rédaction de ce guide, mais il ne lui appartenait d'y répondre.

En pratique, et au-delà du seul contexte d'un projet de CPV donné, il est suggéré que l'Etat et les Collectivités envisagent la possibilité de déployer une cartographie globale des clôtures sur des territoires en lien par exemple avec le SRADDET. Cela nécessiterait de définir une méthode d'inventaire et de mise à jour qui tienne compte notamment de la diversité des techniques, de l'évolution des linéaires équipés ou encore du vieillissement des équipements.

 Face au manque de données pour la France sur les impacts directs liés aux clôtures, il serait également possible de développer des outils participatifs de remontée d'information, par exemple sur smartphone. En France, l'OGM a développé ce type d'enquête dans le cas de collisions sur câbles en domaine skiable via l'application mobile Survey123³⁶⁸. Pour les clôtures, une enquête en ligne sur les cas de collisions ou d'empêtrements est conduite en Afrique du Sud par Birdlife³⁶⁹ ou encore en Australie dans le cadre du projet Entangled Wildlife Australia³⁷⁰. La possibilité d'un accès à un outil dédié aux clôtures via le programme de sciences participatives Vigie-Nature serait à étudier (<https://www.vigienature.fr/>).

Références :

- ³⁶⁵ Voir p. ex. le SRADDET 2020 de la Région Centre - Val de Loire.
³⁶⁶ (Stevens et al., 2019)
³⁶⁷ Questions complétées de (Jakes et al., 2018).
³⁶⁸ (Coulombier et al., 2023)

³⁶⁹ Questionnaire à renseigner sur <https://www.birdlife.org.za/what-we-do/landscape-conservation/what-we-do/birds-and-fences/>

³⁷⁰ bit.ly/3qlEHPH

R.C.13 Organiser le récolelement des données de collisions animales sur les infrastructures de transport et leur mise à disposition

Il est suggéré que l'État organise le partage des données de collisions animales recensées sur les routes, autoroutes et voies ferrées. Il peut s'agir du résultat des suivis menés par les Directions Interdépartementales des Routes avec le MNHN³⁷¹, s'ils sont mis en œuvre sur les sites concernés, des éventuelles bases de données des gestionnaires de l'infrastructure (autoroutes, voies ferrées), ou encore des données des réseaux naturalistes ou cynégétiques.

Pour les CPV, l'intérêt est de permettre à la fois d'améliorer les phases d'évaluation environnementale des CPV, et de permettre d'analyser les résultats des suivis en phase d'exploitation des CPV.

Les conditions de la mise en œuvre de ces actions resteraient à définir, notamment l'organisme en charge de l'animation de ces démarches.



(Photo : © S. et G. Fol)

Références :

³⁷¹ Voir p. ex. les analyses et les cartes (Billon, 2019).



(Photo : C. Berton)

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Comme sur d'autres sites sensibles, la sécurisation périphérique des CPV par des clôtures répond à des objectifs fixés par le maître d'ouvrage et tributaires de contraintes assurantielles. Spécifique à chaque projet, il semble fondamental de chercher à repréciser ce cadre en amont de toute nouvelle réalisation. Cela conditionne en effet le panel des options techniques envisageables, le niveau de leurs impacts écologiques potentiels et, in fine, les mesures d'atténuation à mettre en œuvre.

Pour les CPV, à ce stade des retours d'information, au vu des études d'impacts actuelles et des rares études publiées disponibles, les enjeux de fragmentation écologique et de modification de la connectivité semblent prépondérants par rapport aux impacts directs (mortalité et blessures). En termes d'impacts faunistiques directs (blessures, collisions, empêtrement), aucun élément à notre disposition ne permet d'établir une dangerosité spécifique des clôtures périphériques dans le cas particulier d'une CPV. Des collisions au moins ponctuelles y sont néanmoins rapportées ou suspectées dans de rares publications, mais aucun cas de mortalité direct n'a été rapporté dans les échanges avec la filière à l'occasion de la rédaction de ce guide. Cela pourrait-il venir d'un contexte propre au secteur d'activité comme les types de matériels utilisés actuellement, les sites choisis ou encore la proximité des panneaux et installations techniques qui renforcerait l'évitement des clôtures par les oiseaux en vol ? Cela peut également résulter d'un manque d'études spécifiques à ce sujet. Des suivis post-réalisation permettraient de mieux caractériser le phénomène, tout en veillant à comparer les éventuels taux de mortalité relevés à ceux enregistrés sur des clôtures de même type dans les mêmes secteurs ou à minima dans des contextes écologiques comparables. Ce pourrait être l'objet d'une étude scientifique en soi avec les difficultés techniques liées à la recherche des indices de collisions et à la détermination de la cause. À ce stade, rien ne permet de minorer ou de majorer le risque sur les exclos de CPV, par rapport à d'autres types d'installations clôturées, à configuration technique et contexte écologique équivalents.

Compte tenu de la dangerosité avérée de différents types de clôtures documentée par ailleurs, principalement en conditions naturelles, forestières ou pastorales, et de la contribution de toute nouvelle clôture à la fragmentation écologique du territoire, nous suggérons d'adopter par précaution des mesures préventives (méthodologiques ou techniques) au moins dans les situations où les enjeux écologiques sont les plus importants. L'ensemble des niveaux d'impacts écologiques possibles illustrés dans ce guide doit rester à l'esprit tout au long des phases de conception des projets et d'évaluation (pour ceux qui y sont soumis) afin de prévenir des situations mêmes ponctuelles susceptibles de présenter des risques particuliers.

La rédaction de ce guide a été l'occasion de proposer une méthodologie pour aborder cette problématique complexe. Elle s'articule autour des axes suivants :

- fixer par secteur les objectifs de perméabilité à la faune qui intègrent les objectifs de sécurisation, les enjeux écologiques à l'extérieur et à l'intérieur du site, ainsi que le mode de gestion dans les entreprises ;
- définir un contour général qui limite les situations à risque et ménage au besoin des couloirs faunistiques ;
- utiliser des dispositifs les moins dangereux possibles ;
- déposer les équipements en fin de vie ou obsolètes ;
- assurer un retour d'expérience contextualisé au cas des CPV et des types de clôtures qui y sont mis en œuvre.

Par ailleurs, et au-delà du seul cadre des CPV, des innovations techniques sont sans doute à imaginer pour améliorer la visibilité et la perméabilité des clôtures, tout en intégrant la dimension esthétique et paysagère et en limitant les contraintes de maintenance ultérieure.

La clôture ou tout autre dispositif d'exclusion fait partie intégrante du projet d'aménagement dont les impacts se cumulent à ceux des autres équipements présents sur le site, mais aussi aux environs. L'une des difficultés tient alors à la diversité des échelles d'analyse nécessaire « de l'individu à l'écosystème » et « du niveau local jusqu'à celui du territoire »³⁷². En ce sens, les clôtures revêtent un enjeu de concertation à l'échelle du territoire et qui dépasse le cadre du seul projet photovoltaïque.

Face à un domaine scientifique émergent, le besoin d'un retour d'expérience qui soit adapté au contexte et au matériel spécifique des CPV demande la mise en place de suivis dédiés à la problématique des clôtures à différents niveaux : monitoring en routine des collisions et empêtrements qui seraient observés de façon fortuite lors des actions d'exploitation des sites, études dédiées sur les sites à plus forts niveaux d'enjeux écologiques ou travaux scientifiques spécifiques (protocole BACI) sur un panel de CPV. La mise en commun des résultats pourra permettre d'améliorer les connaissances, d'avoir une vision plus fine de ce sujet complexe dans le cadre des CPV et d'adapter les recommandations.

En contribuant à la sensibilisation sur cette thématique, la diffusion de cet ouvrage favorisera la remontée d'exemples et de cas particuliers, voire de résultats non publiés qui permettront d'enrichir la réflexion. En ce sens, ce guide est d'ores et déjà appelé à être évolutif et adapté à d'autres secteurs.

Compte tenu du caractère émergent de la problématique des clôtures de façon générale et du manque de retour d'expérience en particulier sur des emprises anthropisées comme les CPV, ainsi que du cadre imparfait à ce travail, ce guide sera nécessairement apparu incomplet. Puisse cette « première pierre » susciter de nouvelles approches et des innovations techniques.

Références :

³⁷² Adapté de Jakes et al. (2018).



(Photo : C. Berton)

RÉFÉRENCES

- ADEME, I Care & Consult, Ceresco, Cétac, 2021. Caractériser les projets photovoltaïques sur terrains agricoles et l'agrivoltaïsme - Guide de classification des projets et définition de l'agrivoltaïsme.
- Allen, G.T., Ramirez, P., 1990. A review of bird deaths on barbed-wire fences. *Wilson Bulletin* 102, 553–558.
- Alliance hérissons, n.d. URL <https://www.facebook.com/113530942130694/photos/a.153824314768023/609643639186086/?type=3>.
- Alligand G., Hubert S., Legendre T., Millard F., Müller A., 2018. Guide d'aide à la définition des mesures éviter, réduire, compenser, Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, CGDD, CEREMA, 134 p. (coll. THEMA Balises).
- Alonso, J.A., Alonso, J.C., 1999. Collision of birds with overhead transmission lines in Spain. In *Birds and Power Lines: Collision, Electrocution and Breeding*, Madrid
- Al-Rowaily, S. L. et al., 2015. Effects of open grazing and livestock exclusion on floristic composition and diversity in natural ecosystem of Western Saudi Arabia. *Saudi J. Biol. Sci.* 22, 430–437
- Anderson, D.R., 2001. The Need to Get the Basics Right in Wildlife Field Studies. *Wildlife Society Bulletin* 29, 1294–1297.
- Andrieu, M., 2012. Le hérisson d'Europe, *Erinaceus Europaeus*, indicateur de la biodiversité en ville de Nantes (44) – Études Parasitologiques et Toxicologiques (thèse pour le diplôme d'État de docteur vétérinaire). École Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes atlantique - ONIRIS, Nantes.
- Animex, 2021. The Wildlife Fencing Guide: Amphibians, Reptiles & Small Mammals. [WWW Document]. URL https://handbookwildlifetraffic.info/wp-content/uploads/2021/12/The_Wildlife_Fencing_Guide_-_Animex_International_.pdf.
- ArcelorMittal, n.d. Product catalogue Fencing.
- Arthur, L., Lemaire, M., 2015. Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse, Biotope, MNHN. ed, Parthénope, Méze, Paris.
- Ascherö, V., García, D., 2012. The fencing paradigm in woodland conservation: Consequences for recruitment of a semi-arid tree. *Appl. Veg. Sci.* 15, 307–317.
- Auclerc, A., 2021. Découvrir les invertébrés vivant à la surface du sol. Ed. QAE.
- Baines, D., Andrew, M., 2003. Marking of deer fences to reduce frequency of collisions by woodland grouse. *Biological Conservation* 110, 169–176. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00185-4](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00185-4)
- Baines, D., Summers, R.W., 1997. Assessment of Bird Collisions with Deer Fences in Scottish Forests. *The Journal of Applied Ecology* 34, 941. <https://doi.org/10.2307/2405284>
- Baltzinger, C., 2015. DYSPERSE - Comité de concertation 5.
- Baltzinger, C., n.d. En Sologne, la biodiversité est-elle menacée par les clôtures ? [WWW Document]. The Conversation,. URL <https://theconversation.com/en-sologne-la-biodiversite-est-elle-menacee-par-les-clotures-103129>
- Beck A., 2009. Electric fence induced mortality in South Africa. (MSc dissertation). University of the Witwatersrand, Johannesburg.
- Belliot, M., 2021. Clôturer sans s'enfermer. La Maison Ecologique.
- Ben-Shahar R., 1993. *J. Trop. Ecol.* 9, 249
- Berthoud, G., 1980. Le hérisson (*Erinaceus europaeus* L.) et la route. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 34, 361–372.
- Bessega, C., Pometti, C., Campos, C., Saidman, B.O., Vilardi, J.C., 2017. Implications of mating system and pollen dispersal indices for management and conservation of the semi-arid species *Prosopis flexuosa* (Leguminosae). *Forest Ecology and Management* 400, 218–227. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.06.007>
- Bevanger, K., 1994. Bird interactions with utility structures: collision and electrocution, causes and mitigating measures. *Ibis* 136(4), 412–425.
- Bildungszentrum Triesdorf, n.d. Kriterienkatalog. Pflichtkriterien zur Einhaltung der Triesdorfer Biodiversitätsstrategie – Biodiversität auf Photovoltaik-Freiflächenanlagen.
- Billon, L., 2019. Note annuelle d'analyse de la répartition des collisions faune/véhicule - DIR Méditerranée – Données récoltées en 2017. UMS 2006 Patrimoine naturel, AFB, CNRS, MNHN.
- BirdLife Europe, 2011. Meeting Europe's Renewable Energy Targets in Harmony with Nature. The RSPB, Sandy, UK.
- BirdLife South Africa, n.d. Birds and Fences: Minimising Unintended Impacts [WWW Document]. BirdLife South Africa. URL <https://www.birdlife.org.za/what-we-do/landscape-conservation/what-we-do/birds-and-fences/>
- Boone, R. B., Hobbs, N. T., 2004. Lines around fragments: Effects of fencing on large herbivores. *African Journal of Range & Forage Science* 3, 147–158.
- Booth, C., 2006. Barbed Wire Action Plan (2007 update). Queensland Conservation.
- Boyle, S.P., Dillon, R., Litzgus, J.D., Lesbarrères, D., 2019. Desiccation of herpetofauna on roadway exclusion fencing. *Can Field Nat* 133, 43–48. <https://doi.org/10.22621/cfn.v133i1.2076>
- Bradley, L.C., Fagre, D.B., 1988. Coyote and bobcat responses to integrated ranch management practices in southTexas. *Journal of Range Management* 41 322–327.
- BRE, 2014. National Solar Centre Biodiversity Guidance for Solar Developments. BRE. Eds G E Parker and L Greene.
- British Edgehog Preservation Society, n.d. The Basic Facts, barringtonprint. ed, Know your Hedgehog series. Leominster.
- British Edgehog Preservation Society, People's Trust for Endangered Species, n. d. (a). Hedgehogs and development.
- Buchi, F., n.d. Corridors écologiques: des idées innovantes. [WWW Document]. La petite chronique de la terre. URL <http://blog-petitechroniquedelaterre-tfl-lci-fr.over-blog.com/article-23087656.html>.
- Buffière, D., Gautherot, G., Eychenne, R., Lauer, E., Marty, E., Robert, E., Rouillon, A., 2019. Petite faune de montagne et pastoralisme : bilan actions sur 10 années. 2018. Groupe Technique National Agrifaune (GTNA).
- Burger, M., Branch, W. R., 1994. Tortoises mortality caused by electrified fences in the Thomas Baines Nature Reserve. *South African Journal of Wildlife Research* 24 (1–2), 32–37.
- Buton, C., 2021. Impact naturaliste de la contention périmetrale des sites industriels, éléments de réflexion autour des parcs photovoltaïques.
- Buton, C., Nowicki, F., Saint-Andrieux, C., 2022. Projet exploratoire ESCAPE XXL, Etat des connaissances et retour d'expérience sur les dispositifs de sortie des clôtures pour les ongulés sauvages, rapport final, programme ITTECOP. <https://ittecop.fr/fr/ressources/telechargements/rapport-final/rapports-ittecop-apr-2020/1296-ittecop-apr2020-projet-exploratoire-escape-xxl-rf-2022-0624/file>
- Carsignol, J., Tekielak, G., 2019. Clôtures routières et ferroviaires & faune sauvage - Critères de choix et recommandations d'implantation, CEREMA. ed, Connaissances.
- Carvalho, C.M. de, Rodarte-Almeida, A.C. da V., Santana, M.I.S., Galera, P.D., 2018. Avian ophthalmic peculiarities. *Cienc. Rural* 48. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170904>
- Cassidy L., Fynn R., Sethebe B., 2013. *Afr. J. Ecol.* 51, 513.
- Catt, D.C., Dugan, D., Green, R.E., Moncrieff, R., Moss, R., Picozzi, N., Summers, R.W., Tyler, G.A., 1994. Collisions against Fences by Woodland Grouse in Scotland. *Forestry* 67, 105–118. <https://doi.org/10.1093/forestry/67.2.105>
- CEREMA, 2021. Les passages à faune. Préserver et restaurer les continuités écologiques avec les infrastructures linéaires de transport, Références.
- CEREMA, 2018. Chiroptères et infrastructures de transport - Note d'information, Connaissances.
- CGDD, 2019. Le principe de proportionnalité dans l'évaluation environnementale, Théma. CGDD.
- Chock, R.Y., Clucas, B., Peterson, E.K., Blackwell, B., Blumstein, D.T., Church, K., Fernández-Juricic, E., Francescoli, G., Greggor, A.L., Kemp, P., Pinho, G.M., Sanzenbacher, P.M., Schulte, B.A., Toni, P., 2021. Evaluating potential effects of solar power facilities on wildlife from an animal behavior perspective. *Conservation Science and Practice* 13.
- Conan, A., Fleitz, J., Garnier, L., Brishoual, M.L., Handrich, Y., Jumeau, J., 2022. Effectiveness of wire netting fences to prevent animal access to road infrastructures: an experimental study on small mammals and amphibians. *Nature Conservation* 47, 271–281. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.4771472>
- Cornwell, G., Hochbaum, H.A., 1971. Collisions with wires—a source of anatid mortality. *Wilson Bulletin* 83, 305–306.
- Coulobrier, J., Dos Santos, V., Champly, Ilka, 2023. Protéger les oiseaux de montagne dans les domaines skiables. Biodiversité. Des clefs pour agir. 3, 4–5.
- Cypher, B. L., Westall, T. L., Spencer, K. A., Meade, D. E., Kelly, E. C., Dart, J., van Horn Job, C. L., Kelly, E. C., Dart, J., van Horn Job, C. L., 2019. Response of San Joaquin kit foxes to topaz solar farms: Implications for conservation of kit foxes. (Final Report). BHE Renewables Topaz Solar Farms.

- Davies-Mostert, H.T., Mills, M.G.L., Macdonald, D.W., 2013. Hard boundaries influence African wild dogs' diet and prey selection. *Journal of Applied Ecology* 50, 1358–1366. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12129>
- Davoine, E., 2012. « Sûreté et sécurité deux métiers ou une profession ? » (Licence professionnelle sécurité des biens et des personnes). Paris V Descartes.
- DDTM du Gard, 2017. Guide à l'attention des porteurs de projets photovoltaïques de projets photovoltaïques au sol.
- de Juan, E., Martinez, C., 1997. European Union Species Action Plan for Little Bustard (Tetrax tetrax).
- Deer Fence Elevation with Mammal Gate.pdf [WWW Document], n.d. URL <http://www.planapps.torfaen.gov.uk/CwrtHenllysFarm/Application%20Information/Deer%20Fence%20Elevation%20with%20Mammal%20Gate.pdf>.
- Devilleger, C., Roulet, J.-J., David, Y., Serre, D., Lesage, C., Reverchon, S., 2010. Fragmentation du territoire par les clôtures : une dynamique préoccupante dans le Loiret. Étude d'impact sur le cerf élaphe. *Faune sauvage* 7.
- DREAL Grand Est, 2018. Guide réglementaire du photovoltaïque au sol.
- Drewitt, A.L., Langston, R.H.W., 2008. Collision Effects of Wind-power Generators and Other Obstacles on Birds. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1134, 233–266. <https://doi.org/10.1196/annals.1439.015>
- Edeburn, R.M., 1973. Great Horned Owl impaled on barbed wire. *Wilson Bulletin* 85, 478.
- Evans R., 1997. Soil erosion in the UK initiated by grazing animals. *Applied Geography* 17 127–141.
- Fagart, S., Quainten, G., Heurtebise, C., Chavaren, P., 2016. Retour d'expérience des aménagements et des suivis faunistiques sur le réseau VINCI Autoroutes - Rapport (Retour d'expérience). VINCI Autoroutes.
- Fahrig L., 2017a. Forty years of bias in habitat fragmentation research., in: *Effective Conservation Science: Data Not Dogma*. Oxford Univ. Press. In press, Oxford.
- Fazan, L. et al., 2021. Free behind bars: Effects of browsing exclusion on the growth and regeneration of Zelkova abelicea. *For. Ecol. Manag.* 488, 118967.
- Fence Markers to Prevent Sage Grouse Collisions: Frequently Asked Questions [WWW Document], 2014. . Sage Grouse Initiative. URL <https://www.sagegrouseinitiative.com/fence-markers-get-make/>.
- Fence Marking – Sutton Center, n.d. URL <https://www.suttoncenter.org/conservation/fence-marking/>.
- Fenceshop.eu, n.d. S38 Anti-taupe Le filet anti-taupe à enterrer [WWW Document]. URL <https://www.fenceshop.eu/fr/produit/grillage-en-plastique/s38-anti-taupe/518>.
- Fenu, G. et al., 2020. A common approach to the conservation of threatened island vascular plants: First results in the Mediterranean Basin. *Diversity* 12, 157.
- Ferronato, B.O., Roe, J.H., Georges, A., 2014. Reptile bycatch in a pest-exclusion fence established for wildlife reintroductions. *Journal for Nature Conservation* 22, 577–585. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2014.08.014>
- Fitzner, R.E., 1975. Owl mortality on fences and utility lines. *Raptor Research* 9, 56–57.
- Flesch, A.D., Epps, C.W., Cain III, J.W., Clark, M., Krausman, P.R., Morgart, J.R., 2010. Potential Effects of the United States-Mexico Border Fence on Wildlife. *Conservation Biology* 24, 171–181. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01277.x>
- Flying Fox Supporters Australia, 2021. Bat Friendly Fencing [WWW Document]. URL <https://www.flyingfoxsupporters.com.au/news/bat-friendly-fencing>.
- France Bleu, 2022. La loi contre l'engrillagement de la Sologne repoussée aux calendes grecques [WWW Document]. France Bleu. URL <https://www.francebleu.fr/amp/infos/politique/la-loi-contre-l-engrillagement-de-la-sologne-repousee-aux-calendes-grecques-1644433882>.
- France Bleu, 2020. Engrillagement de la Sologne : la colère des habitants monte d'un cran [WWW Document]. France Bleu. URL <https://www.francebleu.fr/infos/environnement/engrillagement-de-la-sologne-la-colere-des-habitants-monte-d-un-cran-160933911>.
- France Bleu, 2018. Sale temps pour les hérissons en Alsace [WWW Document]. URL <https://www.francebleu.fr/infos/climat-environnement/sale-temps-pour-les-herissons-en-alsace-1528643182>.
- Froissart, Y., 2011. Faire face aux engrillages en milieu naturel, agricole et forestier en Grande Sologne. Etude – Concertation.
- Furrer, S., 2021. Les clôtures sont un réel danger pour les animaux sauvages [WWW Document]. L'Ami des Animaux. URL <https://www.tr-ada.ch/fr/categories/animaux-sauvages/225-les-clotures-sont-un-reel-danger-pour-les-animaux-sauvages>.
- Gagnon, J.W., Loberger, C.D., Ogren, K.S., Beach, C.A., Nelson, H.P., Sprague, S.C., 2020. Evaluation of the Effectiveness of Wildlife Guards and Right of Way Escape Mechanisms for Large Ungulates in Arizona (FINAL (2015 – 2019) No. SPR-729). AZDOT (Arizona Department of Transportation).
- Gerringer, M.B., Smith, K.T., Kosciuch, K.L., 2022. Observations of Greater Sage-Grouse at a Solar Energy Facility in Wyoming. *Western North American Naturalist* 82. <https://doi.org/10.3398/064.082.0121>
- GCP, 2015. Les chauves-souris de Provence. 20 ans d'actions.
- GloucestershireLive, 2019. Pregnant hedgehog found completely stuck in hole in fence [WWW Document]. GloucestershireLive. URL <https://www.glostershirelive.co.uk/news/cheltenham-news/pregnant-hedgehog-found-completely-stuck-3254138>.
- Grodsky, S.M., Moore-O'Leary, K.A., Hernandez, R.R., 2017. From butterflies to bighorns: Multi-dimensional species-species and species-process interactions may inform sustainable solar energy development in desert ecosystems 6.
- Grudzinski BP., Daniels MD., Anibas K., Spencer D., 2016. Bison and cattle grazing management, bare ground coverage, and links to suspended sediment concentrations in grassland streams. *Journal of the American Water Resources Association* 52, 16–30.
- Guerin, T., 2017. A case study identifying and mitigating the environmental and community impacts from construction of a utility-scale solar photovoltaic power plant in eastern Australia. *Solar Energy* 146, 94–104. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.02.020>
- Guisset C., Beaumes J., Chevrot K., Gaultier P., Pimenta R., 2014. Bilan d'activité 2014 de la Réserve Naturelle de Py. Réserve Naturelle de Py.
- GWCT, 2013. Blackgrouse.Fencecollisionsandmarking[WWW Document]. URL <https://www.gwct.org.uk/media/208710/Black-grouse-fence-collisions-and-marking.pdf>.
- Harrington, J.L., 2005. Characteristics of ungulate behavior and mortality associated with wire fences. Utah State University, Logan, Utah.
- Harrington, J. L., Conover, M. R., 2010. Characteristics of ungulate behavior and mortality associated with wire fences. *Wildlife Society Bulletin*, 34 1295–1305.
- Harrison, C., Lloyd, H., Field, C., 2017. Evidence review of the impact of solar farms on birds, bats and general ecology 125.
- Hayward, M.W., Kerley, G.I.H., 2009. Fencing for conservation: Restriction of evolutionary potential or a riposte to threatening processes? *Biological Conservation* 142, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.09.022>
- Hepburn, L., 2016. School children rescue hedgehog stuck in playground fence [WWW Document]. Eastern Daily Press. URL <https://www.edp24.co.uk/news/school-children-rescue-hedgehog-stuck-in-playground-fence-882416>.
- Highway Agency, 2006. Best practice in enhancement of highway design for bats. Revue de littérature. Halcrow Group Limited.
- Hof AR, Bright PW, 2009. The value of green-spaces in built-up areas for western hedgehogs. *Lutra* 52, 69–82.
- Horváth, G., Kriska, G., Malik, P., Robertson, B., 2009. Polarized light pollution: a new kind of ecological photopollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7, 317–325. <https://doi.org/10.1890/080129>
- Hubert, P., 2008. effets de l'urbanisation sur une population de hérissons européens (*Erinaceus europaeus*) (THESE Pour obtenir le grade de docteur de l'Université de Reims - Champagne-Ardenne Spécialité : Eco-éthologie). Université de Reims Champagne-Ardenne UFR Sciences Exactes et Naturelles Ecole doctorale Sciences Technologies Santé.
- Hubert, P., Julliard, R., Biagioli, S., Pouille, M.-L., 2011. Ecological factors driving the higher hedgehog (*Erinaceus europaeus*) density in an urban area compared to the adjacent rural area. *Landscape and Urban Planning* 103, 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.05.010>
- Idriess, I., 2011. The Cattle King. Angus and Robertson, Sydney.
- I Care & Consult, Biotope, 2020. Photovoltaïque et biodiversité : exploitation et valorisation des données issues de parcs photovoltaïques en France. ENERPLAN / SER / Région Nouvelle-Aquitaine / Région Occitanie / Région Provence-Alpes-Côte d'Azur.
- Islam, M. Z., Ismail, K., Boug, A., 2010. Catastrophic die-off of globally threatened Arabian oryx and sand gazelle in the fenced protected area of the arid central Saudi Arabia. *Journal of Threatened Taxa*, 2 677–684.

- IEENE, 2022. Wildlife & Traffic. A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions. 7 Solutions to reduce transport infrastructure impacts on wildlife.
- Ikuta, L., Blumstein, D., 2003. Do fences protect birds from human disturbance? *Biological Conservation* 112(3) 447–452.
- Iñigo, A., Barov, B., 2010. Species Action Plan for the Little Bustard *Tetrax tetrax* in the European Union. SEO|BirdLife and BirdLife International for the European Commission.
- Iuell, B., Bekker, H.G.J., Cuperus, R., Dufek, J., Fry, G., Hicks, C., Hlaváč, V., Keller, V., Rosell, C., Sangwine, T., Torslov, N., Wandall, B., le M., 2007. COST 341 Fragmentation des habitats due aux infrastructures de transport. Faune et Trafic. Manuel européen d'identification des conflits et de conception de solutions. Traduction assurée par le Sétra du document original publié en 2003 : *Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions*, les rapports. SETRA.
- Jakes, A.F., Jones, P.F., Paige, L.C., Seidler, R.G., Huijser, M.P., 2018. A fence runs through it: A call for greater attention to the influence of fences on wildlife and ecosystems. *Biological Conservation* 227, 310–318. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.09.026>
- Jenkins, A.R., Ralston-Paton, S., Smit-Robinson, H.A., 2017. Best Practice Guidelines. Birds & Solar Energy. Guidelines for assessing and monitoring the impact of solar power generating facilities on birds in southern Africa. BirdLife South Africa.
- Johnson, G., 2020. Development threats to hedgehogs. Hedgehog Street, joint campaign from the People's Trust for Endangered Species and the British Hedgehog Preservation Society.
- Jourde P., 2008. Le hérisson d'Europe, Les sentiers du naturaliste. Delachaux & Niestlé.
- Kaldonski, N., Thorel, M., Vellot O., Cluchier A., Illac P., Pillods, M., 2020. Pieso Boost. Boîte à Outils pour l'Optimisation des Suivis écologiques et des Techniques d'intégration de l'énergie solaire. ECOMED, IMBE, TOTAL Quadran, ADEME.
- Kamath, A., Primavera, S.D., Wright, C.M., Doering, G.N., Sheehy, K.A., Pinter-Wollman, N., Pruitt, J.N., 2019. Collective behavior and colony persistence of social spiders depends on their physical environment. *Behavioral Ecology* 30, 39–47. <https://doi.org/10.1093/beheco/ary158>
- Kesch, K. M., Bauer, D. T., Loveridge, A. J., 2014. Undermining game fences: who is digging holes in Kalahari sands? *African Journal of Ecology* 2, 144–150.
- Klaassen, R., Schaub, T., Ottens, H.-J., Schotman, A., Snethlage, J., Mol, G., 2018. Literatuurstudie en formuleren richtlijnen voor een ecologische inrichting van zonneparken in de provincies Groningen en Noord-Holland, eindrapportage (eindrapportage). Rijksuniversiteit Groningen, Grauwe Kiekendief - Kenniscentrum Akkervogels, Wageningen Environmental Research.
- Knight, R. L., Skriletz, J., Ryan, D. C., 1980. Four additional cases of bird mortality on barbed-wire fences. *West. Birds* 11, 202.
- Kosciuch, K., Riser-Espinoza, D., Gerringer, M., Erickson, W., 2020. A summary of bird mortality at photovoltaic utility scale solar facilities in the Southwestern U.S. *PLoS ONE* 15, e0232034. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232034>
- Laroche, N., Fournier, C., Dufour, M., 2005. Aménagement pour l'élevage des grands cervidés. Instructions complètes. Québec.
- Laramédy, S., Chollet, M., 2022. Végétal et espaces de nature dans la planification urbaine – Recueil de fiches actions. Plante & Cité, Angers.
- Laurance, B., Oosterzee, P. van, n.d. From Australia to Africa, fences are stopping Earth's great animal migrations [WWW Document]. The Conversation. URL <http://theconversation.com/from-australia-to-africa-fences-are-stoppingearths-great-animal-migrations-114586>
- Lavelle, M.J., Fischer, J.W., Hygnstrom, S.E., White, J.J., Hildreth, A.M., Phillips, G.E., Vercauteren, K.C., 2010. Response of Deer to Containment by a Poly-Mesh Fence for Mitigating Disease Outbreaks. *The Journal of Wildlife Management* 74, 1620–1625. <https://doi.org/10.1111/j.1937-2817.2010.tb01293.x>
- Lawson, N., 2016. The Dangers of Fencing and Netting. Humane Gardener. URL <https://www.humanegardener.com/dangers-fencing-netting/>
- Le hérisson - participons à sa protection. [WWW Document], n.d. . Nature et environnement en Nièvre. URL <https://ecologie58.blog4ever.com/le-herisson-participons-a-sa-protection>
- Lee, A.T.K., Macray, M.B., Ryan, P.G., Alexander, G.J., 2021. Tortoise mortality along fence lines in the Karoo region of South Africa. *Journal for Nature Conservation* 59, 125945. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2020.125945>
- Lesiński, G., 2000. Location of Bird Nests in Vertical Metal Pipes in Suburban Built-Up Area of Warsaw. *Acta Ornithologica* 35, 211–214. <https://doi.org/10.3161/068.035.0203>
- Ley, A.J., Tynan, B., 2008. Bird Casualties in Fences in Diamantina National Park, Queensland, 1996–2008. (Ley and Tynan, n.d.) 96–98.
- Lisney, T.J., Iwaniuk, A.N., Kolominsky, J., Bandet, M.V., Corfield, J., 2012. Interspecific variation in eye shape and retinal topography in seven species of galliform bird (Aves: Galliformes:Phasianidae). *Journal of Comparative Physiology A*, 198, 717–731.
- Livoreil B., 2018. La revue systématique (No. 2nde édition). FRB, Paris, France.
- Lockman, D. C., Wood, R., Burgess, H., Burgess, R., Smith, H., 1987. Rocky Mountain Trumpeter Swan Population, Wyoming Flock. (Unpubl. Prog. Rep.). Wyoming Game and Fish Dept., Cheyenne, Wyoming.
- Lohmann M., 2004. Le Hérisson, ARTEMIS. ed. Chamalières.
- Lorite, J., Salazar-Mendías, C., Pawlak, R., Cañadas, E.M., 2021. Assessing effectiveness of exclusion fences in protecting threatened plants. *Sci Rep* 11, 16124. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95739-4>
- LPO, 2014. Limiter l'impact des clôtures sur la biodiversité (synthèse de l'atelier thématique du Club U2B du 24 novembre 2014).
- LPO Mission Hérisson, 2021. Créez des passages dans vos clôtures pour aider les hérissons [WWW Document]. URL <https://missionherisson.fr/news/191>.
- Mackie, R. J., 1981. Interspecific relationships., in: *Mule and Black-Tailed Deer of North America*. Lincoln, Nebraska, USA., pp. 487–507.
- Maréchal, J., Hoeffner, K., Marié, X., Cluzeau, D., 2021. Response of earthworm communities to soil engineering and soil isolation in urban landscapes. *Ecological Engineering* 169, 106307. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106307>
- Martin, P.E., Wright, R., 1997. Fiche technique Clôtures pour cervidés.
- Martinez, O., 2020. Bilan sur la mise en oeuvre des mesures d'évitement et de réduction dans la construction de centrales photovoltaïques au sol en Provence-Alpes-Côte-d'Azur (Travail de fin d'études ingénieur). ENTPE, DREAL PACA.
- Marx, G., 2022. Centrales photovoltaïques et biodiversité : synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer. LPO, Pôle protection de la Nature.
- Matar, Z., 2020. Promoting biodiversity in photovoltaic solar fields- a financial overview through systems thinking (Bachelor Thesis). University of Groningen, Faculty of Science and Engineering.
- Mbaiwa, J. E., Mbaiwa, O. J., 2006. The effects of veterinary fences on wildlife populations in Okavango Delta, Botswana. *International Journal of Wilderness*, 12 17–41.
- McInturff, A., Xu, W., Wilkinson, C.E., Dejid, N., Brashares, J.S., 2020. Fence Ecology: Frameworks for Understanding the Ecological Effects of Fences. *BioScience* biaa103. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa103>
- MEDDE, 2013. Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels, Commissariat général au développement durable (CGDD), Direction de l'Eau et de la Biodiversité (DEB), 230 p.
- MEDDTL, 2011. Installations photovoltaïques au sol. Guide de l'étude d'impact. Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement.
- MEEDDAT, 2009. Guide sur la prise en compte de l'environnement dans les installations photovoltaïques au sol. L'exemple allemand.
- Menoni, E., Ferrier B., Heck J., Canut M., 2014. Mortalité d'oiseaux par collision de câbles de remontées mécaniques et de clôtures. Tests concernant les biais de détection et la vitesse de disparition des cadavres d'oiseaux.
- Mettler, D., Koller, N., Obermann, M., 2006. Clôtures de protection en agriculture contre la faune sauvage. AGRIDEA.
- Meunier, F., 2000. Etude expérimentale du comportement de franchissement d'une clôture par des chevreuils. CERA Environnement.
- Milhau, B., 2019. Inventaire des clôtures dangereuses pour les galliformes de montagne et bilan de leur visualisation dans les Pyrénées françaises. Mise à jour 2018. Observatoire des Galliformes de montagne (OGM).
- Min. Agr. et de la Pêche, EDF, PROMOTELEC, Assemblée Permanente des Chambres d'Agriculture, GROUPAMA, 2003. Mieux connaître les risques des courants électriques parasites dans les exploitations d'élevage.
- Mitchell-Jones, A.J. (Ed.), 2007. Protecting and managing underground sites for bats, EUROBATS publication series. UNEP/EUROBATS, Bonn.

- Montiani-Ferreira F, 2001. Ophthalmology, in: Biology Medicine, and Surgery of South American Wild Animals, 1 Ed. Fowler M.E. & Cuba Z.S. (Eds). Iowa State University Press, pp. 437–456.
- Moss, R., Picozzi, N., Summers, R.W. , Baines, D., 2000. Capercaille Tetrao urogallus in Scotland – demography of a declining population. *Ibis* 259–267.
- Næss, N. W., 2013.. *Int. J. Sust. Dev. World Ecol.* 20, 123.
- National Butterfly Center Gets Reprieve—But Border Wall Will Impact Much More [WWW Document], n.d. . Xerces Society. URL <https://xerces.org/blog/border-wall-impacts>.
- Noblet, J.F., 2010. Neutraliser les pièges mortels pour la faune sauvage. Conseil Général de l'Isère.
- O'Brien, E., Grif van der, E., Elmeros, M., Wilson-Parr, R., Carey, C., 2018. Roads and Wildlife Manual (No. CEDR Contractor Report 2018-3). CEDR (Conference of European Directors of Roads).
- Observatoire des Galliformes de montagne (OGM), n.d. Rappel du mode opératoire de mise en place du matériel de visualisation.
- OFB, n.d. Chevreuil (Capreolus capreolus) [WWW Document]. Le portail technique de l'OFB. URL <https://professionnels.ofb.fr/fr/doc-fiches-espèces/chevreuil-capreolus-capreolus>.
- OGM, 2020. Synthèse : matériel de visualisation pour les clôtures. Synthèse réalisée dans le cadre du programme HABIOS.
- OGM, ONCFS, Ch. Rég. Agriculture d'Occitanie, FRC Midi-Pyrénées, n.d. Note Synthétique « Clôtures et galliformes de montagne ».
- OSAV, 2019. Clôtures de pâturage – les utiliser correctement permet de sauver la vie des animaux sauvages. Fiche d'information. Confédération Suisse, DFI, Berne.
- Paige, C., 2015. A Wyoming Landowner's Handbook to Fences and Wildlife: Practical Tips for Fencing with Wildlife in Mind. Wyoming Community Foundation, Laramie, WY.
- Paige, C., 2012. A Landowner's Guide to Wildlife Friendly Fences. How to build fence with wildlife in mind. (No. 2nd edition). Private Land Technical Assistance Program, Montana Fish, Wildlife & Parks, Helena, MT.
- Peaden, J.M., Nowakowski, A.J., Tuberville, T.D., Buhlmann, K.A., Todd, B.D., 2017. Effects of roads and roadside fencing on movements, space use, and carapace temperatures of a threatened tortoise. *Biological Conservation* 214, 13–22. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.07.022>
- Peters, R., Ripple, W.J., Wolf, C., Moskwik, M., Carreón-Arroyo, G., Ceballos, G., Córdova, A., Dirzo, R., Ehrlich, P.R., Flesch, A.D., List, R., Lovejoy, T.E., Noss, R.F., Pacheco, J., Sarukhán, J.K., Soulé, M.E., Wilson, E.O., Miller, J.R.B., 2556 scientist signatories from 43 countries (including 1472 from the United States and 616 from Mexico), 2018. Nature Divided, Scientists United: US–Mexico Border Wall Threatens Biodiversity and Binational Conservation. *BioScience* 68, 740–743. <https://doi.org/10.1093/biosci/biy063>
- Pettersson, J., 2005. The impact of offshore wind farms on bird life in southern Kalmar Sound, Sweden. A final report based on studies 1999–2003. Report to the Swedish Energy Agency.
- Pettett, C.E., Moorhouse, T.P., Johnson, P.J., Macdonald, D.W., 2017. Factors affecting hedgehog (*Erinaceus europaeus*) attraction to rural villages in arable landscapes. *Eur J Wildl Res* 63, 54. <https://doi.org/10.1007/s10344-017-1113-6>
- Pexco, n.d. Air Traffic Control for the Birds - Fence Markers.
- PEXCO, n.d. Fence Visibility Markers - Product_Sheet.
- Phillips, H., Beaumelle, L., Tyndall, K., Burton, V., Cameron, E., Eisenhauer, N., Ferlian, O., 2019. The effects of global change on soil faunal communities: a meta-analytic approach. *RIO* 5, e36427. <https://doi.org/10.3897/rio.5.e36427>
- Pietersen, D.W., 2022. Body Size, Defensive Behaviour, and Season Influence Mortality Probability in Wildlife Interactions with Electrified Fences. *African Journal of Wildlife Research* 52. <https://doi.org/10.3957/056.052.0172>
- Poor, E.E., Jakes, A., Loucks, C., Suttor, M., 2014. Modeling Fence Location and Density at a Regional Scale for Use in Wildlife Management. *PLOS ONE* 9, e83912. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083912>
- Pouille, J., 2022. Un texte pour limiter les clôtures autour des domaines de chasse. *Le Monde*.
- Préfecture du Var, non daté. Réussir l'implantation d'une centrale photovoltaïque au sol (CPS) [WWW Document]. URL <https://www.var.gouv.fr/reussir-l-implantation-d-une-centrale-r2204.html>.
- PRO IGEL, 2019. Un paradis pour les hérissons en quelques étapes - aide à la survie des hérissons 4.
- PRO IGEL, n.d. Les dangers dans les agglomérations urbaines. [WWW Document]. URL <https://www.proherissons.ch/index.php?id=84>.
- Proposition de loi no 4684 visant à lutter contre l'engrillagement des forêts françaises [WWW Document], 2021. . Assemblée nationale. URL https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/textes/l15b4684_proposition-loi.
- Reck, H., van der Ree, R., 2015. Insects, snails and spiders: The role of invertebrates in road ecology., in: *Handbook of Road Ecology*. pp. 247–257.
- Région Centre Val de Loire, 2020. SRADDET Centre Val de Loire. Version Adoptée et approuvée.
- Reeve N., 1994. Hedgehogs, Poyser Natural History. ed. London.
- Reeve, N.J., Huijser, M.P., 1999. Mortality factors affecting wild hedgehogs: A study of records from wildlife rescue centres. *Lutra* 42 (1), 7–24.
- Renaudin, M.-H., 2020. Outils d'analyse de la sûreté industrielle – Tools for industrial security assessment.
- Rey, A., Novaro, A.J., Guichón, M.L., 2012. Guanaco (*Lama guanicoe*) mortality by entanglement in wire fences. *Journal for Nature Conservation* 20, 280–283. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2012.05.004>
- RTE, 2022. Futurs énergétiques 2050. Rapport complet
- Robbins, J., n.d. A Global Boom in Fences Is Harming Wildlife. *Wired*.
- Rosell, C., Torrellas, M., Colomer, J., Reck, H., Navàs, F., Bil, M., 2020. Wildlife & Traffic. A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions. Maintenance of ecological assets on transport linear infrastructure (No. CR2020- 02). CEDR (Conference of European Directors of Roads).
- Ruby, D. E., Spotila, J. R., Martin, S. K., Kemp, S. J., 1994. Behavioral responses to barriers by desert tortoises: Implications for wildlife management. *Herpetological Monograph*, 8 144–160.
- Said, S., Saba, C., Laurent, L., Barrère, J., Reeb, M., Tissaux, J.-C., Warnant, C., Lambert, J., Cuiller, B., 2019. FauneSauvage322_2019_Art4.pdf. Faune Sauvage 25–30.
- Santoro, R. et al., 2012. Effects of trampling limitation on coastal dune plant communities. *Environ. Manag.* 49, 534–542.
- Sawyer, H., Kauffman, M.J., Middleton, A.D., Morrison, T.A., Nielson, R.M., Wyckoff, T.B., 2013. A framework for understanding semi-permeable barrier effects on migratory ungulates. *J Appl Ecol* 50, 68–78. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12013>
- Sawyer, H., Kauffman, M.J., Nielson, R.M., Horne, J.S., 2009. Identifying and prioritizing ungulate migration routes for landscape-level conservation. *Ecological Applications* 19, 2016–2025. <https://doi.org/10.1890/08-2034.1>
- Sawyer, H., Korfanta, N.M., Kauffman, M.J., Robb, B.S., Telander, A.C., Mattson, T., 2022. Trade - offs between utility - scale solar development and ungulates on western rangelands. *Frontiers in Ecol & Environ* 20, 345–351. <https://doi.org/10.1002/fee.2498>
- Schatz, B., 2021. Parcs photovoltaïques & insectes pollinisateurs. Séminaire SolEoBio 15/01/2021.
- Schlup, P., Furrer, S., 2021. Des clôtures sûres pour les animaux de rente et la faune sauvage. Feuille d'information PSA 11.
- Scott, M. D., 1992. Buck-and-pole fence crossings by 4 ungulate species. *Wildlife Society Bulletin* 20, 204–210.
- Sénat, 2022. Proposition de loi no 4878, adoptée par le Sénat, visant à limiter l'engrillagement des espaces naturels et à protéger la propriété privée [WWW Document]. Assemblée nationale. URL https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/textes/l15b4878_proposition-loi.
- SETRA, 2008. Routes et chiroptères - Etat des connaissances - rapport bibliographique.
- Shrader, A. M., Pimm, S. L., Van Aarde, R. J., 2010. *Biodivers. Conserv.* 19, 2235.
- Sillman, A.J., 1973. Avian vision. Farner, D.S., King, J.R. (Eds.). Academic Press, London, vol. III, pp. 349–387.
- Singh, N.J., Borger, L., Dettki, H., Bunnefeld, N., Ericsson, G., 2012. From migration to nomadism: movement variability in a northern ungulate across its latitudinal range. *Ecological Applications* 22, 2007–2020.
- Smith, J. A., Dwyer J. F., 2016. Avian interactions with renewable energy infrastructure: An update. *The Condor* 118, 411–423.
- Smith, D., King, R., Allen, B.L., 2020. Impacts of exclusion fencing on target and non-target fauna: a global review. *Biological Reviews* 95, 1590–1606. <https://doi.org/10.1111/brv.12631>

- SNCF réseau, 2019. Réalisation de passages à faune dans les clôtures SNCF – Transparence écologique de l'infrastructure ferroviaire, dossier de candidature IDDRIM 2020 6.
- SOE, 2016. Projet de centrale photovoltaïque au sol - Site d'Airolle. Commune de Villegly (11) - Etude d'impact (extraits) (No. EI2178).
- Sologne : l'engrillage de la forêt s'est amplifié durant le confinement [WWW Document]. 2020. . Franceinfo. URL https://www.francetvinfo.fr/animaux/bien-etre-animal/sologne-l-engrillage-de-la-foret-s-est-amplifie-durant-le-confinement_4000655.html.
- Sordello R., Bertheau Y., Coulon A., Jeusset A., Ouédraogo D.Y., Vanpeene S., Vargac M., Villemey A., Witté I., Reyjol Y., Touroult J., 2019. Les protocoles expérimentaux en écologie. Principaux points clefs. UMS PatrNat, CESCO, Irstea.
- Sordello R., Villemey A., Jeusset A., Vargac M., Bertheau Y., Coulon A., Deniaud N., Flamerie de Lachapelle F., Guinard E., Jactel H., Jaslier E., Le Mitouard E., Ruel V., Roy V., Vanpeene S., Witte I., Touroult J., 2017. Conseils méthodologiques pour la réalisation d'une revue systématique à travers l'expérience de Cohnes-IT. Rapport MNHN, Irstea, UPMC, Cerema, Inra.
- SOS hérissons 49, n.d. comment sécuriser votre jardin pour les hérissons ?
- St. Gallischer Jägerverein Hubertus, 2019. Lorsque les clôtures deviennent des pièges mortels. Un appel à agir! Hubertus Actuel 36.
- Stevens, B.S., Reese, K.P., Connelly, J.W., Musil, D.D., 2012a. Greater sage-grouse and fences: Does marking reduce collisions? *Wildlife Society Bulletin* 297–303.
- Stevens, B.S., Reese, K.P., Connelly, J.W., 2012b. Multi-scale assessment of greater sage-grouse fence collision as a function of site and broad scale factors. *Journal of Wildlife Management* 1373–1370.
- Stevens, B.S., Reese, K.P., et al., 2011. Survival and Detectability Bias of Avian Fence Collision Surveys in Sagebrush Steppe. *Journal of Wildlife Management* 437–449.
- Stevens, D., Reffay, M., 2019. L'engrillage en Sologne : synthèse des effets et propositions. Appui au préfet de la Région Centre-Val de Loire. (No. Rapport CGEDD n° 012818-01, CGAER n° 19062). CGEDD, CGAER.
- Stout, I. J., 1967. The nature and pattern of non-hunting mortality in fledged North American waterfowl. (M.S. thesis). Virginia Polytechnic Inst., Blacksburg, Virginia.
- Stout, I.J., Cornwell, G.W., 1976. Non- hunting mortality of fledged North American waterfowl. *Journal of Wildlife Management* 40, 681–693.
- Stull, D.W., Gulsby, W.D., Martin, J.A., D'Angelo, G.J., Gallagher, G.R., David A. Osborn, Robert J. Warren, Karl V. Miller, 2011. Comparison of Fencing Designs for Excluding Deer from Roadways. *Human–Wildlife Interactions (HWI)* 5, 47–57. <https://doi.org/10.26077/3j07-p135>
- Suez, M., 2018. L'effet des infrastructures linéaires sur la diversité. Espaces naturels 41.
- SWILD, NACHTaktiv, 2007. Schadensbegrenzung für die Kleine Huifeisennase an Straßen - Experimente zur Wirksamkeit von Schutzzäunen. Unveröffentlichter Bericht im Auftrag der DEGES. DEGES, Deutsche Einheit Fernstraßenplanung und -bau GmbH, Berlin.
- Trout, R., Kortland, K., 2012. Fence marking to reduce grouse collisions - Technical note, Forestry Commission Scotland. ed.
- Turney, D., Fthenakis, V., 2011. Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, 3261–3270. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.04.023>
- UNCA NRCS, 2012. Applying the Sage-Grouse Fence Collision Risk Tool to Reduce Bird Strikes.
- Van der Leek, S.A., Ann DeMerritt, S.L., Kasner, A.C., 2019. DESCRIPTION OF A PEREGRINE FALCON (FALCO PEREGRINUS) FENCE MORTALITY IN THE SOUTHERN HIGH PLAINS OF TEXAS. *The Southwestern Naturalist* 64. <https://doi.org/10.1894/0038-4909-64.3-4.228>
- Van der Ree, R., 1999. Barbed Wire Fencing as a Hazard for Wildlife. *The Victorian Naturalist* 6, 210–217.
- Van der Ree, R., Gagnon, J.W., Smith, D.J., 2015. Fencing: A Valuable Tool for Reducing Wildlife-Vehicle Collisions and Funnelling Fauna to Crossing Structures. pp. 159–171. <https://doi.org/10.1002/9781118568170.ch20>
- Van-Lanen, N.J., Green, A.W., Gorman, T.R., Quattrini, L.A., Pavlacky, D.C.J., 2017. Evaluating efficacy of fence markers in reducing greater sage-grouse collisions with fencing. *Biological Conservation* 70–83. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.06.030>
- Vanpeene Bruhier, S., 1998. Transformation des paysages et dynamiques de la biodiversité végétale. Les écotones, un concept clé pour l'étude des végétations post-culturales. L'exemple de la commune d'Aussois (Savoie) 591.
- Vellot O., Illac P., Cluchier A., 2020. Guide PIESO : Guide techniqued'éco-conception des centrales photovoltaïques - un outil d'aide à l'intégration écologique. ECOMED, IMBE, TOTAL Quadran, ADEME.
- VerCAUTEREN, K.C., Lavelle, M.J., Hygnstrom, S., 2006. From the Field: Fences and Deer-Damage Management: A Review of Designs and Efficacy. *Wildlife Society Bulletin* 34, 191–200. [https://doi.org/10.2193/0091-7648\(2006\)34\[191:DMAR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0091-7648(2006)34[191:DMAR]2.0.CO;2)
- Verry, M., 2012. Les cheminements du hérisson d'Europe, *Erinaceus Europaeus*, dans deux quartiers de la ville de Nantes (thèse pour le diplôme d'État de docteur vétérinaire). École Nationale Vétérinaire, Agroalimentaire et de l'Alimentation Nantes atlantique – ONIRIS, Nantes.
- Vignon, V., Joyeux, A., Dumas, J.-L., 2002. Problématique du besoin de pénétration des sangliers dans les emprises autoroutières. Le cas de l'autoroute A57 (Escota). *RGRA* 56–60.
- Vignon, V., Suez, M., 2017. Structuration spatiale des populations de cerfs élaphes autour de Paris : quels rôles des infrastructures de transport ?, in: *Actes Des 8e Rencontres Naturalistes d'Île-de-France*, Paris Le Samedi 3 Décembre 2016, Natureparif – IAU. pp. 60–67.
- Vincent, Q., Auclerc, A., Leyval, C., 2022. La biodiversité des sols. Encyclopédie de l'environnement. URL <https://www.encyclopedie-environnement.org/sol/biodiversite-sols/>
- Visser, E., 2016. The impact of South Africa's largest photovoltaic solar energy facility on birds in the Northern Cape, South Africa. (MSc thesis). University of Cape Town.
- Visser E, Perlod V, Ralston-Paton S, Cardenal AC, Ryan PG, 2019. Assessing the impacts of a utility-scale photovoltaic solar energy facility on birds in the Northern Cape. *Renewable Energy* 1285–1294.
- Visser, E., Perold, V., Ralston-Paton, S., Cardenal, A.C., Ryan, P.G., 2019. Assessing the impacts of a utility-scale photovoltaic solar energy facility on birds in the Northern Cape, South Africa. *Renewable Energy* 133, 1285–1294. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.08.106>
- von Schweppenburg, H.F., 1929. Zugstraßen – Leitlinien. *Journal of Ornithology* 77(4), 17–32.
- Walston, L.J., Rollins, K.E., LaGory, K.E., Smith, K.P., Meyers, S.A., 2016. A preliminary assessment of avian mortality at utility-scale solar energy facilities in the United States. *Renewable Energy* 92, 405–414. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.02.041>
- WILD & NACHTaktiv, 2007. Schadensbegrenzung für die Kleine Huifeisennase an Sträßen – Experimente zur Wirksamkeit von Schutzzäunen. Unveröffentlichter Bericht im Auftrag der DEGES. Berlin.
- Wilson, D. S., Clark, A.B., Coleman, K., Dearstyne, T., 1994. Shyness and boldness in humans and other animals. *Trends in Ecology and Evolution* 9, 442–444.
- Wilson, E., Wembridge, D., 2018. The State of Britain's Hedgehogs 2018. British Hedgehog Preservation Society, People's Trust for Endangered Species.
- Wolfe, D.H., Patten, M.A., Shochat, E., Pruitt, C.L., Sherrod, S.K., 2007. Causes and Patterns of Mortality in Lesser Prairie-chickens *Tympanuchus pallidicinctus* and Implications for Management. *Wildlife Biology* 13, 95–104. [https://doi.org/10.2981/0909-6396\(2007\)13\[95:CAPOMI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2981/0909-6396(2007)13[95:CAPOMI]2.0.CO;2)
- Woodroffe, R., Hedges, S., Durant, S.M., 2014. To Fence or Not to Fence. *Science* 344, 46–48. <https://doi.org/10.1126/science.1246251>
- Xu, W., 2021. The Wires that Shape the World: Fence Ecology and Conservation. Draper Natural History Museum, <https://www.youtube.com/watch?v=ZXFGDDzbsrU>
- Xu, W., Dejid, N., Herrmann, V., Sawyer, H., Middleton, A.D., 2021. Barrier Behaviour Analysis (BaBA) reveals extensive effects of fencing on wide – ranging ungulates. *J Appl Ecol* 58, 690–698. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13806>
- Zingg R., 1996. Aktivität sowie Habitat- und Raumnutzung von Igeln (*Erinaceus europaeus*) in einen landlichen Siedlungsgebiet iedlungsgebietligel-Bulletin 16, 2.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

ill. 1.	Fonction des clôtures étudiées dans la littérature scientifique sur chaque continent.....	24
ill. 2.	Interactions entre la faune sauvage et les clôtures.....	25
ill. 3.	Cadavres d'oiseaux piégés dans un poteau creux.....	26
ill. 4.	Écureuil roux prospectant un poteau creux.....	26
ill. 5.	Chouette effraie piégée par un poteau.....	26
ill. 6.	Anciens poteaux téléphoniques recyclés en piquets de clôture et non obturés.....	26
ill. 7.	Poteau de clôture rigide non capoté.....	26
ill. 8.	Des daims jouent avec les rubans d'une clôture non électrifiée.....	29
ill. 9.	Daim adulte empêtré dans un ruban électrique.....	29
ill. 10.	... et retrouvé mort 2 semaines plus tard.....	29
ill. 11.	Cerf mort empêtré dans une clôture de pacage débranchée.....	29
ill. 12.	Rapaces postés sur des poteaux de clôtures et piquets.....	32
ill. 13.	Tarier des prés sur un piquet de barbelés.....	32
ill. 14.	Pluvier kildir.....	34
ill. 15.	Buse variable.....	34
ill. 16.	Buse variable.....	34
ill. 17.	Grand duc d'Europe.....	34
ill. 18.	Canard dendrocygne d'Eyton.....	34
ill. 19.	Pinson des arbres ayant percuté un grillage à mailles nouées.....	34
ill. 20.	Les plumes coincées dans le grillage peuvent indiquer une collision.....	34
ill. 21.	Tétras lyre ayant percuté une clôture à mailles nouées rehaussées d'un rang de barbelés.....	34
ill. 22.	Inventaire des clôtures en zone galliformes et des cas de collisions avec l'avifaune dans l'Aude (extrait).....	35
ill. 23.	Exemple de clôture périphérique identifiée à risque pour les galliformes.....	35
ill. 24.	Exemples d'espèces d'oiseaux retrouvées mortes après collision dans les clôtures pastorales en montagne.....	35
ill. 25.	Exemple de grillage utilisé aux abords d'infrastructures de transport pour préserver spécifiquement les chiroptères.....	37
ill. 26.	Grand Rhinolophe.....	37
ill. 27.	Grand murin.....	37
ill. 28.	Chauves-souris empêtrées sur des barbelés surplombant un ruisseau.....	37
ill. 29.	Cadavre de chauve-souris sur un barbelé.....	37
ill. 30.	Exemple des différentes perceptions d'une clôture rigide et de la CPV en retrait.....	38
ill. 31.	Une chevrette reste temporairement bloquée dans une maille de 15 cm de large X 20 cm de haut.....	41
ill. 32.	Faon de cerf bloqué entre les barreaux d'une clôture après avoir tenté de sauter par-dessus.....	41
ill. 33.	Lièvre d'Europe coincé dans un grillage à mailles progressives.....	41
ill. 34.	Hérisson blessé par un grillage et en cours de soins.....	43
ill. 35.	Hérisson d'Europe tentant de trouver un passage.....	43
ill. 36.	Exemple de passage découpé dans un grillage simple torsion.....	43
ill. 37.	Carottage d'un trou de 15 cm de diamètre au pied d'un mur pour libérer un passage à hérissons.....	43
ill. 38.	Passage découpé en pied de clôture rigide.....	43
ill. 39.	Exemple de barbelés constituant un bavot sur la clôture d'un ancien terrain militaire réaménagé en CPV.....	45
ill. 40.	Grillage équipé ou non de barbelé.....	45
ill. 41.	Des poils accrochés dans des barbelés à picots.....	45
ill. 42.	Détail des lames des barbelés de haute protection.....	45
ill. 43.	Le risque éventuel lié aux picots des clôtures rigides n'est pas documenté à ce stade.....	45
ill. 44.	Une clôture électrifiée est ici plaquée à l'intérieur d'un grillage rigide et le dépasse en hauteur.....	46
ill. 45.	Traces de passages sous une clôture de CPV.....	49
ill. 46.	NOMBREUSES traces de passages d'animaux au pied et dans la partie basse d'une clôture de CPV.....	49
ill. 47.	Renard se faufilant sous une clôture rigide.....	49
ill. 48.	Chevreuil forçant le passage dans un trou en bas d'une clôture simple torsion.....	49
ill. 49.	Cerf forçant le passage dans une clôture simple torsion.....	51
ill. 50.	Une chevrette tente, ici en vain, de forcer une clôture à grandes mailles soudées progressives.....	51
ill. 51.	Boue attestant du passage d'un sanglier sous un grillage souple.....	51
ill. 52.	Lombric contre une marche en pierre.....	54
ill. 53.	Exemple de couloir grillagé conduisant de fait les animaux vers un bassin technique.....	55
ill. 54.	Exemple de CPV clôturée à proximité d'une route.....	56
ill. 55.	Exemple d'effets de la clôture sur les trajectoires des animaux : les multiples aspects de l'effet barrière.....	59
ill. 56.	Exemple de configuration où les clôtures peuvent créer un "effet couloir" réputé défavorable au passage de la faune aux abords d'un passage à faune sous une infrastructure routière.....	59
ill. 57.	Sentier piétonnier spontané autour d'une CPV.....	60
ill. 58.	Exemple de fragmentation cumulée.....	60
ill. 59.	Exemples d'exclos de CPV accolés.....	60
ill. 60.	Exemple de cumuls de CPV sur un territoire.....	60
ill. 61.	Répartition de la littérature scientifique selon la typologie des impacts écologiques provoqués par les clôtures.....	63
ill. 62.	La signalétique de certains camps militaires non clôturés est sans équivoque.....	69
ill. 63.	Exemple de clôtures perméables à la faune.....	69
ill. 64.	Signalétique accompagnant la vidéosurveillance et la clôture d'une CPV.....	70
ill. 65.	Clôture souple endommagée lors du fauchage à la débroussailleuse à dos.....	70
ill. 66.	Sanglier.....	72
ill. 67.	Lapin de garenne.....	72

ill. 68.	Nombreuses traces de fouillage par des lapins de part et d'autre du grillage d'une CPV.....	72
ill. 69.	Poste HTB clôturé.....	73
ill. 70.	Double clôture au droit d'un poste HTB.....	73
ill. 71.	Réserve d'eau en bâche souple incluse dans la clôture périmétrale d'une CPV.....	73
ill. 72.	Local technique dans une seconde clôture incluse au sein de la clôture périmétrale générale.....	73
ill. 73.	Local technique non clôturé.....	73
ill. 74.	Locaux techniques inclus ou non dans la clôture.....	73
ill. 75.	Cuve incendie implantée hors clôture.....	73
ill. 76.	Bassin hydraulique maintenu dans les clôtures.....	73
ill. 77.	Pâtrage ovin dans une CPV.....	75
ill. 78.	Fermeture d'une découpe de grillage rigide qui était potentiellement utilisable par la faune sauvage.....	76
ill. 79.	Filet souple colmatant un espace sous le grillage.....	76
ill. 80.	Exemple de clôture préexistante conservée à l'extérieur d'une nouvelle.....	79
ill. 81.	Ancien terrain militaire réaménagé en CPV.....	79
ill. 82.	Plans de masse des exclos suggérés ou déconseillés, visant à limiter les effets sur la faune.....	82
ill. 83.	Chevreuil.....	82
ill. 84.	Proposition de dimensionnement des exclos et d'un couloir faunistique dans le cas où seule la grande faune est exclue.....	82
ill. 85.	Fossé en terre partiellement obstrué.....	82
ill. 86.	Exemples de voirie scindant une CPV.....	82
ill. 87.	Exemple de couloirs faunistiques.....	83
ill. 88.	Exemple d'objectifs de végétation retenus sur les couloirs faunistiques d'une CPV actuelle.....	83
ill. 89.	Sanglier.....	87
ill. 90.	Blaireau européen.....	87
ill. 91.	Lapin de garenne.....	87
ill. 92.	Exemple de poteau de section ouverte.....	88
ill. 93.	Certains capots simplement emboités peuvent s'arracher.....	88
ill. 94.	Sur cette CPV, un seul poteau n'était pas capoté car il avait été recoupé après la pose.....	89
ill. 95.	Soulèvement ponctuel d'un capot.....	89
ill. 96.	De nombreux systèmes de capots existent selon les poteaux : ici un crochet le bloque au grillage rigide.....	89
ill. 97.	Exemple de grillage simple torsion avec des fils aboutés en partie haute et des poteaux capotés.....	90
ill. 98.	Exemple de dispositifs de visualisation de clôtures préconisés pour les galliformes en zones pastorales de montagne.....	92
ill. 99.	Exemple de dispositifs de visualisation.....	92
ill. 100.	Exemple de clôture alliant ganivelles en bois et grillage recommandée en Écosse afin de limiter les collisions de grand tétras ou de coqs de bruyère.....	92
ill. 101.	Chemin de visite dégagé entre une haie et la clôture.....	94
ill. 102.	Plantation récente en périphérie de CPV.....	94
ill. 103.	Végétation se développant dans la clôture.....	94
ill. 104.	Exemples de haies replantées en périphérie de CPV.....	94
ill. 105.	Martre passant sous une clôture rigide non jointive au sol.....	95
ill. 106.	Exemple autour d'une CPV d'une clôture souple à mailles progressives posée de façon inversée en positionnant les grandes mailles au niveau du sol.....	95
ill. 107.	La garde au sol des grillages facilite le déplacement des animaux.....	95
ill. 108.	Coulée sous un grillage simple torsion.....	95
ill. 109.	Exemple de grillage rigide enfoncé et laissant passer une coulée fréquentée.....	95
ill. 110.	Renard exploitant une clôture endommagée.....	95
ill. 111.	Sur des sols en dévers ou avec des irrégularités, une clôture rigide posée de niveau libère de fait des espaces au sol.....	96
ill. 112.	Exemple de clôture rigide à grandes mailles qui peut être renversée pour avoir les grandes mailles en partie basse.....	96
ill. 113.	Certaines clôtures rigides à grandes mailles ont des mailles resserrées en bas qu'il est préférable d'enterrer pour optimiser le passage de la faune.....	96
ill. 114.	Les angles de clôture sont des points classiques de convergence des coulées animales.....	98
ill. 115.	Exemple d'arceau autour d'un passage à faune.....	98
ill. 116.	Exemple de passage à faune rigidifié avec un cadre.....	98
ill. 117.	Fouine empruntant un trou découpé dans une clôture rigide.....	99
ill. 118.	Exemple de cadre conçu pour faciliter le passage des hérissons dans des grillages.....	99
ill. 119.	Schéma de principe d'un passage à faune.....	99
ill. 120.	Le recours aux soubassements béton doit être limité ou accompagné de passages pour la faune si les contraintes de sécurité sur le site le permettent.....	99
ill. 121.	Passage à faune embouti par des animaux.....	100
ill. 122.	Portail de CPV.....	100
ill. 123.	Passage à faune découpé en pied de clôture rigide avec sa plaquette informative et son système de collecte de poils.....	100
ill. 124.	Exemples de plaquette informative pour les passages à faune.....	100
ill. 125.	Schéma de principe d'une mini-rampe pour faciliter la sortie de la petite et moyenne faune.....	102
ill. 126.	Lapin de garenne franchissant un dispositif de collecte de poils installé sous une clôture rigide.....	109

TABLE DES ENCARTS

encart n°1.	Définition juridique d'une clôture.....	9
encart n°2.	Éléments constitutifs d'une clôture.....	10
encart n°3.	Exemples de grillage utilisés sur CPV.....	11
encart n°4.	Bilan de la connaissance des incidences directes des clôtures par groupes d'espèces (tous contextes et activités confondus).....	16
encart n°5.	Pourquoi un animal entre en contact avec une clôture ?.....	28
encart n°6.	Exemple d'enquête menée en Suisse sur les clôtures d'élevage.....	28
encart n°7.	Exemples de sites à risque pour les cervidés.....	28
encart n°8.	Exemples de facteurs augmentant le risque de collision par des galliformes sur une clôture d'après les études menées en Europe et en Amérique du Nord.....	31
encart n°9.	Comment les espèces volantes se blessent ou meurent-elles dans les clôtures ?.....	33
encart n°10.	Barbelés, grillages et chiroptères : un risque potentiellement occasionnel en France, mais à intégrer dans la réflexion.....	36
encart n°11.	Exemples de situations où, en Australie, la pose de barbelés présente des risques particulièrement élevés pour les oiseaux et les chiroptères.....	38
encart n°12.	Les publications sur les impacts directs des clôtures de CPV sont encore rares.....	40
encart n°13.	Une problématique prise en compte dans les élevages d'ongulés.....	42
encart n°14.	Autoroutes pour hérisson – la connectivité est aussi un enjeu en milieu urbain.....	42
encart n°15.	Exemples de recours aux fils barbelés sur CPV.....	45
encart n°16.	Une étude du risque lié aux clôtures électriques en Afrique du Sud.....	47
encart n°17.	Exemples de facteurs susceptibles d'impacter l'aptitude d'un individu à franchir une clôture au sein d'une espèce donnée.....	50
encart n°18.	Comment franchir une clôture : l'écart entre ce que peut faire un animal et ce qu'il préfère faire.....	50
encart n°19.	Trame Brune : que sait-on de l'impact des clôtures sur la faune du sol ?.....	53
encart n°20.	Insectes, arthropodes et clôtures : des impacts possibles, mais peu documentés.....	54
encart n°21.	Un suivi récent montre l'impact d'une clôture périphérique de CPV sur le déplacement d'ongulés.....	56
encart n°22.	Études sur l'engrillagement, les ongulés et la végétation.....	60
encart n°23.	Démarche "pas à pas" d'évaluation de la sensibilité écologique du site et de définition des modalités d'exclusion périphérique éco-compatibles.....	67
encart n°24.	Exemples de mesures visant à assurer la sûreté d'un site (cas général non spécifique aux CPV).....	70
encart n°25.	Exemple de matrice d'argumentation des objectifs d'exclusion sur une CPV.....	73
encart n°26.	« Quelle surface maximale enclore ? Quel espace définir entre deux zones clôturées lorsque les clôtures sont étanches pour la grande faune ? » - pistes de réflexion.....	80
encart n°27.	Un exemple de plan masse intégrant les enjeux de fragmentation écologique.....	83
encart n°28.	Des clôtures étanches aux sangliers ?.....	86
encart n°29.	Quelle végétation et comment l'entretenir aux abords des clôtures ?.....	93
encart n°30.	Exemples de matériels standards pouvant assurer une perméabilité au sol pour la petite et moyenne faune sous réserve de positionner les grandes mailles en bas (hors cas particulier).....	96
encart n°31.	Peut-on créer des échappatoires de sorties pour la faune ?.....	101
encart n°32.	Concilier rigueur scientifique et suivis écologiques opérationnels.....	112
encart n°33.	Adopter un protocole type BACI pour intégrer la variabilité spatio-temporelle.....	113

Maquettage : Quentin Grisouard, Jean-Noël Caron, www.auddice.com



LICENCE OUVERTE
OPEN LICENCE

Licence ouverte Etalab v2

La reproduction à des fins non commerciales, notamment éducatives, est permise sans autorisation écrite à condition que la source soit dûment citée.

La reproduction à des fins commerciales, et notamment en vue de la vente, est interdite sans permission préalable.

Résumé

Comme de nombreuses installations, les centrales solaires photovoltaïques installées au sol sont en général encloses afin d'assurer la sécurité des biens et des personnes. La clôture d'exclusion est partie intégrante de ces projets d'aménagement : ses impacts potentiels sont donc à évaluer lors de l'Étude d'Impact sur l'Environnement.

Si les études scientifiques dédiées aux clôtures de centrales photovoltaïques sont encore rares au niveau international, les connaissances acquises par ailleurs (réserves naturelles, clôtures pastorales ou forestières, etc.) permettent d'appréhender leur contribution potentielle à la fragmentation écologique du territoire, ainsi que leur dangerosité éventuelle pour des animaux (blessures ou mortalités) dans des configurations particulières.

Alors que les enjeux de changement climatique et de pénurie énergétique vont nécessiter d'augmenter les implantations photovoltaïques, ce guide présente en détails une variété d'impacts écologiques possibles des clôtures, dans le cas général et dans celui spécifique au photovoltaïque. Il propose une approche au cas par cas pour aider à identifier les éventuels facteurs de risques spécifiques à chaque site conformément au principe de proportionnalité de l'Étude d'Impact sur l'Environnement.

Ce guide propose également une approche pas à pas pour définir les mesures d'atténuation à envisager et formule des recommandations techniques et méthodologiques lors des phases de conception, de réalisation, d'exploitation et de démantèlement. Ce guide identifie aussi les lacunes dans les connaissances actuelles qui sont autant de pistes d'études.

Ce guide s'adresse à l'ensemble des acteurs en charge de la planification, du développement et de l'évaluation environnementale des projets photovoltaïques, ainsi qu'aux services instructeurs de l'État, à la communauté scientifique et plus généralement au grand public et aux associations afin de favoriser la compréhension des enjeux de préservation de l'environnement.

Enfin, au-delà du domaine photovoltaïque, la démarche proposée peut servir de base de réflexion pour d'autres types d'implantations industrielles, d'activités économiques ou d'espaces.

Abstract

Like many installations, ground-mounted photovoltaic utility scale solar facilities are usually fenced to ensure the safety of people and property. Exclusion fencing is an integral part of these developments and associated potential impacts should be evaluated within an Environmental Impact Assessment.

Although scientific studies on fences for photovoltaic solar facilities are uncommon at an international level, the knowledge acquired elsewhere (e.g. nature reserves, livestock or woodland fences, etc.) facilitate an understanding of their potential role in habitat fragmentation, including possible hazards for certain animals (injuries or fatalities) through specific configuration and design.

At a time when climate change and energy shortages will require an increase in the number of photovoltaic facilities, this guide details a variety of possible ecological impacts of fences, both in general and in the specific case of photovoltaic facilities. This guide offers a case-by-case approach to help identify possible site-specific risk factors in accordance with the proportionality principle of the Environmental Impact Assessment process.

The guide also proposes a sequential approach to define possible mitigation measures and provides technical and methodological recommendations for the design, construction, operation and decommissioning phases. The guide also identifies gaps in current knowledge that could be explored.

This resource is intended for use by all stakeholders in charge of development control/planning, and environmental assessment of photovoltaic projects, State permit services, research scientists, including the general public and associations with the ambition to facilitate and promote understanding of the challenges of environmental conservation.

Finally, beyond the photovoltaic field, the proposed approach can serve as a foundation and resource to inform other types of industrial uses, economic activities or lands.



Avec le soutien et
l'appui financier de :



Cabinet X-AEQUO
x-aequo@orange.fr

Les 3 Rivières, C2-15, 410 avenue J. Passero, 06210 Mandelieu La Napoule (Fr.)