

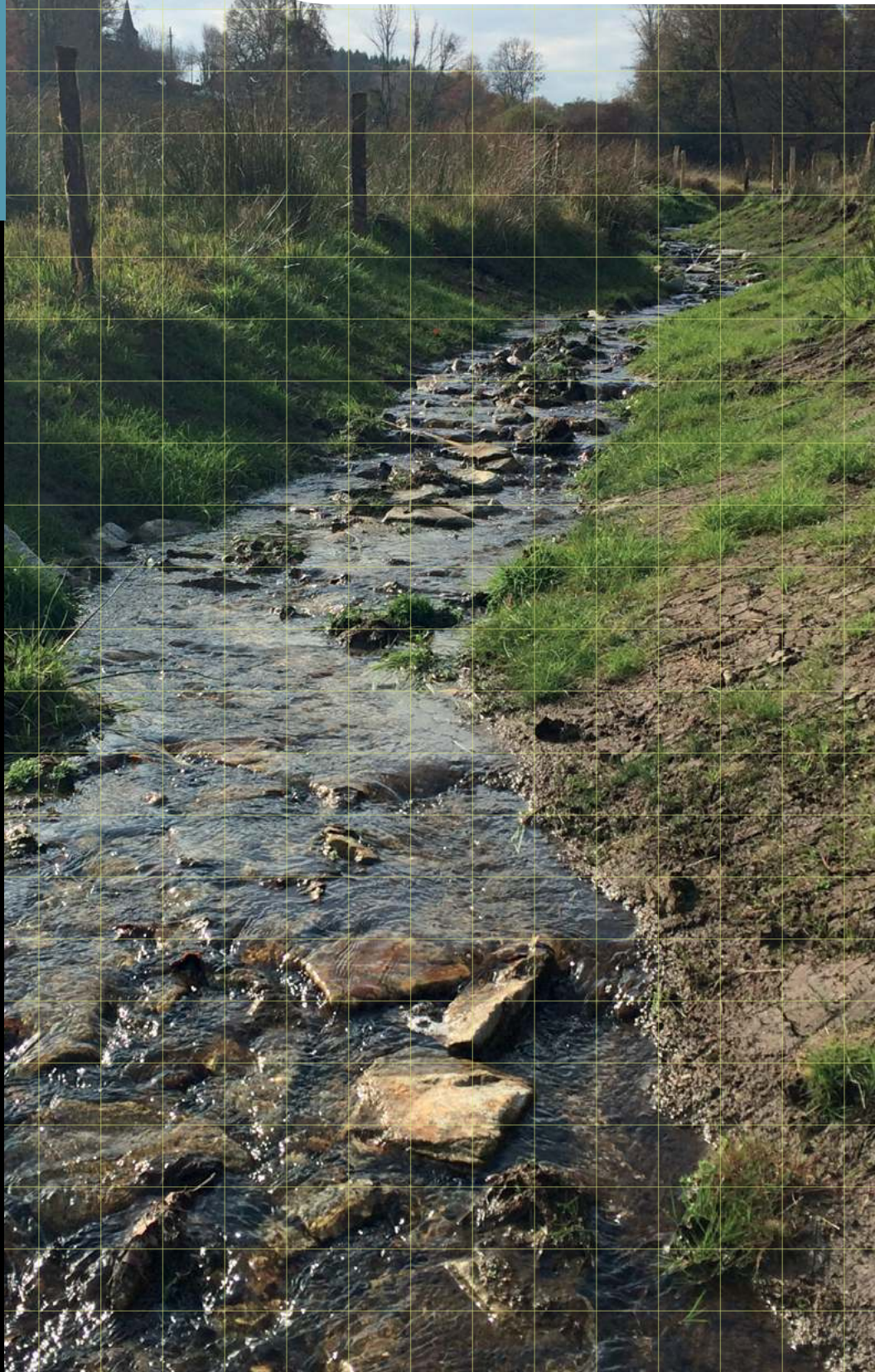
Travaux

d'aménagement
et d'entretien
des zones
naturelles

Règles professionnelles

Travaux de génie écologique

N°: **N.C.4-R0** | Création : janvier 2019



Préambule

Les règles professionnelles sont la transcription et l'identification du savoir-faire des entreprises du paysage. Elles sont rédigées par des professionnels du paysage : entreprises, donneurs d'ordre, bureaux d'études, enseignants, fournisseurs, experts.

Elles sont élaborées en tenant compte de l'état des lieux des connaissances au moment de leur rédaction et des documents existants sur certains sujets spécifiques. Elles constituent ainsi une photographie des « bonnes pratiques » du secteur.

Elles sont toutes organisées selon le même principe.

Ainsi, on y trouve :

- une délimitation précise du domaine d'application
- un glossaire détaillé des termes employés dans le document
- des prescriptions techniques organisées selon la logique du déroulement de chantier
- des points de contrôle, qui donnent les moyens de vérifier la bonne exécution du travail
- des annexes techniques pouvant être de différents ordres : compléments techniques spécifiques, exemples de méthodes à mettre en œuvre, etc.

Les règles professionnelles sont applicables à tout acteur concourant à la réalisation et l'entretien d'un ouvrage paysager.

Nota bene : les règles professionnelles n'ont pas pour vocation de remplacer le fascicule 35 mais de le compléter et de l'enrichir. Les règles professionnelles du paysage sont bien sûr conformes aux prescriptions générales du fascicule 35 et visent essentiellement à décrire les techniques mises en œuvre et les résultats à obtenir, pouvant s'intégrer notamment dans les CCTP des marchés de travaux.

Avertissement : les réglementations de chantier et celles relatives à la sécurité des personnes ne sont pas abordées dans ces documents. Il va de soi que toutes les activités décrites doivent être réalisées dans le respect de la législation en vigueur.



Document réalisé sous la direction de l'Unep dans le cadre de la convention de coopération signée entre l'Unep et le Ministère en charge de l'Agriculture, et dans le cadre de la convention de partenariat signée entre l'Unep et Plante & Cité.

Crédit photo de couverture : Guillaume Hamon, Lucane Sarl

Une nomenclature spécifique a été retenue pour les règles professionnelles du paysage. Par exemple, le numéro des règles professionnelles « Travaux des sols, supports de paysage » est le P.C.1-R0. La première lettre de la nomenclature sert à identifier l'axe auquel appartient le sujet (axe 1 - P : plantes / axe 2 - C : constructions paysagères / axe 3 - V : végétalisation de bâtiments / axe 4 - N : zones naturelles, axe 5 - S : travaux d'aménagement et d'entretien des sols sportifs). Quant à la seconde lettre, elle permet d'identifier les travaux de création (C) ou d'entretien (E). Le premier chiffre est un numéro d'ordre et la mention "Rchiffre" indique le numéro de révision. Les annexes sont indiquées par la mention "Achiffre", placée avant le numéro de révision.

Les règles professionnelles du paysage sont téléchargeables sur le site de l'Unep à l'adresse suivante : <http://www.lesentreprisesdupaysage.fr/tout-savoir/regles-professionnelles>

Liste des personnes ayant participé à la rédaction

Cette règle professionnelle a fait l'objet d'une collaboration rapprochée avec des écologues à travers l'A-IGÉco (association fédérative des Acteurs de l'Ingénierie et du Génie Écologiques), qui fédère l'ensemble des acteurs de l'ingénierie et du génie écologique.

Comité de pilotage

Jean-Pierre BERLIOZ (Unep, Membre honoraire)
 Christophe GONTHIER (Unep)
 Éric LEQUERTIER (Unep, Vice-président de Plante & Cité)
 Thierry MULLER (Unep, Vice-président de QualiPaysage)

Comité de rédaction

Jean-François BERTHON/Cécile LAIGROZ (Unep)
 Louis-Philippe BLERVACQUE (A-IGÉco, AFIE)
 Rénaud BOULNOIS (A-IGÉco, SYNTEC-Ingénierie)
 Caryl BUTTON (AFIE)
 Justine CAMPREDON (Unep)
 Emilie FAURE (Unep)
 Manuel DE MATOS (A-IGÉco, Unep, AGéBio)
 Stanislas DE MÉZERAC (Unep)
 Sébastien GALLET (A-IGÉco, REVER)
 Guillaume HAMON (Unep)
 Bénédicte LEFEVRE (AFIE)
 Véronique LELOUP (AFIE)
 Véronique LEVASSOR (AFIE)
 Edith MUHLBERGER (Unep)
 Thomas REDOULEZ (A-IGÉco, UPGE)
 Christian ROMANEIX (A-IGÉco, CINOV-TEN)
 Maud THISSE (Unep)
 Patrice VALANTIN (A-IGÉco, UPGE)

Comité de relecture

Jocelyne CAMBECEDES (CBN PMP)
 Rodolphe COULON (AGéBio)
 Aurélien DALOZ (AFB)
 Brice DUPIN (CBN PMP)
 Caroline FAVIER (CBN C)
 Johan GOURVIL (AFB)
 Françoise GROSS (CINOV-TEN)
 Fabienne GUERIN (ATGÉco)
 Marianne HEDONT (Plante & Cité)
 Stéphanie HUC (CBN A)
 Laetitia HUGOT (CBN C)
 Renaud JEGAT (Educagri)
 Delphine JUNG (AFB)
 Mickaël LE BIHAN (AFB)
 Mathieu LE MEUR (Unep)
 Guillaume LEMOINE (EPF Nord – Pas de Calais)
 Sandra MALAVAL (CBN PMP)
 Xavier MARIE (UPGE)
 Irène OUBRIER (Unep)
 Klaus PEKLO (AGéBio)
 Josée PERESS (AFB)
 Julien Philippe PERRIN (AGéBio)
 Sylvain RICHARD (AFB)
 Régis TRIOLLET (DGER)
 Anne VIVIER (AFB)
 Olivier ZIBERLIN (CFPPA Angers le Fresne)

Sommaire

Préambule	2
Liste des personnes ayant participé à la rédaction	3
Sommaire	4
1. Objet et domaine d'application	6
2. Spécificités du génie écologique	6
3. Définition des termes	7
3.1. Andain	7
3.2. Biodiversité	7
3.3. Bioindicateur	7
3.4. Écologue	7
3.5. Écosystème	7
3.6. Écotype	7
3.7. Embâcle	7
3.8. Entretien	7
3.9. Espèce exotique envahissante (EEE)	7
3.10. Espèce patrimoniale	7
3.11. État de référence d'un écosystème (ou écosystème de référence)	7
3.12. Étrépage	7
3.13. Faucardage	7
3.14. Habitat	7
3.15. Hibernaculum	7
3.16. Génie végétal	8
3.17. Géofilet	8
3.18. Ingénierie écologique	8
3.19. Lutte biologique par conservation	8
3.20. Mare	8
3.21. Milieu fermé	8
3.22. Milieu ouvert	8
3.23. Portance	8
3.24. Réhabilitation écologique	8
3.25. Rémanents	8
3.26. Résilience	8
3.27. Restauration écologique	8
3.28. Rhizosphère	8
3.29. Végétal d'origine locale	9
4. Description et prescriptions techniques	9
4.1. Coordination et supervision du chantier	9
4.2. Autorisations administratives	9
4.3. Préparation du chantier	9
4.3.1. Choix de la période d'intervention	9
4.3.2. Choix du matériel adapté	9
4.3.3. Prévention des pollutions liées à l'utilisation de machines	9
4.3.3.1. Fluides biodégradables	9
4.3.3.2. Prévention des pollutions aux hydrocarbures	10
4.3.3.3. Contrôle préventif du matériel	10
4.3.3.4. Nettoyage des engins avant et pendant les travaux	10
4.3.4. Prévention des autres pollutions	10
4.3.4.1. Pollution sonore	10
4.3.4.2. Émission de poussières	10
4.3.5. Prévention des diffusions d'espèces concurrentielles et de maladies	10
4.3.5.1. Sources de contamination	10
4.3.5.2. Modalités pratiques pour limiter les risques de propagation	11
4.3.6. Prévention des dégradations sur les espèces et milieux	11
4.3.6.1. Emprise de chantier, pistes et itinéraires	12
4.3.6.2. Zones à préserver	12

4.3.6.3. Préservation des espèces animales	12
4.3.7. Gestion des rémanents	12
4.3.8. Gestion de l'hydraulique sur le site du chantier	13
4.3.9. Prise en compte des sols	13
4.3.9.1. Prise en compte des sols en phase amont	13
4.3.9.2. Gestion des terres	14
4.4. Techniques de restauration et d'entretien courant – milieu terrestre	14
4.4.1. Opération d'ouverture d'un milieu ou de maintien d'un état ouvert	14
4.4.1.1. Gestion des ligneux de gros diamètre	14
4.4.1.2. Gestion de la végétation herbacée et des ligneux de petit diamètre	15
4.4.1.3. Éco-pastoralisme	15
4.4.2. Décapage, étrépage	15
4.4.3. Travaux visant à favoriser le retour spontané de la végétation	16
4.4.3.1. Pose de géofilets	16
4.4.3.2. Semis de plantes nurses	16
4.4.4. Travaux de transfert d'espèces végétales ou d'habitats	16
4.4.4.1. Transfert d'éléments de dispersion	16
4.4.4.2. Transfert de sol et d'habitat	17
4.5. Techniques de restauration et d'entretien courant en milieux aquatiques courants et stagnants	18
4.5.1. Spécificités des cours d'eau et des milieux aquatiques	18
4.5.2. Travaux en cours d'eau	18
4.6. Ouvrages de franchissement	20
4.6.1. Végétalisation d'un passage à faune supérieur	20
4.6.2. Dispositifs de franchissement d'infrastructures pour les chauves-souris	20
4.6.3. Passage inférieur à amphibiens	21
4.7. Techniques de création de milieux	22
4.7.1. Création de mares	22
4.7.1.1. Études préalables et sondages pédologiques	22
4.7.1.2. Les différentes étapes de la réalisation des travaux	22
4.7.2. Création de talus et talus boisés	23
4.7.3. Création d'hibernaculum	23
4.7.4. Création et installation de gîtes artificiels	24
4.8. Mise en défens et contingentement du public	25
4.8.1. Objectifs	25
4.8.2. Délimitation des zones à mettre en défens	25
5. Table des abréviations	26
6. Bibliothèque de références	27
7. Définition des points de contrôle internes et des points de contrôle contradictoires	28

1. Objet et domaine d'application

Le génie écologique est défini comme l'ensemble des activités d'études et de suivis, de maîtrise d'œuvre et de travaux favorisant la résilience des écosystèmes et s'appuyant sur les principes de l'ingénierie écologique (adapté des statuts de l'A-IGÉco, 2014). Il permet notamment la reconstitution de milieux naturels, la restauration de milieux dégradés et l'optimisation de fonctions assurées par les écosystèmes (source : Journal Officiel du 18 août 2015).

Dans le cadre d'un projet de génie écologique, les finalités de l'intervention sont prioritairement la préservation et la restauration de la biodiversité et de la fonctionnalité de l'écosystème, d'où une approche et des contraintes spécifiques.

Ces règles professionnelles visent à compléter les cahiers des charges remis à l'entreprise qui réalise les travaux de génie écologique. Elles doivent bien entendu être adaptées à chaque chantier.

Ne sont pas décrits en détail dans ce document :

- les travaux de protection des sols, de terrassement et de préparation des sols, abordés dans la règle professionnelle P.C.1-R.0 « Travaux des sols, supports de paysage » ;
- les techniques de génie végétal qui peuvent être utilisées dans le cadre d'un chantier de génie écologique mais qui sont déjà présentées dans la règle professionnelle N.C.1-R0 « Travaux de génie végétal » ;
- les plantations d'arbres et arbustes, présentées dans les règles professionnelles P.C.2-R1 « Travaux de plantations d'arbres et arbustes » et N.C.2-R0 « Travaux de plantation forestière » ;
- la mise en œuvre de chantiers d'éco-pastoralisme, abordée dans la règle professionnelle N.C.3-R0 « Travaux d'éco-pastoralisme » ;
- les techniques relatives au traitement des espèces exotiques à caractère envahissant, abordées dans la règle professionnelle P.E.6-R0 « Gestion de populations de plantes exotiques envahissantes et d'adventices ».

- d'importantes opérations de remise en état des lieux et surfaces restantes ;
- demande de création de milieux *ex-nihilo*, par exemple dans le cadre de la compensation écologique ;
- nécessité d'enrayer une dynamique défavorable par des pratiques d'entretien ou de gestion.

Dans tous les cas, l'intervention dans ces espaces nécessite une bonne compréhension des dynamiques des écosystèmes et des enjeux écologiques afin d'atteindre au mieux les objectifs et de prévenir toute dégradation des milieux. Il est indispensable de se référer en amont à toute bibliographie relative au site d'intervention et aux espaces périphériques relatives à des expertises ciblées ou études écologiques préalables et/ou de solliciter des experts afin d'actualiser et de préciser les données (ex : structures naturalistes et/ou de gestion locales, documents relatifs à l'identification de la trame verte et bleue du territoire concerné, etc.).

Les paramètres à prendre en compte sont nombreux : caractéristiques écologiques (états physique et biologique du milieu, sols, dynamique des communautés, etc.), contraintes techniques et réglementaires des chantiers mais également enjeux sociaux et sociétaux autour des projets. La figure suivante (Figure 1) présente la diversité de ces paramètres.



Figure 1. Schéma récapitulatif des paramètres à prendre en compte pour réaliser des travaux de génie écologique

Le lancement d'interventions de génie écologique impose des procédures complexes et nécessite une formation recon- nue à cette activité de la part des intervenants.

La maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre peuvent disposer de ces compétences en interne ou via une assistance à maîtrise d'ouvrage en matière d'écologie. L'entreprise doit également posséder un savoir-faire en la matière, ainsi que des moyens matériels et humains adaptés. Le personnel d'encadrement comme celui qui intervient sur le chantier doit disposer d'une formation spécifique aux travaux à réaliser. L'intervention d'un écologue au sein de l'équipe de travaux est vivement recommandée, voire indispensable selon l'ampleur du projet, avant, pendant et après les travaux. C'est encore plus important en l'absence de maître d'œuvre (contrat privé ou intervention légère), car l'entreprise gère alors l'aspect technique du chantier vis-à-vis du maître d'ouvrage et engage sa responsabilité (Voir 4.2).

2. Spécificités du génie écologique

L'approche par le génie écologique, si elle est plus souvent associée aux milieux naturels, peut être appliquée sur tous types d'espaces. Ceux-ci peuvent faire l'objet de mesures de protection ou de surveillance particulières telles que les zones sensibles, les réserves naturelles, les sites Natura 2000, etc., mais cela n'est pas systématique.

Les situations et objectifs d'intervention peuvent être divers. Voici une liste non exhaustive de situations justifiant une intervention de génie écologique :

- dégradation des fonctions essentielles nécessaires à la pérennité d'un écosystème. Ces dégradations peuvent être lentes ou subites (perturbations), ponctuelles ou permanentes, d'origine naturelle (ruissellements, transformation progressive d'un milieu, etc.) ou humaine (circulations intenses, tassement des sols, pollutions aériennes ou aquatiques, etc.) ;
- dommages générés par la réalisation d'infrastructures diverses (réseaux, chaussées, immobilier, lignes électriques, barrages, pipelines, etc.), nécessitant après travaux

3. Définitions des termes

3.1. Andain

Alignement de végétaux herbacés ou ligneux, coupés ou déracinés, entiers ou fragmentés, rassemblés en cordon sur le terrain.

3.2. Biodiversité

Variabilité des organismes vivants de toute origine et les complexes écologiques dont ils font partie. Cela comprend la diversité au sein des espèces, entre espèces ainsi que celle des écosystèmes. (*adapté de Convention sur la biodiversité écologique du 5 juin 1992*)

3.3. Bioindicateur

Organisme (ou partie d'un organisme ou d'une communauté d'organismes) qui renseigne sur l'état et le fonctionnement d'un écosystème. Quatre principales règles permettent de considérer un organisme comme bioindicateur : pertinence, fiabilité, sensibilité et reproductibilité.

3.4. Écologue

Professionnel de l'écologie appliquée, l'écologue dispose de compétences naturalistes et intègre une approche globale et systémique du fonctionnement des milieux. Parmi ses missions, on peut citer l'expertise des écosystèmes, le génie écologique, le conseil et l'assistance en écologie. L'écologue devra justifier d'un diplôme d'enseignement supérieur en écologie appliquée (Bac +2 à Bac +5) et/ou d'un équivalent validant auprès du maître d'ouvrage les acquis de son expérience.

3.5. Écosystème

Système (ensemble de composants formant un tout organisé) concret, liant êtres vivants (biocénose), éléments non vivants, conditions climatiques et géologiques (biotope). L'ensemble de ces composants bio physico-chimiques interagissent entre eux et constituent une unité fonctionnelle de base en écologie.

3.6. Écotype

Sous-espèce engendrée par la sélection au sein d'un habitat particulier et s'étant adaptée génétiquement à cet habitat, mais qui peut se croiser avec d'autres membres de l'espèce.

3.7. Embâcle

Phénomène d'accumulation de matériaux emportés par le courant (végétation, rochers, bois, etc.) dans le lit mineur.

3.8. Entretien

Au sens du présent document, ensemble d'opérations courantes visant au maintien de l'équilibre écologique selon un objectif de gestion.

3.9. Espèce exotique envahissante (EEE)

Synonymes : espèce exotique à caractère envahissant ; espèce invasive.

Espèce animale ou végétale exotique, c'est-à-dire non indigène sur ce territoire, dont l'introduction par l'homme, volontaire ou fortuite, y menace les écosystèmes, les habitats ou les espèces indigènes avec des conséquences écologiques, économiques et sanitaires négatives.

3.10. Espèce patrimoniale

Espèce végétale ou animale considérée comme prioritaire en termes de conservation à la suite d'un acte réglementaire (arrêté fixant une liste d'espèces protégées) ou d'une expertise scientifique lui conférant un statut de rareté ou de menace particuliers (listes rouges). Ce terme s'applique également aux milieux naturels (habitats).

3.11. État de référence d'un écosystème (ou écosystème de référence)

Modèle choisi pour la restauration d'un écosystème. L'état de référence peut être documenté à partir de références historiques ou de la description d'écosystèmes actuels proches du site à restaurer. (*Source : SER 2004*)

3.12. Étrépage

Action consistant à prélever la couche superficielle d'un sol. Le terme est parfois appliqué au prélèvement d'un mat racinaire ou d'une litière forestière.

L'étrépage est une technique régulièrement utilisée pour la restauration de milieux et de conditions favorables aux espèces pionnières tels que des sols pauvres en nutriments rencontrés dans certains stades initiaux de tourbières, de pelouses naturelles ou de landes.

3.13. Faucardage

Opération qui consiste à couper et exporter les hélophytes et autres herbacées poussant dans l'eau des fossés, rivières, canaux, étangs ou autres surfaces toujours en eau.

Par extension, l'expression peut concerner l'exportation des lentilles d'eau ou l'élimination d'espèces aquatiques exotiques envahissantes.

3.14. Habitat

Milieu dans lequel vit un organisme, où les conditions écologiques sont considérées comme homogènes et bien définies et offrent les ressources suffisantes pour permettre à une population d'une espèce de vivre et se reproduire. Il correspond à une entité écologique incluant espèces et communautés, ainsi que leur environnement biotique et abiotique.

Le terme est également utilisé comme référence aux « habitats d'intérêt communautaire » référencés au titre de la Directive Habitat, Faune, Flore.

3.15. Hibernaculum

Refuge, gîte ou partie d'un terrier où les animaux de petite taille passent l'hiver. Il concerne généralement des

mammifères hibernant (marmottes, chauve-souris, etc.), des arthropodes (dont les insectes et arachnides), des reptiles (serpents) et des amphibiens.

3.16. Génie végétal

Le génie végétal, ou génie biologique, s'entend comme l'ensemble des techniques utilisant les végétaux et leurs propriétés mécaniques et/ou biologiques, pour la gestion des milieux dégradés aux niveaux mécanique, chimique, ou biologique, en particulier :

- le contrôle et la stabilisation des sols ;
- l'épuration et la dépollution des sols et des eaux ;

La restauration, la création ou la conservation de ces milieux, incluant une intégration paysagère de ces éléments.

Ainsi, le génie végétal est une pratique à part entière du génie écologique, qui se focalise sur l'utilisation exclusive des végétaux, là où la notion de génie écologique, plus large englobe également une forme d'utilisation de l'activité animale ou d'autres processus naturel.

3.17. Géofilet

Natte biodégradable tissée ou non, constituée de fibres végétales et, employée à des fins de protection temporaire des sols dans l'attente de la reprise des végétaux installés.

3.18. Ingénierie écologique

Ensemble des concepts et des pratiques fondés sur les mécanismes écologiques et utilisables pour la gestion adaptative des ressources, la conception, la réalisation et le suivi d'aménagements ou d'équipements. Elle intègre également les dispositifs de recherche, d'expertise, de décision, d'application et d'évaluation.

Plus simplement, l'ingénierie écologique peut être définie comme l'ensemble des actions par et/ou pour le vivant incluses dans une démarche de projet d'ingénierie.

(adapté des statuts de l'A-IGÉco, 2014)

3.19. Lutte biologique par conservation

Modification de l'environnement ou des pratiques existantes pour favoriser les populations d'ennemis naturels (dits auxiliaires) d'organismes phytophages des plantes cultivées, afin d'en réduire l'impact sur les récoltes.

3.20. Mare

Étendue d'eau de faible surface (< 5000 m²) et de faible profondeur (< 2 mètres), permanente ou temporaire, d'origine naturelle ou anthropique. Elle peut être alimentée par les eaux pluviales, les nappes phréatiques ou par le réseau hydrographique de surface.

3.21. Milieu fermé

Milieu terrestre de surface au couvert majoritairement dominé par des ligneux arbustifs ou arborescents.

Sur la base de la classification européenne EUNIS¹, les milieux fermés naturels ou semi-naturels sont :

- les habitats de landes et de fourrés (catégorie F) ;
- les habitats boisés (G) ;
- certaines catégories d'habitats arbustifs côtiers (B).

À noter que certaines landes (basses) de la catégorie F sont souvent considérées comme des milieux ouverts.

3.22. Milieu ouvert

Milieu terrestre de surface au couvert majoritairement nu ou herbacé.

Sur la base de la classification européenne EUNIS¹, les milieux ouverts naturels ou semi-naturels sont :

- la majorité (mais pas l'intégralité) des habitats côtiers (catégorie B) ;
- les habitats de tourbières et bas-marais (D) ;
- les prairies (E) et pelouses naturelles ;
- les habitats rocheux de surface (H3 à H6).

3.23. Portance

Dans le cadre de travaux de génie écologique, capacité d'un sol à supporter la pression qu'exercent sur ce dernier les pneus, chenilles de véhicules, pieds d'un homme ou sabots d'un animal. *(extrait de CG29/CERESA, 2012)*

3.24. Réhabilitation écologique

Démarche qui vise la réparation des processus écologiques, de la productivité et des services d'un milieu qui a été dégradé ou détruit.

La réhabilitation écologique n'aboutit pas nécessairement au rétablissement de l'intégrité des milieux préexistants. Elle diffère en cela de la restauration écologique.

Par abus de langage, bon nombre d'opérations de réhabilitation écologique au sens strict sont communément regroupées sous le vocable de restauration écologique.

3.25. Rémanents

Terme issu de la sylviculture désignant les sous-produits non marchands (branches, cimes, etc.) qui restent sur le parterre de la coupe après son exploitation. Par extension, terme appliqué à l'ensemble des résidus végétaux issus de travaux de génie écologique.

3.26. Résilience

Capacité que possède un milieu ou une partie de ce milieu (sol, communautés végétales ou animales, peuplement forestier, etc.) à retrouver son état préalable, par différents processus de dynamique dite progressive, après sa destruction totale ou partielle par un aléa naturel ou une perturbation d'origine anthropique.

3.27. Restauration écologique

Processus qui assiste l'auto-réparation d'un milieu qui a été dégradé ou détruit. La restauration écologique vise le rétablissement de l'intégrité des milieux.

3.28. Rhizosphère

Partie du sol directement formée et influencée par les racines et les microorganismes associés. Lieu d'intenses échanges entre le végétal et le substrat minéral qui peut être affecté par le tassement, l'enneigement, la salinisation, l'eutrophisation, la pollution ou l'aridification du sol.

1. Classification européenne EUNIS : European Nature Information System (Système d'Information Européen pour la Nature)

3.29. Végétal d'origine locale

Végétal ayant été prélevé ou cultivé à partir d'individus présents naturellement dans la même région écologique que celle du projet.

4. Description et prescriptions techniques

4.1. Coordination et supervision du chantier

Quel que soit le type de travaux à réaliser, l'entreprise doit respecter précisément le cahier des charges et les consignes du maître d'œuvre (MOE) et du maître d'ouvrage (MOA) tout en restant vigilante aux imprévus et en étant force de proposition, notamment pour éviter d'être tenue pour responsable en cas de dégradation du milieu, d'atteinte à un élément protégé ou patrimonial ou d'introduction d'espèces indésirables. Il est important que tous les acteurs prennent leurs responsabilités et travaillent conjointement. Au sein de cette équipe, la présence de l'écologue est indispensable. Celui-ci aura notamment la charge d'accompagner l'entreprise sur différentes missions :

- réalisation d'un diagnostic écologique ;
- formation/sensibilisation du personnel ;
- repérage des zones sensibles par le piquetage ;
- conseil sur les techniques à appliquer ;
- alerte en cas de repérage d'espèces sensibles, patrimoniales ou protégées, d'espèces indésirables, de difficultés, etc.

Il est conseillé de prévoir un affichage sur site et une information adaptée de son équipe ; tous les intervenants sur le chantier devront être alertés quant à la présence d'espèces ou de milieux sensibles et aux risques inhérents au chantier.

4.2. Autorisations administratives

L'entreprise réalisant les travaux peut toujours être tenue pour responsable en cas de dégradation du milieu et doit pouvoir justifier de l'accord administratif ou d'un récépissé de déclaration pour les travaux en cours. Il importe donc avant tout engagement d'un chantier de s'assurer auprès du donneur d'ordre que celui-ci est régulièrement enregistré auprès des services préfectoraux.

Par ailleurs, avant le démarrage d'un chantier, son responsable s'assurera de disposer de toutes les autorisations nécessaires pour le mettre en œuvre, en particulier :

- pour l'accès à l'ensemble des parcelles concernées par le chantier et ses voies d'accès (servitudes) ;
- d'intervention au titre du Code de l'urbanisme (EBC, permis de construire, déclarations préalables, etc.) ;
- d'intervention au titre du Code forestier (défrichement, premiers boisements, etc.) ;
- d'intervention au titre du Code de l'environnement, notamment au titre de la protection des espèces et des habitats et au titre de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques, dont la réglementation sur les zones humides (DICT, arrêtés préfectoraux d'autorisation, etc.) ;
- spécifiques au lieu et à la nature des travaux à réaliser.

4.3. Préparation du chantier

4.3.1. Choix de la période d'intervention

Autant que possible les choix de période d'intervention doivent être faits de manière à réduire au maximum les impacts sur la faune, la flore, les sols et les systèmes hydrauliques.

Il conviendra alors dans la programmation de chantier de tenir compte des cycles biologiques des espèces et de limiter les interventions pendant les périodes sensibles telles que la reproduction ou l'hivernation pour les espèces animales, la floraison et la période de végétation pour les espèces végétales.

Tous les travaux de terrassements doivent être réalisés, de préférence, hors période pluvieuse pour ne pas dégrader la qualité des matériaux.

4.3.2. Choix du matériel adapté

De nombreuses interventions de génie écologique nécessitent l'emploi d'engins qui peuvent être plus ou moins adaptés aux spécificités des espaces et des techniques attendues en milieu naturel. Les caractéristiques du matériel peuvent être définies dans le cahier des charges et/ou être justifiées par l'entreprise.

Le choix du matériel sera réalisé en fonction :

- des contraintes du site ;
- des conditions climatiques ;
- des objectifs visés par l'intervention ;
- des conséquences de leur utilisation.

Par exemple, le passage répété d'engins au même endroit, tel qu'une zone de retournement ou une entrée de parcelle, peut modifier la structure du sol et conduire à une modification durable de la végétation. La compaction des sols est à limiter au maximum, quel que soit le type de milieu (hors itinéraire spécifique à la récréation de milieux humides).

On accordera une attention particulière à la portance au sol du milieu dans lequel on intervient, en lien avec le choix de la période d'intervention. La portance d'un sol varie en fonction de sa texture, de sa structure, de l'hétérogénéité des horizons qui le composent et de son humidité. Ce dernier facteur est très important en zone humide puisqu'un sol est d'autant plus sensible au tassement qu'il est gorgé d'eau. Elle varie également en fonction des conditions climatiques.

Si la pression (rapport entre la masse d'un engin et la surface de contact de cet engin avec le sol) exercée par le matériel est supérieure à la portance du sol, un tassement de ce dernier se produit jusqu'à retrouver l'équilibre portance - pression de l'engin. Si cet équilibre n'est pas atteint, l'engin s'enfonce complètement. La pression au sol exercée par l'engin varie en fonction des outils, du chargement et des caractéristiques de la partie motrice (4X4, roues directionnelles, chenilles, flotteurs, etc.).

Sur des zones fragiles (exemple : milieu humide) ou difficiles d'accès, il est conseillé d'utiliser du matériel léger, type porte outils ou microtracteurs avec pneus larges basse pression, portatif ou téléguidé.

La traction animale constitue également une alternative pour exporter des volumes importants. Les chevaux de trait ou les ânes ne font pas d'ornières et circulent facilement sur les pentes ou espaces restreints.

4.3.3. Prévention des pollutions liées à l'utilisation de machines

4.3.3.1. Fluides biodégradables

Une attention particulière sera accordée aux types d'huiles dont seront équipés les engins avec une préférence pour les huiles dites biodégradables ayant un impact limité, mais non nul, en cas de fuite dans le milieu. Ces huiles normées

sont disponibles pour la motorisation, les outils de coupe (tronçonneuses) et les circuits hydrauliques. Il faut toutefois s'assurer qu'elles sont autorisées par le constructeur ou le fournisseur.

4.3.3.2. Prévention des pollutions aux hydrocarbures

Les pollutions accidentelles sont le plus souvent liées à la présence de différents types d'hydrocarbures (huile moteur, huile hydraulique, huile de tronçonneuse, essence, etc.) nécessaires au fonctionnement des engins.

Avant tout démarrage de chantier, il convient de prévenir ce type de pollution par un contrôle préventif du matériel (Voir 4.3.3.3), un nettoyage préalable (Voir 4.3.3.4) et la présence de dispositifs de protection des fuites à employer en cas d'accident (exemple : kits absorbants hydrofuges).

Le dispositif, prévu pour chaque engin présent, doit tenir compte du volume maximum d'hydrocarbures présents dans la machine et être suffisamment proche pour une mise en œuvre rapide et efficace.

Un dispositif de protection est également nécessaire lors des opérations de remplissage du matériel, dès lors qu'il n'existe pas d'aire imperméable prévue à cet effet. Autant que possible, celui-ci sera réalisé en dehors des zones sensibles. Par exemple, le remplissage d'une tronçonneuse sera effectué sur un tapis de rétention permettant de recueillir les surplus d'essence en cas de débordement. Il est également préconisé de réaliser l'ensemble des opérations de remplissage sur un même site aménagé à cet effet (rétention).

4.3.3.3. Contrôle préventif du matériel

Le contrôle préventif du matériel permet d'anticiper toutes les pannes et défauts susceptibles de provoquer une fuite accidentelle d'hydrocarbures (par exemple : rupture de flexible hydraulique, défaut d'étanchéité de la cuve ou du réservoir, etc.).

Selon la nature du chantier, il est parfois recommandé de mettre en place un registre de contrôle visuel du bon état des différents organes hydrauliques et de tous ceux transportant des hydrocarbures pendant toute la durée du chantier. Il consigne également tous les événements liés à des fuites sur le chantier. Ce registre reste à disposition de l'ensemble des intervenants pendant toute la durée du chantier et sera remis au client en fin de chantier.

4.3.3.4. Nettoyage des engins avant et pendant les travaux

Avant tout démarrage de chantier, les engins doivent être nettoyés et débarrassés de tout matériel provenant d'une utilisation antérieure afin d'éviter l'importation de tout élément non désiré sur le chantier (hydrocarbures, matière organique, résidus d'espèces exotiques envahissantes, etc.). Le nettoyage permet de contrôler par la même occasion l'état général de l'engin.

Les protocoles de nettoyage et fréquences des contrôles pourront être spécifiques selon le niveau de sensibilité du milieu. Ainsi, le matériel devra être systématiquement désinfecté après intervention sur une zone ou des matériaux suspectés d'infestations sanitaires (Voir 4.3.5).

4.3.4. Prévention des autres pollutions

4.3.4.1. Pollution sonore

L'utilisation d'engins et des matériels de chantier génère des émissions sonores qui sont un facteur de dérangement des espèces animales.

L'usage d'engins électriques peut réduire le niveau d'émissions sonores. Si ces derniers ne peuvent pas être utilisés ou si malgré tout l'usage génère des nuisances sonores importantes, il conviendra de positionner les engins le plus loin possible des zones sensibles.

4.3.4.2. Émission de poussières

Certaines opérations, notamment les travaux de terrassement, sont source de poussières. Les poussières peuvent également provenir de l'action du vent sur des sols laissés nus. Elles peuvent avoir une incidence sur la qualité des sols, de l'air et des eaux en cas de diffusion aux milieux humides (turbidité, diffusion de polluants, modification du pH) mais également sur la santé des végétaux (réduction de l'efficacité de la photosynthèse) et de la faune.

Quelques précautions permettent de limiter les émissions de poussières au cours des chantiers :

- tenir compte des conditions climatiques (vent, sécheresse, etc.) ;
- asperger régulièrement les sols nus afin de maintenir les poussières au sol ;
- bâcher les camions transportant les déblais ;
- végétaliser rapidement les sols nus (lorsque cela est possible) ;
- adapter les méthodes de terrassement (aspiration des déblais, etc.) ;
- utiliser des solutions biologiques (microorganismes) pour fixer les poussières au sol.

4.3.5. Prévention des diffusions d'espèces concurrentielles et de maladies

Lors de travaux de génie écologique, des espèces concurrentielles vis-à-vis des autres espèces en présence, dont les espèces exotiques à caractère envahissant (exemples : Renouée du Japon, Jussie, Robinier faux-acacia, Balsamine de l'Himalaya, Buddleia, etc.), ou des maladies (exemples : chalarose du Frêne, chancre coloré du Platane, chytridomycose des amphibiens, etc.) peuvent être introduites et porter préjudice à la qualité du milieu ou aux espèces présentes. L'utilisation d'écotypes non locaux de plantes sauvages (dont l'espèce est présente naturellement) représente également un danger d'introduction d'écotypes envahissants, non adaptés ou pouvant se croiser avec les écotypes natifs. On sera donc très vigilant sur l'origine géographique de collecte de tout matériel végétal introduit.

L'arrêté national du 14 février 2018 fixe la liste des plantes exotiques envahissantes interdites en France. Cependant, d'autres plantes sont très préoccupantes et ont été répertoriées dans le code de bonne conduite de Val'hor et par les CBN de chaque région.

Des préoccupations à l'échelle régionale peuvent aussi exister et différer des listes nationales ou européennes. Concernant les espèces végétales, des données sont disponibles et mises à jour régulièrement sur les sites des CBN. Les maladies et ravageurs qui doivent faire l'objet de lutte obligatoire sont répertoriés sur le site du ministère en charge de l'agriculture.

Le risque de diffusion devra être évalué au préalable pour chaque chantier par un écologue, en fonction des milieux et espèces en présence ainsi que de la modalité des travaux.

4.3.5.1. Sources de contamination

Les sources de contamination et le niveau de risque sont variables selon le milieu et le type d'intervention. Le risque augmente considérablement :

- en cas d'apport de fournitures et de matériaux extérieurs en quantité importante, comme dans le cas d'opérations de reconstitution de milieux ex-nihilo ;
- dans des contextes où la présence de l'Homme est plus marquée (milieu urbain, anthropisé avec fréquentation du public, etc.) ;
- en milieu aquatique.

Les introductions accidentelles se font le plus souvent par apport de matériaux, substrats et solutions végétalisées comprenant des fragments, organes ou graines difficilement visibles. Les véhicules, matériels et personnes constituent notamment des vecteurs privilégiés.

4.3.5.2. Modalités pratiques pour limiter les risques de propagation

L'entreprise réalisant les travaux doit bien connaître les problématiques de dispersion des espèces concernées et avoir la capacité d'identifier les espèces non désirées ou symptômes, de manière à pouvoir, le plus tôt possible, alerter le MOE et le MOA et prendre les mesures *ad hoc*.

Les techniciens spécialisés et les agents d'exécution sont ceux qui sont « en contact » avec les matériaux et les voient au quotidien. Il est donc conseillé de les former à ces reconnaissances et au respect de procédures d'alerte qui sont définies au cas par cas en fonction des enjeux et problématiques sur le site et de la nature des travaux envisagés. Elles sont théoriquement présentées dans le CCTP ou dans un cahier environnemental spécifique, et peuvent être exposées par le MOE. Selon les cas, il pourra s'agir :

- d'être attentif aux caractéristiques des intrants (terres, fournitures, végétaux, mottes, godets, semis, etc.) pour éviter toute introduction involontaire. Il est important de connaître l'origine des matériaux et végétaux fournis et de s'assurer de l'absence d'espèce exotique envahissante ou maladie avant leur arrivée sur le chantier. Il est conseillé

de favoriser dès que possible l'utilisation de végétaux d'origine locale. Le recours à des plants à racines nues peut permettre de limiter le risque de contamination. L'observation des sites d'origine de prélèvements est conseillée, sous le contrôle de la MOE lorsqu'elle existe. Elle donne lieu à une validation par l'écologue.

- d'être vigilant sur la propreté des engins et des tenues des agents (en particulier les bottes et les gants) pour éviter toute introduction (**Voir Tableau I**).
- de matérialiser et mettre en exco toute zone « contaminée » pour éviter les propagations vers d'autres zones (y travailler selon des règles strictes si des interventions y sont programmées).
- de traiter tout foyer récemment découvert. Si l'enlèvement est préconisé, il devra se faire selon un protocole spécifique défini et validé par l'écologue. Il est important de bien définir qui le prend en charge et qui est responsable, notamment si plusieurs passages sont nécessaires et conduisent à des interventions au-delà du marché.

Point de contrôle interne

Assurer la traçabilité des matériaux entrant sur le chantier et vérifier l'absence de fragments de plantes non désirées sur :

- les engins, le matériel et les équipements ;
- les importations de terre, de plants en godets et de mélanges de graines.

Tableau I : indications sur les protocoles de nettoyage

Quand ?	Manipulations attendues	Remarques
Dès qu'un engin doit entrer sur le site	Nettoyage complet (carter de protection, filtre moteur, roues, chenilles, broyeur, etc.) ; Élimination de tout matériau (terre, poussières, végétaux, etc.).	À réaliser hors du site. Les pièces en contact avec le milieu doivent faire l'objet d'une attention particulière.
En cas d'intervention sur un site présentant des espèces indésirables	Définition d'une aire de travail : station à traiter, chemin d'accès et zone de nettoyage (hors zones d'intérêt écologique pour les deux derniers). Utiliser du matériel et des engins dédiés (tracteurs, remorques, petit matériel, bottes et tenues de protection) pour les opérations et pendant toute la durée de l'intervention. Nettoyage complet des engins avant toute sortie des emprises.	Validation des emprises par un écologue. Station de lavage des engins à définir pour éviter tout risque de pollution et de contamination. À consigner dans le registre des opérations.
En cas de risque de pollutions/transfert de maladies	Désinfection du matériel (ex : bottes, pneus en cas de circulation dans des milieux aquatiques ; lame de tronçonneuse, etc.), si possible avec des produits ayant un impact limité sur l'environnement	À réaliser dans des zones aménagées (recueil des eaux souillées, etc.) pour traitement ultérieur. Éviter le retour au milieu naturel.

4.3.6. Prévention des dégradations sur les espèces et les milieux

Lors de travaux de génie écologique la qualité du milieu et les espèces présentes peuvent être dégradées. Plus l'intervention est lourde et les intervenants nombreux, plus le risque de dégradation augmente.

Les sources de dégradation sont multiples et peuvent entraîner les conséquences suivantes, pouvant être sanctionnées par la réglementation :

- destruction d'habitats ou d'espèces ;
- dérangement d'espèces animales ;
- déstructuration, compactage ou pollution des sols ;
- ennoiment ou assèchement de milieux humides et aquatiques ;
- etc.

Attention, des habitats ou espèces végétales et animales peuvent également être détruits ou dégradés sur des zones non directement concernées par le projet : zones de cantonnement ou de stockage, pistes d'accès, débordement de chantier, atteinte à des enclaves théoriquement à préserver, etc.

Les modalités pratiques pour limiter les risques de dégradation ou de destruction sont définies au cas par cas en fonction des enjeux et problématiques sur le site et de la nature des travaux envisagés. Elles sont théoriquement présentées dans les cahiers des charges ou dans un cahier environnemental spécifique. L'entreprise doit prendre connaissance de l'ensemble des documents d'évaluation environnementale pour préparer son chantier (emprises, protocoles, périodes d'intervention) et le baliser en prenant bien en compte l'ensemble des enjeux et recommandations écologiques.

4.3.6.1. Emprise de chantier, pistes et itinéraires

D'une façon générale, il est recommandé de réduire au minimum les emprises de chantiers. De la même manière, il est préférable d'éviter le stockage sur le site pour les déchets et rémanents.

Dans certains chantiers, il peut être intéressant de mettre en place un plan de circulation du chantier (à faire valider par le maître d'ouvrage). Ce document permet de faire figurer :

- les différentes aires du chantier (base vie, zones de travaux, aires de livraison, zones de manutention des matériels et matériaux) ;
- les zones de circulation des engins (bien tenir compte du gabarit) ;
- les zones de circulation piétonne ;
- les zones à enjeux écologiques sur lesquelles doivent être exclues toutes opérations qui risqueraient de porter préjudice au milieu ou aux espèces.
- les zones de stockages temporaires des terres

Le balisage du chantier et de ses accès permet de faciliter la circulation des engins et des opérateurs depuis la voie publique tout comme à l'intérieur du site et limite les risques d'endommager des stations d'espèces ou des habitats à préserver.

Ces accès peuvent nécessiter l'obtention préalable d'autorisation des services gestionnaires de la voirie : commune, intercommunalité, département, État.

La signalétique doit être installée en amont du démarrage du chantier. Toutes les précautions sont à prendre pour assurer son maintien pendant la durée du chantier mais en veillant à son caractère réversible (attention à respecter la végétation en place). L'entreprise se chargera de vérifier voire de renouveler les panneaux, piquets et autres rubans de chantier afin de limiter les risques de cheminement en dehors des emprises retenues. À cet effet, le plan de circulation reprenant les tracés devra rester disponible sur le chantier.

En fin de chantier, la suppression et l'évacuation de l'ensemble des éléments de signalétique est à assurer.

4.3.6.2. Zones à préserver

Il est important de matérialiser et mettre en défens toute zone sensible à préserver pour éviter les circulations et dégradations et de bien sensibiliser l'ensemble de son équipe. Les secteurs à préserver seront à matérialiser par des dispositifs adaptés, fixes si nécessaire, et des panneaux d'information pour rappel.

Attention à bien intégrer dans les zones mises en défens les périmètres pouvant générer des incidences sur les espaces. Par exemple, protéger un secteur boisé sensible ou un arbre particulier peut nécessiter d'identifier le périmètre de prospection racinaire à ne pas compacter, et pas uniquement l'abond des troncs. Pour ces derniers, il existe tout de même des systèmes de protection aérienne physique telles que des mousses, des tuyaux voire des protections métalliques. Elles peuvent être intéressantes notamment pour les arbres dont elles renforcent la protection en même temps que la visibilité. Il conviendra également d'être vigilant sur la hauteur du houppier des arbres par rapport aux engins utilisés.

Point de contrôle interne

- faire valider dans le plan de circulation du chantier les zones à préserver, les zones de circulation, de stationnement et de stockage temporaire par le MOE ou le MOA
- informer et sensibiliser son équipe sur les enjeux du site et mettre en place le balisage nécessaire avant le démarrage des travaux et après validation par le MOA ou MOE.

4.3.6.3. Préservation des espèces animales

Lors d'un chantier en milieu naturel, il existe un risque important de dérangement de la faune qui ne peut être totalement supprimé malgré la prise d'un ensemble de mesures. Afin de le réduire, on accordera une attention particulière au choix des périodes d'intervention et à la perméabilité de la zone de chantier aux espèces.

En effet, l'intervention sur tout type de milieu peut avoir une incidence sur le déplacement des espèces. Un risque d'écrasement important existe pour les individus qui traversent le chantier, notamment de la petite faune.

L'installation de barrières semi-perméables permettant la sortie des individus du chantier mais bloquant leur entrée peut être intéressante, cette installation peut néanmoins être variable selon les espèces. Pour les travaux menés au printemps, il peut également être envisagé la pose de barrières anti-amphibiens pour éviter l'entrée d'amphibiens qui rejoindraient les ornières humides laissées par les engins, les bassins de rétention ou une zone humide située sur l'emprise du chantier. Afin d'éviter d'attirer les individus dans une zone dangereuse pour eux, les équipes doivent être vigilantes sur le fait de limiter la création d'habitats favorables temporaires, notamment aux reptiles et petits mammifères (tas de bois, de pierres, de gravats), sur la zone de chantier. En revanche l'installation de zones refuges à l'extérieur du chantier est tout à fait conseillée.

Pour toutes ces recommandations, le point de vue de l'écologue est essentiel. En effet, il n'existe pas de solution transposable d'un chantier à l'autre. L'ensemble des mesures prises dépendra du milieu dans lequel se déroule le chantier, des espèces en présence et de la période d'intervention.

4.3.7. Gestion des rémanents

Les rémanents sont issus des opérations de coupe, fauche, broyage et abattage de la végétation. Chaque opération va générer des rémanents dont le traitement devra être prévu en amont de toute intervention. En effet, en fonction de l'itinéraire choisi, la gestion de ces rémanents aura des conséquences sur la complexité du chantier voire sur le choix de la technique de gestion.

Selon leur nature et les objectifs assignés au site, les rémanents peuvent être utilisés sur place, par exemple pour créer des habitats pour certaines espèces (caches, hibernacula, etc.), pour servir de matériaux à des opérations de génie végétal (saules par exemple) ou faire l'objet d'une exportation en dehors du site. Les résidus de fauche peuvent également être intégrés aux procédures de transferts de milieux (Voir 4.4.4.).

L'exportation permet de limiter l'enrichissement trophique (éléments nutritifs) du milieu, voire de favoriser son appauvrissement progressif. Cette opération peut viser à limiter la fréquence d'intervention par l'expression à terme d'une végétation moins productive et donner lieu à l'expression d'habitats naturels plus originaux avec une biodiversité spécifique.

Parfois, l'exportation n'est pas envisageable, car les moyens à mettre en œuvre seraient trop importants et/ou provoqueraient des perturbations (en lien avec les difficultés d'accès, la qualité des rémanents, etc.). Dans ce cas, le stockage doit être envisagé de façon à perturber le moins possible le milieu.

- Quelques exemples de valorisation des rémanents hors site :
- suite à un fauchage sur prairie, réutilisation des foin pour l'alimentation ou la litière d'animaux (si les coupes sont humides, prévoir de les enrubanner pour les conserver sans risque de surchauffe) ;
 - suite à un fauchage sur prairie naturelle d'intérêt écologique (fleuri ou non), réutilisation des foin pour ensemercer de nouvelles zones prairiales ;
 - valorisation dans la filière bois-énergie ;
 - valorisation des BRP (bois raméal fragmenté) comme paillage horticole ou amendement pour les sols ;
 - valorisation en biomasse (compostage ou méthanisation via une plateforme agrée, etc.).

4.3.8. Gestion de l'hydraulique sur le site du chantier

La gestion hydraulique doit permettre de contrôler la qualité et le flux de l'eau en sortie de chantier pour ne pas dégrader les masses d'eau en aval. Certaines caractéristiques (taux de matière en suspension, température, présence d'espèces végétales, animales, etc.) sont directement encadrées par le Code de l'environnement.

La fuite de sédiments, l'érosion hydraulique, l'élévation en température ou la dissémination d'espèces exotiques envahissantes, par exemple, peuvent être nocives pour le milieu récepteur.

Diverses mesures peuvent être prises, parfois en association, pour prévenir ces dégradations du cours d'eau receveur :

- création d'un bassin de décantation éventuellement associé à un filtre ;
- dérivation temporaire d'une partie d'un cours d'eau ;
- mise en place d'un flotteur autour de la pompe de vidange pour ne récupérer que les eaux de surface et limiter ainsi le départ de particules fines et la turbidité de l'eau liée au battillage ;
- utilisation de systèmes (crépine, géofilet, filet lesté, cage grillagée, etc.) autour de la pompe afin d'arrêter les fragments de végétaux ;
- installation d'un filtre sur le cours d'eau de sortie (filtre à paille ou à sable, gabion, coco, etc.) pour bloquer les fragments végétaux ;
- etc.

On accordera une attention particulière au cadrage réglementaire des mesures adoptées.

Pour obtenir plus d'informations sur la préparation et la conduite du chantier en milieux aquatiques ou humides, particulièrement sensibles, les lecteurs sont invités à se reporter aux documents mentionnés dans la bibliothèque de référence (Norme NF X10 -900, 2012²).

4.3.9. Prise en compte des sols

4.3.9.1. Prise en compte des sols en phase amont

Dans le cadre d'aménagements de génie écologique, la prise en compte des sols en amont du projet est primordiale et permet d'optimiser la réussite des travaux de restauration ou de création des milieux. Les sols constituent un compartiment clé de l'écosystème, se situant à l'interface de la lithosphère, de l'atmosphère et de l'hydrosphère. De nombreuses interactions ont lieu entre ces différents compartiments et la biosphère (Figure 2). Un diagnostic du sol peut orienter la conception du projet, il détermine notamment les techniques à mettre en œuvre pour travailler

le sol en place et atteindre les objectifs visés (sol à forte capacité de rétention en eau, drainant, oligotrophe, peu épais etc.).

Il peut être donc nécessaire de faire intervenir un expert du sol pour réaliser les mesures agropédologiques et mettre en place des outils de bioindication.

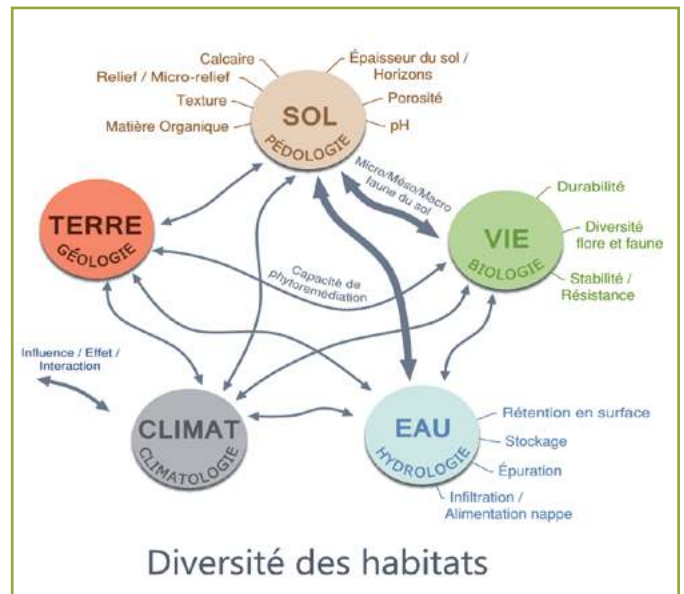


Figure 2. Schéma récapitulatif des différents compartiments clé de l'écosystème et de leurs interactions (Dessin de C. Houel, source : Sol Paysage)

Diagnostic agropédologique

Réalisé à l'aide de sondages manuels et de fosses pédologiques à la pelle mécanique, le diagnostic agropédologique est effectué en phase amont du projet par un pédologue pour caractériser le fonctionnement du sol à l'état initial. L'ensemble des paramètres tels que l'organisation des horizons, leurs épaisseur, texture, structure et porosité sont des indicateurs majeurs de son fonctionnement. La connaissance de ces caractéristiques permet ainsi de déterminer la capacité du milieu à se régénérer à partir des travaux réalisés, d'anticiper la conception par rapport à l'existant et, éventuellement, d'envisager la gestion de la terre en vue de sa réutilisation et de sa valorisation pour le projet. Le diagnostic agropédologique permet d'évaluer l'hétérogénéité des sols en place via une cartographie simplifiée. Des analyses physico-chimiques à partir de prélèvements des matériaux en place ainsi que des mesures d'infiltrométrie *in situ* peuvent compléter le diagnostic.

Outils de bioindication

La protection et la gestion de la qualité des sols nécessitent de disposer d'une série d'indicateurs capables de renseigner sur leur dégradation et/ou la restauration de leurs propriétés et de leurs fonctions. Différents programmes de recherche (BioIndicateurs, ENVASSO, RMQS Biodiv, etc.) ont identifié des bioindicateurs pertinents pour renseigner sur l'état et le fonctionnement d'un écosystème. Complémentaires des analyses physico-chimiques, ils constituent des outils particulièrement intéressants pour évaluer des impacts jusqu'alors ignorés ou non considérés. Les vers de terre (macrofaune), les nématodes (microfaune) ou la biomasse microbienne sont autant d'exemples de bioindicateurs à associer à une étude agropédologique. Des suivis de qualité biologique du sol peuvent être réalisés de façon à suivre la re fonctionnalisation des milieux restaurés ou reconstitués.

2. Norme NF X10-900, publiée en octobre 2012 par l'AFNOR, issue de quatre années de travail des acteurs du génie écologique pour développer une méthodologie de conduite de projets de génie écologique partagée et définir un protocole d'intervention adaptée aux zones humides et cours d'eau.

4.3.9.2. Gestion des terres

La gestion des terres concerne tous les projets de génie écologique faisant l'objet de terrassement (c'est-à-dire hors gestion de la végétation par fauche, ou réouverture de milieu, etc.).

Ces préconisations doivent être si possible à la charge d'un pédologue et faire suite au diagnostic agropédologique réalisé en amont. Idéalement, le diagnostic, la phase de conception ainsi que le suivi doivent être réalisés par le même BE garantissant la cohérence et la réussite du projet. Concernant la phase de conception il faut être attentif à ce que le site receveur du projet présente des caractéristiques globales et des opportunités (composantes hydriques, du sol, du climat etc.) en adéquation avec le fonctionnement visé.

Réutilisation des terres et reconstitution des milieux

La réutilisation des terres du site (terre végétale et terre de sous-face) pour la reconstitution des sols du milieu s'inscrit dans une démarche d'économie circulaire. Cette démarche permet notamment de limiter les imports/exports, l'émission de GES, favoriser l'utilisation de ressources locales (*in situ* ou adjacentes au site), etc.

La reconstitution d'une fonction spécifique du sol : rétention (zone humide), infiltration (noue), récréation (pelouse), phytoremédiation, etc. nécessite un travail du sol adapté.

Concernant les travaux de restauration du milieu sur le plan floristique, les caractéristiques du sol peuvent être déterminantes pour la pérennité des végétaux choisis et l'évolution de l'écosystème. Il convient donc de recréer des sols en adéquation avec les exigences écologiques des espèces végétales. Les services attendus au travers des travaux de génie écologique dépendent notamment des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des sols.

Stockage des terres

Pour optimiser et anticiper le stockage des terres il est nécessaire d'établir un planning détaillé prenant en compte la taille du projet, sa durée, les volumes de terre engagés et les caractéristiques du sol travaillé (Voir Tableau II).

Tableau II : Indication sur les types de stockage

Type de projet	Mise en œuvre du stockage	Forme du stockage
Petit projet à court terme engageant des petits volumes de terre	Quasi directe – 15 jours de stockage.	Sous la forme d'andain (1m3~1m2).
Grand projet à moyen/ long terme engageant d'important volume de terre	Échelonnée sur plusieurs mois/ années.	Sous la forme d'un sol avec un horizon H1 et un horizon H2 (hauteur < 1,5m max).

Tout stock de terre à réutiliser est ensemencé, de préférence, avec des espèces locales et un suivi associé à une gestion de ce couvert sur stock le cas échéant est mis en place pour limiter l'apparition d'espèces indésirables dans les terres du projet.

L'objectif est de limiter au maximum les zones de sol nu, par un ensemencement quasi-systématique, pendant toute la durée des travaux, pour une protection globale des sols.

Phase post-chantier

La phase post chantier ne doit pas être négligée. Il est impératif d'assurer un suivi régulier de l'état des sols et de leurs fonctionnalités tous les 2-3 ans (sondages, croissance des végétaux, écoulement des eaux pluviales, mise en place de la bioturbation, échantillonnage vers de terre, etc.)

Ce bilan assure la réussite de la reconstitution/restauration de sol.

4.4. Techniques de restauration et d'entretien courant - milieu terrestre

Ne sont évoquées ici que les opérations parmi les plus récurrentes sur le terrain. Dans le cadre d'un projet global, ces techniques peuvent être complémentaires.

L'évolution des milieux, soit spontanée, soit liée à des perturbations d'origine humaine, peut nécessiter la mise en place de différentes techniques d'entretien (opérations courantes) ou de restauration (interventions ponctuelles) afin de maintenir ou de ramener le milieu à un état considéré comme favorable. La différence entre ces deux approches dépendra du degré d'évolution du milieu et les techniques mises en œuvre peuvent être similaires. Les modalités d'application devront en revanche être adaptées à l'état initial du milieu et aux objectifs fixés.

Les opérations présentées ci-dessous peuvent pour la plupart être suivies ou non d'une exportation des rémanents (Voir 4.3.7).

4.4.1. Opération d'ouverture d'un milieu ou de maintien d'un état ouvert

Ces interventions sont qualifiées de légères quand elles sont réalisées dans des milieux déjà ouverts. Lorsque la colonisation par les ligneux est importante, elles peuvent être qualifiées de lourdes et nécessiter des travaux conséquents, d'abattage par exemple.

Elles concernent une grande variété de milieux : landes, milieux humides, pelouses sèches, roselières, mégaphorbiaies, etc. Les opérations peuvent aussi porter sur l'entretien d'espaces paysagers aménagés et gérés selon les principes de la gestion différenciée : prés fleuris, talus végétalisés, noues paysagères, etc. Le gestionnaire devra définir la ou les techniques (manuelle, mécanisée, animale) à employer ainsi que l'ensemble des préconisations à suivre en fonction des contraintes du site et objectifs recherchés.

Avant de commencer

Vérifier que les informations suivantes ont été fournies :

- portance des sols pour choisir le matériel adapté ;
- localisation de l'emplacement du site de dépôt potentiel des produits ;
- devenir des rémanents, en particulier pertinence de l'exportation des produits par rapport à la richesse du milieu, la composition floristique et au volume estimé ;
- choix de la période d'intervention par rapport aux enjeux faunistiques et floristiques et autres pratiques existantes.

4.4.1.1. Gestion des ligneux de gros diamètre

Les techniques employées sont l'abattage, l'arrachage et le rognage.

L'abattage est une intervention effectuée sur une végétation ligneuse de type arborée ou arbustive.

L'arrachage peut être effectué sur tout type de milieux où la dynamique de colonisation ligneuse naturelle (arbustive ou arborée) va à l'encontre des objectifs de préservation de ces milieux. Souvent réalisée sur des parcelles où il y a eu un abandon des pratiques d'entretien, cette technique permet d'empêcher la repousse des arbres et/ou arbustes (principalement feuillus) qui ont la capacité de rejeter, marcotter, drageonner, etc.

Ces techniques peuvent être couplées ou non, selon les objectifs de gestion du site. En effet, suite à un abattage, les souches peuvent être arrachées, rognées, déstructurées, dévitalisées ou laissées en place. La dévitalisation doit donner lieu à une réflexion préalable sur ses conséquences sur le milieu.

Ces opérations sont suivies d'une mise en tas, des parties valorisables d'un côté et des souches de l'autre, et d'un débardage avant ou après la mise en tas.

Tableau III : Détails de l'intervention	
Intervention	Modalités d'intervention
Période	Prendre en compte la sensibilité du milieu et des sols au matériel et aux engins d'abattage et de débardage. Tenir compte également de la fonction d'habitat joué par les arbres. Il faut en particulier éviter les périodes de reproduction des oiseaux et mammifères. Entre novembre et février, il est important de vérifier l'absence de chauves-souris en hibernation. Si la présence des chiroptères est avérée ou suspectée, l'intervention doit être reportée. Pour l'arrachage, il est de plus recommandé d'intervenir en période de repos végétatif (selon les climats, généralement automne-hiver).
Abattage	Intervention technique nécessitant des compétences de bûcheron, effectuée à l'aide d'une tronçonneuse ou d'un engin d'abattage mécanisé (pelle ou abatteuse). NB : laisser la base du tronc permet de faciliter l'arrachage ou le dessouchage par la suite s'il y a lieu, ainsi que le repérage des souches. Par ailleurs, le maintien de souches hautes ou de chandelles permet de conserver certaines espèces sans compromettre l'ouverture du milieu.
Arrachage	Utiliser le matériel le mieux adapté pour évacuer le maximum de racines : pelleteuse munie d'un godet, d'une griffe en terrain meuble (lande, dune), treuil, pince d'arrachage, etc. Veiller à ne pas couper trop de racines avec le godet de la pelle. Secouer la souche extraite si possible afin de limiter l'export de terres, pierres et végétations présentes dans et au-dessus des racines.
Débardage	Technique à adapter en fonction de la sensibilité du milieu, en particulier des sols, et des modalités d'accès à la parcelle (pente, portance) : - les tracteurs, porteurs forestiers sont utilisés quand le sol est peu sensible au tassement ; - des quads et des systèmes de treuils forestiers sur tracteurs, ou de tirefort permettent de limiter les impacts sur le sol ; - la traction animale est une solution alternative aux techniques mécaniques, intéressante pour la protection des milieux, le maintien de la tranquillité du site et pour son intérêt vis-à-vis du public.

4.4.1.2. Gestion de la végétation herbacée et des ligneux de petit diamètre

Cette gestion intègre les techniques de broyage, débroussaillage, fauche et faucardage selon les outils utilisés (selon la sensibilité du milieu et les modalités d'accès), les résultats attendus et la végétation en place. L'arrachage évoqué précédemment peut être appliqué sur certaines espèces (ex. : bourdaine, molinie, etc.).

Il est conseillé de privilégier la fauche au broyage dans le cas où l'exportation des matières s'avère nécessaire

car elle en sera d'autant plus facile. À noter que certains matériels spécifiques permettent d'exporter les produits simultanément au broyage, ce qui réduit le nombre de passages.

Tableau IV : Modalités d'intervention pour la gestion de la végétation herbacée et des ligneux de petit diamètre	
Règles à respecter	Modalités d'intervention
Période de coupe	Variable selon les objectifs, les dates doivent être choisies de manière à permettre aux espèces animales et végétales de réaliser leur cycle biologique.
Fréquence de coupe	Variable selon : - les objectifs ; - les espèces présentes ; - la productivité des milieux ; - les usages. Elle peut être très fréquente (jusqu'à 5 fois par an) ou espacée tous les 3 à 5 ans.
Hauteur de coupe	Adapter le matériel en fonction des prescriptions, la hauteur de coupe pouvant être variable sur une même parcelle et permettre le maintien de zones refuges en bord de parcelles et/ou à proximité d'arbres, mares, etc.
Matériels	À choisir selon la nature des végétaux, la sensibilité du milieu (risque de dérangement et de dégradation à intégrer), les modalités d'accès (pentes, portance, etc.) et les objectifs dont le devenir des rémanents. La traction pourra être : - mécanique (matériel nécessitant parfois des adaptations pour la portance) ; - humaine ; - animale.
Circulation sur la parcelle	Du centre vers la périphérie de la parcelle afin de permettre la fuite de la petite faune
Exportation des végétaux	Privilégier un temps de séchage sur place pour : - réduire les volumes ; - offrir à la petite faune la possibilité de s'échapper ; - permettre aux graines de se déposer (sauf indésirables).

4.4.1.3. Éco-pastoralisme

L'éco-pastoralisme est un mode d'entretien ou de restauration des espaces par le pâturage d'herbivores domestiques. Selon les espèces et races utilisées et les modalités de mise en œuvre, une action est possible à la fois sur les herbacées et sur les ligneux.

La mise en œuvre de chantiers d'éco-pastoralisme est abordée dans la règle professionnelle NC3-R0 « Travaux d'éco-pastoralisme ».

4.4.2. Décapage, étrépage

Avant de commencer

Vérifier que les informations suivantes ont été fournies :

- profil et épaisseur de substrat à étréper ou décapier ;
- piquetage *in situ* ;
- lieu de dépôt ou de stockage des matières issues de l'étrépage / utilisation prévue (remblai sur une parcelle non humide, création de talus, restauration d'un milieu dégradé, etc.).

Les travaux d'étrépage ou de décapage se décomposent en plusieurs phases au cours desquelles divers points de vigilance et d'arrêt sont à prendre en compte.

Le terrassement (mécanique ou manuel) doit respecter les profondeurs et le profil défini pour les travaux. Lors d'opérations de décapage ou d'étrépage, les couches inférieures ne doivent ni être perturbées ni mélangées aux couches supérieures sauf prescription particulière.

En cas de réutilisation ultérieure, il est nécessaire de stocker la terre végétale. Ce stockage doit être conforme aux prescriptions du cahier des charges (épaisseur des merlons de terre, différenciation de la terre végétale du reste du sol, etc.).

Point de contrôle contradictoire

Vérifier que le profil final est conforme aux prescriptions. En cas de réutilisation ultérieure, vérifier que le stockage est conforme aux dispositions du cahier des charges

Il faut également réfléchir au devenir du sol (remblai, création de talus, déplacement de milieu). Lors du transfert de sol, il est important d'essayer, dans la mesure du possible, de conserver séparément les horizons du sol selon leur devenir ultérieur.

Le paragraphe 4.4.4 présente les points-clés du déplacement de milieu naturel. La création de talus est, quant à elle, décrite dans le paragraphe 4.7.2.

4.4.3. Travaux visant à favoriser le retour spontané de la végétation

Lorsque les conditions sont favorables, le retour de la végétation après mise à nu ou décapage peut se faire spontanément mais peut être favorisé par la mise en œuvre de différentes techniques. Une mise en défens des secteurs concernés est indispensable.

Une vérification régulière doit être menée pour suivre l'éventuel développement d'espèces exotiques envahissantes avant le retour de la végétation spontanée.

Avant de commencer

- S'assurer le cas échéant de l'origine des semences et plants utilisées et de la conformité des espèces choisies, en favorisant les espèces d'origine locale.
- Évaluer le risque d'implantation d'espèces non désirées ou envahissantes.

4.4.3.1. Pose de géofiles

Cette opération favorisera l'implantation des graines apportées par le vent ou les animaux et protégera les jeunes plantes notamment des aléas climatiques (sécheresse, vent, pluie, etc.). Cette technique s'applique notamment sur les sols mis à nu mécaniquement, et peut s'accompagner d'un décompactage préalable du sol.

Attention, des précautions doivent être prises sur la fixation des filets et leur plaquage au sol, notamment dans les sites en pente. L'application peut se faire sur l'ensemble de la zone ou par bande en tenant compte des risques d'érosion (bande perpendiculaire à la pente).

Les modalités de pose et d'utilisation sont décrites dans la règle professionnelle NC1-R0 « Travaux de génie végétal ».

4.4.3.2. Semis de plantes nurses

Le semis d'espèces dites « nurses » a pour objectif de recréer des conditions favorables à l'établissement de la végétation cible spontanée mais aussi d'éviter le maintien des sols à nu, notamment en période hivernale, et de prévenir l'érosion et l'implantation d'espèces envahissantes.

L'espèce semée peut être :

- une espèce structurante du milieu à restaurer, ayant vocation à s'implanter durablement. Dans ce cadre on privilégiera une espèce issue de collecte en milieu naturel de la région d'origine ;
- une espèce transitoire visant à créer des conditions favorables aux espèces spontanées. Elle aura alors vocation à disparaître spontanément du milieu. L'espèce peut dans ce cas être éloignée des espèces locales si son espérance de vie et sa reproduction spontanée sont limitées (exemple : utilisation du Ray-grass anglais).

L'espèce semée devra être adaptée aux objectifs et aux milieux considérés, de même que le mode et la densité de semis. Trop dense, le semis pourra nuire à l'implantation des espèces cibles, trop faible, il ne jouera pas le rôle attendu.

4.4.4. Travaux de transfert d'espèces végétales ou d'habitats

Le transfert d'espèces végétales ou d'habitats peut être réalisé en vue de :

- préserver des espèces ou des habitats à enjeu écologique dans le cadre de mesures de réduction, de compensation ou d'accompagnement (définies dans le cadre des dossiers réglementaires et reprises dans les arrêtés préfectoraux d'autorisation) ;
- favoriser la restauration d'un milieu dégradé, en l'absence de recolonisation spontanée suffisante ;
- valoriser du matériel végétal « ordinaire » amené à être détruit. Il peut servir à réaliser des travaux de végétalisation dans le cadre d'aménagements écologiques (exemple : héliophytes, jeunes ligneux).

Attention, il existe des procédures réglementaires spécifiques pour le transfert d'espèces protégées.

Le transfert peut concerner différents types de matériaux : semences, plantes entières, biomasse (foins ou ligneux issus de fauche), mottes de terre, sol ou « écosystèmes » complets. Les modalités de transfert sont nombreuses et font appel à des techniques diverses, manuelles ou mécaniques, voire à des combinaisons de techniques. Elles doivent être élaborées au cas par cas en fonction des objectifs et du contexte : espèces et milieux concernés, surfaces, distance entre les zones de prélèvement et de destination, etc.

Le milieu récepteur doit avoir les conditions de vie nécessaires au développement de l'espèce transférée. L'impact sur le milieu doit être pris en compte.

Ce type de chantier doit faire l'objet d'opérations d'entretien et de suivi appropriées pour s'assurer du succès de l'opération à moyen et long terme.

Avant de commencer

- S'assurer que le protocole de déplacement a bien été établi et que les lieux de prélèvement et destination ont fait l'objet d'une étude préalable par un écologue.
- S'assurer que le site donneur ne présente pas d'espèces envahissantes susceptibles de coloniser le milieu receveur.
- S'assurer que le site donneur et le site receveur appartiennent à la même région écologique.
- En cas de déplacement d'espèces protégées, s'assurer que les autorisations administratives (arrêté de dérogation) ont bien été délivrées.

4.4.4.1. Transfert d'éléments de dispersion

Le transfert d'espèces végétales peut se faire par le déplacement d'éléments de dispersion tels que les graines ou des fragments végétaux.

Le site source et le site d'utilisation doivent être situés dans la même région écologique.

La date de prélèvement doit correspondre à la période favorable au transfert des espèces cibles. En cas de stockage avant l'épandage ou le semis, il convient de s'assurer que les conditions de ce stockage permettent la survie des graines et propagules. Ces éléments sont à définir en lien avec l'écologie.

Le transfert de graines peut se faire :

- par semis, après récolte par aspiration ou par fauche puis tri mécanique. Cette méthode facilite le stockage et permet de s'assurer de la composition en espèce du mélange semé ;
- par transfert de l'ensemble de la biomasse fauchée voire broyée et récoltée à une période favorable (Figure 3), celle-ci constitue un paillage protecteur pour les graines. La densité du transfert (rapport entre surface fauchée et surface d'accueil) doit être adaptée à la densité des graines présentes dans la biomasse ou le foin.

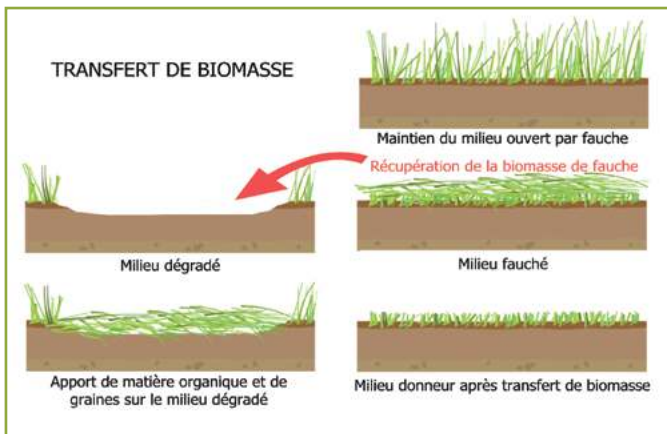


Figure 3. Schématisation du transfert de biomasse. (Dessin de C. Houel, source : Bioret et Gallet, 2015)

4.4.4.2. Transfert de sol et d'habitat

Le transfert de sol permet à la fois de restaurer le milieu physique et de transférer les espèces végétales présentes dans les couches superficielles du sol (sous forme de graines, rhizomes, bulbes, racines, etc.) ainsi que les microorganismes et la faune du sol favorables à leur développement. Des précautions doivent donc être prises concernant le stockage et le transport, dont la durée doit être limitée. Le sol ne doit pas être considéré comme un élément inerte.

Avant de commencer

- S'assurer (en faisant appel à un écologue) que le milieu donneur est capable de supporter le prélèvement (s'il n'est pas sujet à destruction) et qu'il est situé dans la même région écologique que le site receveur.
- S'assurer que la technique est pertinente au regard du type de sol (à éviter pour des sols de faible épaisseur, secs et caillouteux).
- S'assurer que le site d'accueil possède les mêmes caractéristiques pédoclimatiques.

Le transfert de sol peut se faire par transfert de terre végétale par exemple. Dans ce cas, suivre les dispositions du paragraphe 4.4.2.

Il est possible de réaliser une opération similaire au déplacement de terre végétale par transfert de litière (Figure 4). Dans ce cas, seule la couche de litière du milieu donneur est déplacée vers le milieu récepteur. Ceci permet un apport de matière organique et de graines dans le milieu récepteur.

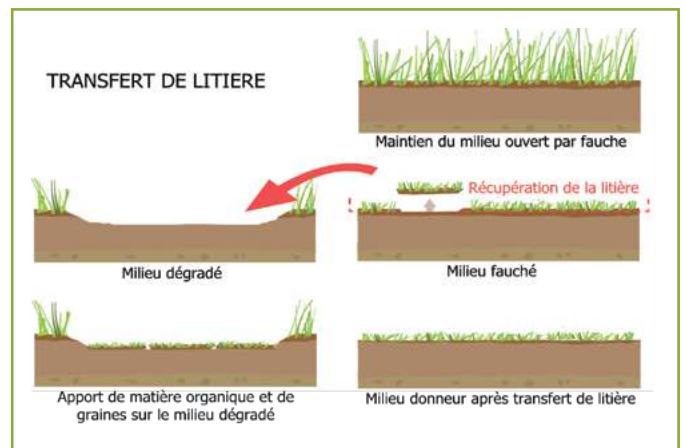


Figure 4. Schématisation du transfert de litière. (Dessin de C. Houel, source : Bioret et Gallet, 2015)

Le transfert peut également se faire sous forme de plaques ou de mottes (Figure 5), supportant la végétation en place, par déplaçage et replaçage. Il peut s'agir de transporter un habitat ou des espèces cibles faisant l'objet de mesures particulières. On conseille de privilégier cette technique lorsque les sites donneurs ont vocation à être détruits par le chantier ou que les enjeux et le potentiel de la réussite de la restauration écologique sont très élevés.

Lors du déplaçage il convient de s'assurer de la coupe nette et franche des surfaces. Les plaques doivent être suffisamment épaisses pour permettre la survie et la reprise des végétaux transférés. Une fauche préalable de la végétation est généralement nécessaire. Si le milieu donneur n'est pas sujet à destruction dans le cadre d'aménagement par exemple, il conviendra de vérifier au préalable l'absence raisonnable de risque d'envahissement par des plantes exotiques envahissantes. Les surfaces prélevées doivent être dispersées afin de permettre la cicatrisation du milieu. Un suivi de la cicatrisation devra être effectué pour s'assurer de son bon déroulement.

Toutes les précautions visant à maintenir l'intégrité de la plaque devront être prises tout au long du processus et notamment pendant le transport.

Pour le replaçage, il est nécessaire de s'assurer au préalable de la régularité du terrain d'accueil des plaques pour un positionnement optimal. Le terrain doit être nettoyé de la végétation résiduelle si besoin.

Le jointement entre les plaques est variable et dépend du type de sol. Les interstices peuvent être remplis avec de la terre végétale issue du site de déplaçage (éventuellement des plaques cassées pendant les opérations bien que les quantités de terre ainsi disponibles ne peuvent être prévues en amont des opérations).

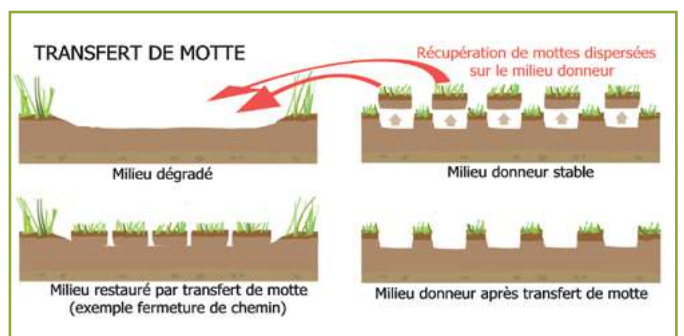


Figure 5. Schématisation du transfert de sol par transfert de mottes. (Dessin de C. Houel, source : Bioret et Gallet, 2015)

4.5. Techniques de restauration et d'entretien courant en milieux aquatiques courants et stagnants

4.5.1. Spécificités des cours d'eau et milieux aquatiques

Le régime de propriété foncière est particulier pour les cours d'eau :

- En régime non domanial, le lit mineur d'un cours d'eau appartient pour moitié à chacun des propriétaires riverains de ce cours d'eau, sauf stipulation contraire dans l'acte de propriété. À ce titre, tous travaux ou aménagements le concernant doivent avoir entre autres reçu l'assentiment de l'ensemble des propriétaires.
- En régime domanial, l'emprise de chantier doit être adaptée aux servitudes en vigueur (servitude de halage, de marchepied, d'entretien, etc.).

Un chantier sur cours d'eau se caractérise par l'importante capacité de transfert et de propagation dans le milieu, que ce soit par écoulement amont-aval ou par diffusion dans le milieu superficiel ou souterrain. Cela implique des dispositions particulières à prendre en matière de préservation des milieux ou pour la réalisation des travaux eux-mêmes.

Dans tous les cas, les travaux en rivière doivent faire l'objet d'une déclaration ou d'une demande d'autorisation auprès des services de l'Etat.

Un aménagement mal réalisé peut avoir des conséquences néfastes diverses sur le milieu dont voici quelques exemples :

- risque de diffusion de pollutions : diffusion vers l'aval du cours d'eau d'éléments contaminants atteignant son lit mineur ou majeur ; diffusion vers les eaux et milieux souterrains (particulièrement en milieux karstiques) ;
- risques hydrologiques : submersion du chantier en cas de crue (perte de matériel, entraînement des polluants, etc.) ; inefficacité d'aménagements mal positionnés par rapport aux lignes d'eau d'étiage ;

- risques hydrogéologiques : réactivation de zones d'infiltrations privilégiées et modification du régime hydrologique (en particulier zones karstiques) ; remise en cause du profil hydro morphologique du lit mineur et reprise érosive ;
- risques géotechniques : modification du niveau piézométrique de la nappe d'accompagnement et des caractéristiques géotechniques du sol du fait de l'abaissement de la ligne d'eau dans un lit mineur ;
- risques écologiques : dégradation d'habitats, destruction d'individus.

Au-delà de ces exemples, il importe d'avoir à l'esprit l'organisation amont-aval de tout milieu aquatique. Ainsi en l'absence de CCTP ou de cahier des charges précis, la conduite du chantier se fera en fonction de cette organisation, par exemple :

- travaux de faucardage ou d'entretien des berges : progression d'amont vers l'aval afin de récupérer les flottants et départs de produits de coupe au fur et à mesure de l'avancement du chantier ;
- travaux de protection et/ou de restauration de berges : progression de l'aval vers l'amont ou de l'amont vers l'aval en fonction du site ainsi que de la technique de reconstitution ou réhabilitation retenue.

4.5.2. Travaux en cours d'eau

Les travaux en cours d'eau sont nombreux. Ils doivent en premier lieu permettre la résilience du milieu et peuvent répondre à différents objectifs :

- restaurer les caractéristiques physico-chimiques, biologiques des cours d'eau ;
- préserver et/ou rétablir les continuités écologiques ;
- limiter le risque d'inondation.

Le **Tableau V** synthétise les interventions les plus fréquentes et les points de vigilance en fonction des travaux engagés. Certains de ces travaux peuvent relever de la règle professionnelle N.C.1 - Travaux de génie végétal.

Tableau V : Principaux travaux en cours d'eau

Travaux	Matériel	Interventions	Point de vigilance
Entretien/ restauration de la ripisylve	Tronçonneuse, tracteur, treuil forestier, pelleuse avec grappin forestier, tête d'abattage, matériel de plantation, etc.	Coupe des arbres penchés, sous cavés. Coupe d'arbres inappropriés en bord de rivière. Plantation d'une ripisylve adaptée. NB : Voir paragraphe 4.4.1.1 Gestion des ligneux de gros diamètre et/ou paragraphe 4.4.1.2 gestion de la végétation herbacée et des ligneux de petit diamètre.	Maintenir des arbres morts ne présentant pas de risques. Maintenir le potentiel de régénération de la ripisylve. Conserver des ronciers qui protègent les berges et la régénération spontanée sur les cours d'eau ne pouvant être obstrués par celle-ci. S'assurer de l'origine des plantations.
Gestion des embâcles	Tronçonneuse, tracteur avec treuil forestier, pelleuse avec grappin forestier, etc.	Enlèvement total ou partiel si nécessaire. Coupe des brins pouvant créer des amas de branchages. Aménagement en abri piscicole.	N'éliminer que les embâcles dangereux, ceux-ci pouvant constituer des habitats intéressants ou constituer des facteurs d'hydrodynamisme.
Rétablissement de la continuité piscicole	Pelleuse, camion 6X4, etc.	Remplacement de buses mal calées par des ouvrages sans assises dans le fond des cours d'eau (ponts cadres, des buses mieux dimensionnées, des passerelles etc.). Réalisation de rampes d'enrochement. Réalisation de passes à poissons dont passes dites « naturelles », « rustique » et « rivière artificielle ». Démolition ou aménagement des barrages et des seuils.	Mettre en place des filtres adaptés (filtre à paille, big-bag de sable, etc.) préalablement à tous travaux dans le lit mineur de la rivière. S'assurer de la résistance des ouvrages en cas de crue.

Tableau V : Principaux travaux en cours d'eau			
Travaux	Matériel	Interventions	Point de vigilance
Diversification des écoulements	Pelleteuse, pince à blocs, télescopique etc.	Création de déflecteurs végétaux ou minéraux. Création de micro-seuils. Confortement ou création d'atterrissement. Pose de blocs épars. Suppression d'enrochement.	S'assurer du bon ancrage en berge. Protéger les berges à préserver de l'érosion créée par les effets de courant avec des techniques du génie végétal.
Contention du bétail et abreuvement	Pelleteuse, enfonce-pieu, tracteur, quad etc.	Pose de clôtures agricoles électriques. Création de descentes aménagées, de passage à gué. Pose de systèmes d'abreuvement du bétail (gravitaire, pompe à museaux, etc.). Captage de sources.	S'assurer du bon calage des descentes aménagées pour permettre l'accès à l'eau en étiage et limiter son colmatage lors de crues. Prévoir une stabilisation du terrain autour des points d'abreuvement.
Restauration des berges et lutte contre l'érosion	Pelleteuse, pince à blocs, enfonce-pieu etc.	Génie végétal. Techniques mixtes (exemple : enrochement ou terrassement associé à des plantations).	Voir Règle professionnelle NC3 « Travaux de génie végétal » Attention, dans un objectif de restauration hydro géomorphologique, la suppression des enrochements peut également être réalisé pour le retour d'une dynamique naturelle d'érosion.
Création d'habitats piscicoles	Pelleteuse	Pose de blocs. Création ou confortement de caches en berge. Mise en place de souches ou de bois calés sous l'eau.	S'assurer du bon ancrage des aménagements Bien choisir les emplacements en fonction du courant naturel pour ne pas créer d'autres perturbations.
Remise à ciel ouvert	Pelleteuse	Supprimer la buse ou la dalle de béton. Déconnecter les réseaux d'eau pluviale et/ou d'eau usée. Modifier la géométrie du lit mineur ou moyen. Le cas échéant, planter une ripisylve et végétaliser les berges.	S'assurer d'avoir un débit d'étiage suffisant.
Reméandrage partiel ou total	Pelleteuse	Remettre en eau des anciens méandres lorsqu'ils sont encore identifiables. Créer et terrassement de nouveaux méandres. Favoriser l'érosion des berges (déflecteurs, intervention sur la ripisylve). Reconstituer le matelas alluvial. Créer des mares en compensation de la réactivation des anciens méandres qui pouvaient remplir ce rôle écologique jusque-là. Déterminer un espace de mobilité accepté et définir des règles de gestion des parcelles riveraines. Végétaliser les surfaces terrassées afin de limiter l'apparition d'espèces indésirables	Le choix de la technique sera déterminé en fonction de la typologie du cours d'eau, notamment la puissance et le substrat géologique. Étudier le devenir de l'ancien chenal : comblement total, partiel ou maintien en tant qu'annexes hydrauliques temporaires ou permanentes, ou déversoir de crue. La réponse à la restauration sera plus ou moins rapide en fonction du type de cours d'eau : de quelques mois pour une rivière à forte énergie à quelques décennies.
Remise dans le talweg	Pelleteuse	Façonner et recharger ponctuellement en matériaux solides le lit. Créer une connexion vers le fond de la vallée. Réaliser une excavation pouvant servir de lit guide au nouveau cours d'eau. Assurer le reméandrage. Reconstituer le matelas alluvial. Déterminer un espace de mobilité accepté et définir des règles de gestion des parcelles riveraines.	Étudier le devenir de l'ancien chenal : il devra préférentiellement être rebouché afin de limiter son effet drainant. Le choix de la technique à mettre en œuvre en mesure complémentaire sera déterminé en fonction de la typologie du cours d'eau, notamment la puissance et le substrat géologique.

4.6. Ouvrages de franchissement

Il s'agit d'un sujet de forte technicité pour lequel une littérature abondante est disponible. Ne seront abordés ici que les grands principes d'intervention pour des ouvrages terrestres et des exemples de solutions sur lesquelles les entreprises de paysage sont le plus susceptibles d'intervenir.

Les ouvrages de franchissements, aussi appelés « écoducs » ou « passages à faune », visent à assurer ou maintenir des liaisons écologiques. Plus largement, l'aménagement des infrastructures linéaires de transport terrestre peut avoir comme objectif complémentaire de réduire la mortalité induite par l'infrastructure via l'installation de clôtures, obstacles, etc.

Leur efficacité dépend de leur position dans le paysage, leur taille et leur aménagement (tablier et abords) par rapport aux caractéristiques des espèces présentes et des espèces cibles. Le choix des végétaux et leurs implantations ainsi que l'installation éventuelle d'autres éléments paysagers tels que des andains ou enrochements aura une influence sur leur attractivité et donc leur efficacité.

Chaque ouvrage nécessite un entretien régulier pour assurer durablement son efficacité. Les modalités de gestion des ouvrages s'inscrivent dans le prolongement de la gestion écologique des dépendances vertes de l'infrastructure.

4.6.1. Végétalisation d'un passage à faune supérieur

Ces ouvrages peuvent avoir une vocation exclusive ou mixte, et être utilisés en tant que passages agricoles ou forestiers. L'aménagement du passage devra alors se faire de manière à concilier les différents usages et les objectifs écologiques.

Le projet de végétalisation doit être global et ne pas se limiter au tablier de l'ouvrage. Ainsi, il ne faut pas négliger l'aménagement des abords direct du passage et des zones de liaison jusqu'aux tâches d'habitat ou corridor à connecter.

L'aménagement végétal doit ainsi être conçu de manière à favoriser le plus grand nombre d'espèces animales. L'écologue sera force de proposition afin de sélectionner prioritairement des espèces végétales appétentes pour les espèces visées et leur répartition (équilibre entre structures linéaires et tâches de végétation). L'utilisation de plantes sauvages récoltées dans la même région écologique, qui bénéficient d'adaptations locales, va permettre de retrouver les caractéristiques de la végétation utiles à la faune (période de floraison, abri, nourriture etc.). Les habitats avoisinants le passage seront source d'inspiration. L'hétérogénéité des strates et des espèces végétales est généralement à favoriser. La présence de haies d'un côté et de l'autre du pont permet de constituer à la fois des lignes directrices pour guider la faune et des écrans qui réduisent les nuisances sonores et lumineuses provenant de la route (Figure 6). Une attention particulière devra être portée sur les enjeux de sécurité et d'entretien du passage s'il y a lieu de mettre en place une strate arborée.

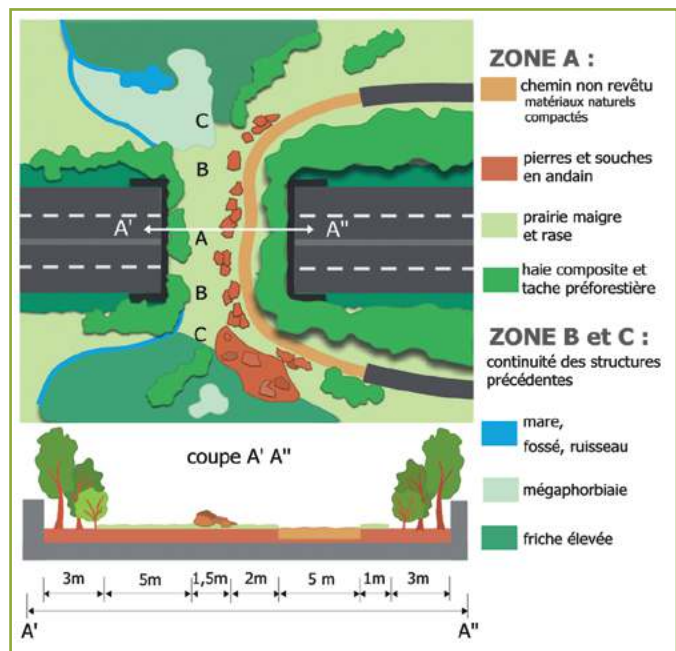


Figure 6. Exemple d'aménagement global d'un ouvrage favorable aux micromammifères, aux reptiles, aux amphibiens, à la mésofaune et à la grande faune (Dessin de C.Houel, source : SETRA, J.Carsignol, 2005)

4.6.2. Dispositifs de franchissement d'infrastructure pour les chauves-souris

Deux grandes catégories de passages existent et dépendent des caractéristiques du projet : les passages supérieurs et les passages inférieurs. Toutes les espèces peuvent emprunter l'une ou l'autre de ces catégories, l'efficacité des passages restant fortement dépendante des espèces, de la taille du passage, de la qualité de l'aménagement des abords et de la configuration de chaque site.

Les dispositifs destinés au franchissement des infrastructures par les chauves-souris sont donc multiples :

- barrières d'envol, physiques (murs) ou végétales (rideaux d'arbres) ;
- voûtes arborées et tremplins verts (hop-overs parfois complétés d'une végétalisation du terre-plein central) ;
- ponts, passerelles et passages supérieurs (éventuellement mixtes) plantés d'arbustes ou de lianes et/ou équipés d'une palissade brise-vent ;
- structures plus rudimentaires (filets tendus, structures métalliques...) ;
- passages inférieurs (tunnels ou buses de diamètre suffisant, de l'ordre de 4 à 5 m de haut, ponts) ;
- etc.

L'aménagement paysager des abords de l'infrastructure, destiné à amener les individus en vol vers les dispositifs de franchissement, qu'ils soient supérieurs ou inférieurs, est très important.

4.6.3. Passage inférieur à amphibiens

Les dispositifs peuvent varier en fonction de la configuration du terrain et des caractéristiques de l'infrastructure de transport. Les ouvrages les plus courants sont des passages inférieurs formés d'un tunnel à double-sens ou d'une paire de tunnels à sens unique. Le diamètre de ces ouvrages peut varier mais il reste souvent faible.

De tels aménagements doivent toujours être complétés par des dispositifs conduisant les animaux vers l'entrée du tunnel : plantations, grillage, etc.

Avant de commencer

Vérifier que l'on dispose de toutes les données quant aux espèces-cibles de l'aménagement et aux caractéristiques attendues de l'ouvrage :

- positionnement, type d'ouvrage et caractéristiques des entrées et sorties ;
- niveau de l'ouvrage par rapport au terrain naturel ;
- contraintes hydrauliques et de résistance en fonction du trafic ;
- aménagements des abords de la route pour guider les animaux vers le passage ;
- nécessité de reconstituer ou non la structure routière en surplomb.

La préparation du chantier est d'abord contrainte par les impératifs sécuritaires d'une intervention sur le réseau routier : signalisation du chantier, signalisation des itinéraires alternatifs et recommandations quant à la conduite routière en marge de la zone de chantier (vitesse limitée, dépassements interdit etc).

Le tableau VI ci-après présente quelques points de vigilance concernant l'installation des différents ouvrages :

Tableau VI : Détails des dispositifs des différents types de tunnels à amphibiens		
	Paire de tunnel à sens unique	Tunnel à double sens
Collecteurs	Cornières en L. Caniveaux en U (ne pas oublier échappatoires à intervalles réguliers pour animaux ne souhaitant pas traverser).	Collecteur en L.
Passage proprement dit	Éviter que l'eau ne stagne (pente ou infiltration).	Éviter que l'eau ne stagne (pente ou infiltration). Possibilité de poser un cadre ouvert pour maintenir contact avec le sol
Bouches d'entrée et de sortie	Entrée par une fosse, couverte pour assurer obscurité. Sortie non accessible depuis le sol (environ 10cm de la surface du talus).	Pas forcément de fosse si objectif d'utilisation par d'autres espèces. Entrée et sortie en retrait de la pente du talus avant de garantir leur accès même après plusieurs années (risque d'érosion).
Talus	À modeler en pente douce pour rejoindre le terrain naturel.	

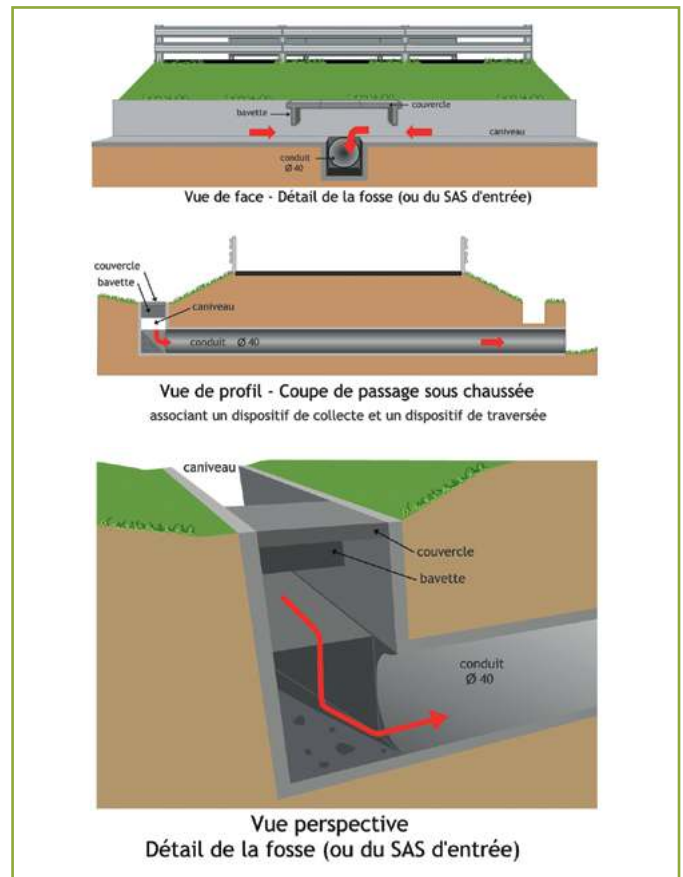


Figure 7. Schéma de principe d'un passage à amphibien à sens unique sous une route à niveau ou en remblais (Dessin de C.Houel, source : SETRA, 2005)

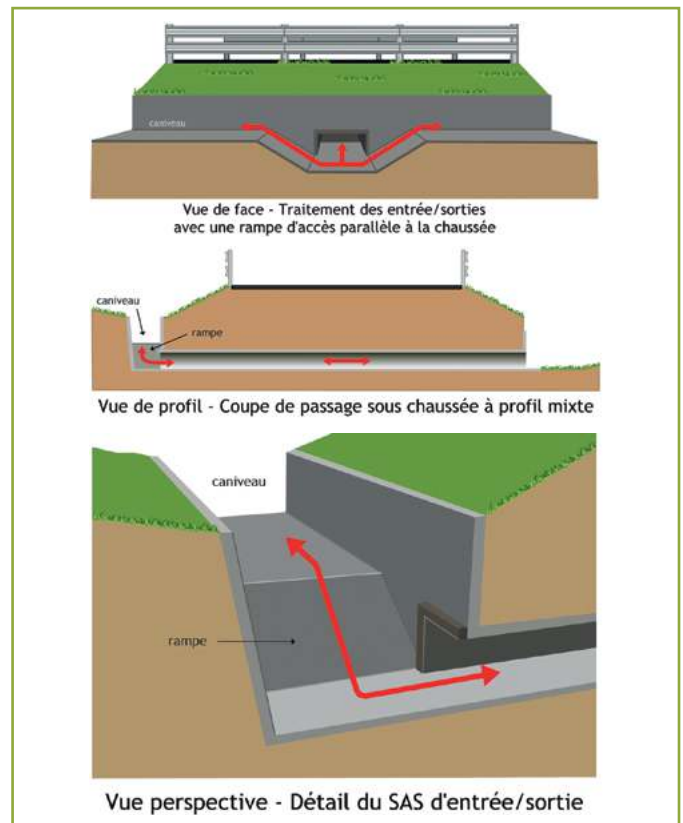


Figure 8. Schéma de principe d'aménagement d'un passage à amphibien à double sens sous une route (Dessin de C.Houel, source : SETRA, 2005)

L'ouvrage pourra être accompagné d'une dalle de répartition ou couche de structure pour éviter les fissurations de chaussée et assurer la pérennité de l'ouvrage.

À l'issue de la reconstitution de la structure routière, on s'assurera de la bonne continuité des entrées et sorties de l'ouvrage avec le talus routier et les aménagements complémentaires (barrières et aménagements paysagers).

Point de contrôle contradictoire

Une fois l'ouvrage installé mais avant la reconstitution (si nécessaire) de la structure routière, des tests de résistance et d'inondabilité doivent être effectués. Des pré-tests de contrôle interne peuvent être réalisés au préalable.

Une fois le chantier terminé, réception de l'ouvrage par rapport au plan d'exécution initial.

4.7. Techniques de création de milieux

4.7.1. Création de mares

4.7.1.1. Études préalables et sondages pédologiques

Une mare fait partie d'un écosystème plus vaste comportant d'autres habitats, notamment humides : abris, zones d'alimentation, de déplacement, etc. Toute création ou intervention doit donc comporter des mesures à une échelle plus vaste. Ces milieux étant particulièrement sensibles aux invasions, une attention particulière sera portée à la présence de foyers à proximité.

La capacité de rétention en eau de surface est un des éléments conditionnant l'existence d'une mare. L'étude hydrologique doit comporter un volet sur l'alimentation de la mare, qui conditionnera son fonctionnement écologique.

Avant toute création, il convient de vérifier la présence et la profondeur d'une couche imperméable qui garantira le maintien de l'eau et en cas d'absence de prévoir lors des travaux la mise en place d'une couche imperméable en fond de forme. Ainsi, préalablement à la réalisation, un sondage pédologique donnant la profondeur des différents horizons du sol permettra de déterminer les détails concernant les couches imperméables.

Ces éléments, généralement fournis par un pédologue, viendront compléter l'étude préalable permettant de proposer l'implantation de la mare et ses profils.

Avant de commencer

Vérifier que les informations suivantes ont été fournies par l'écologue en fonction des espèces cibles animales et végétales, des sondages pédologiques et de l'étude hydrologique :

- autorisations nécessaires ;
- le descriptif des travaux préparatoires ;
- la localisation ;
- le profil, la forme générale et l'orientation ;
- l'éventuel besoin d'apport en matériaux imperméables pour le nappage en fond de forme ;
- le devenir des terres excavées ;
- la végétalisation éventuelle des bords et du fond ;
- l'inscription éventuelle au sein d'un réseau de mares, avec des contraintes de circulation des espèces entre les mares (continuités écologiques).

4.7.1.2. Les différentes étapes de la réalisation des travaux L'implantation de la mare

Un piquetage préalable est conseillé en présence du maître d'ouvrage et de l'écologue. Ce piquetage devra matérialiser sur le terrain les informations nécessaires en matière d'emplacement et de profondeur.

Les opérations de terrassement

NB : seules sont abordées ici les spécificités liées à la création de mare dans le cadre d'un chantier de génie écologique. Pour les descriptions et prescriptions techniques générales des travaux de terrassement (implantation, mise en sécurité, décapage de surface des terres végétales, etc.), se reporter à la règle professionnelle **C.C.A-R0** « Travaux de terrassement des aménagements paysagers ».

Le terrassement, qu'il soit mécanique ou éventuellement manuel (cas des toutes petites mares), doit respecter, en suivant le piquetage préalable, la forme générale, les dénivélés et les profondeurs. Par exemple, il est généralement recommandé de conserver des pentes douces sur certaines berges pour faciliter la circulation de la petite faune et l'expression de la diversité de la végétation. On privilégie généralement pour ces berges une orientation face au sud pour un meilleur ensoleillement.

En fin de phase de terrassement, une attention particulière sera portée aux finitions et sur l'aspect final de la forme, en fonction des préconisations intégrant les éventuels problèmes de sécurité.

Par exemple et lors de l'opération de finition de régalaie fin des matériaux, il peut être souhaité de ne pas procéder à un compactage en surface par lissage pour permettre un meilleur développement de la végétation spontanée.

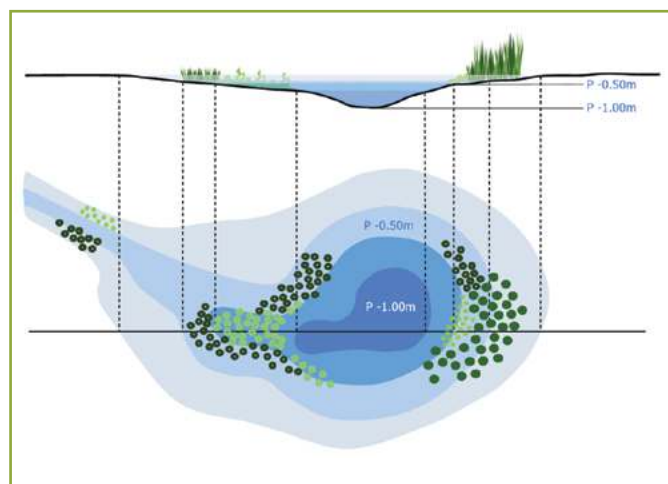


Figure 9. Aménagement d'une mare.
(Dessin de C. Houel)

Point de contrôle interne

Respect de l'implantation, des profils, de la forme et des finitions

Imperméabilisation du fond de forme

Sur un terrain drainant, il est possible de créer artificiellement une couche imperméable par apport de matériaux (exemple : argiles bentoniques). Le choix et les caractéristiques de mise en place (volume, surface, épaisseurs des couches, tassement et finitions) de ces matériaux devront être spécifiés avant l'intervention par le MOE.

Voici un exemple de mise en place d'argile sur sol de type sableux :

- tassement préalable du fond de forme ;
- mise en place de la couche d'argile benthonique selon les préconisations données par le maître d'œuvre ;
- tassement ;
- éventuellement recouvrement de la couche d'argile par de la terre végétale, tassement et création du profil final ;
- mise en eau diffuse de manière à éviter l'érosion localisée.

Point de contrôle interne :

- respect des règles de mise en œuvre des matériaux ;
- vérification de l'imperméabilisation.

Végétalisation

La végétalisation, qui n'est pas systématique, peut être réalisée selon les préconisations du maître d'œuvre avec du matériel végétal prélevé sur site ou en privilégiant une origine locale. Elle peut également concerner les abords de la mare (création d'abris, renforcement des continuités écologiques).

Pour des précisions sur la mise en œuvre, se reporter à la règle professionnelle **N.C.A-R0** « Travaux de génie végétal ».

Point de contrôle contradictoire

- étanchéité suffisante de la mare ;
- mise en œuvre de la végétalisation réussie ;
- fonctionnement hydrologique de la mare.

4.7.2. Création de talus et talus boisés

La création et la végétalisation des talus sont largement abordées dans les règles professionnelles **N.C.1-R0** « Travaux de génie végétal », **P.C.2-R1** « Travaux de plantation des arbres et des arbustes » et **P.C.3-R0** « Travaux de plantation des massifs ». Nous vous invitons à vous appuyer sur ces supports.

Afin de réaliser une création conforme aux attentes du maître d'ouvrage et aux objectifs écologiques visés, il convient de s'assurer de disposer des informations sur le profil de talus attendu ainsi que sur la nature des matériaux à utiliser (terre végétale, terre maigre, palette végétale, etc.). On veillera par ailleurs à favoriser la colonisation ultérieure par la végétation spontanée.

Les talus sont très souvent installés en bordure d'infrastructures linéaires de transport : voies ferrées, routes, canaux à berges artificielles. Dans ce cas, une réflexion doit être menée avec un écologue par rapport au risque de mortalité par collision de la faune qui trouverait refuge dans le talus et/ou qui l'utiliserait comme corridor écologique. Des barrières empêchant la faune de s'aventurer sur l'infrastructure peuvent être une solution à envisager. Si des passages à faune ont été prévus sur l'infrastructure, les barrières peuvent guider les espèces vers ces derniers afin de sécuriser leurs déplacements.

Avant de commencer

Vérifier que les informations suivantes ont été fournies :

- profil et forme générale du talus ;
- origine de la terre végétale ;
- piquetage *in situ* ;
- type de végétation pour les plantations et origine des graines/plants ;
- localisation éventuelle de caches pour la faune cible.

Le terrassement (mécanique ou manuel) doit respecter la forme générale et la norme de mise en œuvre des remblais.

La végétalisation du talus devra faire l'objet d'un suivi. Il convient notamment de s'assurer de la bonne reprise des plants après les travaux, en particulier dans le cas de plantation d'arbres. En effet, les fonctionnalités écologiques du talus peuvent être fortement réduites si la végétalisation de ce dernier n'est pas satisfaisante.

Point de contrôle interne

- respect du profil et de la forme générale du talus ;
- reprise des plants ou colonisation spontanée conforme aux objectifs fixés ;
- absence d'espèces exotiques envahissantes.

4.7.3. Création d'hibernaculum

Le premier objectif de la construction d'un hibernaculum artificiel est d'offrir un abri aux espèces durant l'hiver.

L'intervention d'un écologue est nécessaire pour établir l'emplacement et l'orientation des hibernacula. En effet, le choix de l'emplacement des hibernacula ne doit pas par exemple conduire à augmenter la mortalité des espèces cibles lors des déplacements de celles-ci entre l'hibernaculum et les lieux de reproduction ou de chasse.

Avant de commencer

Vérifier que les informations suivantes ont été fournies :

- espèce ciblée pour l'hibernaculum ;
- types et origine des matériaux nécessaires ;
- piquetage *in situ*.

Un terrassement (mécanique, manuel) préalable à la création de l'hibernaculum peut s'avérer nécessaire. Il doit dans ce cas respecter la forme générale attendue.

L'hibernaculum se compose d'un abri qui doit être en situation hors-gel et relié à l'extérieur par un passage que l'espèce cible pourra emprunter. Ces éléments peuvent être naturels ou artificiels (pierre creuse, canalisation, bocal, tuile).

Dans le cas des espèces terrestres (par exemple reptiles, lapins de garenne), l'abri doit ensuite être recouvert de terre pour favoriser l'inertie thermique. La présence de sable pourra apporter une multifonctionnalité à l'abri en constituant un lieu de ponte pour les reptiles. La disposition de pierres plates ou autres matériaux de forme similaire tels que des ardoises au-dessus et autour de l'abri permettra à l'espèce cible, notamment aux reptiles, de s'exposer à différentes températures. On veillera à laisser des interstices afin de permettre l'accès à l'abri profond.

La végétation ne doit pas empêcher l'ensoleillement de l'hibernaculum.

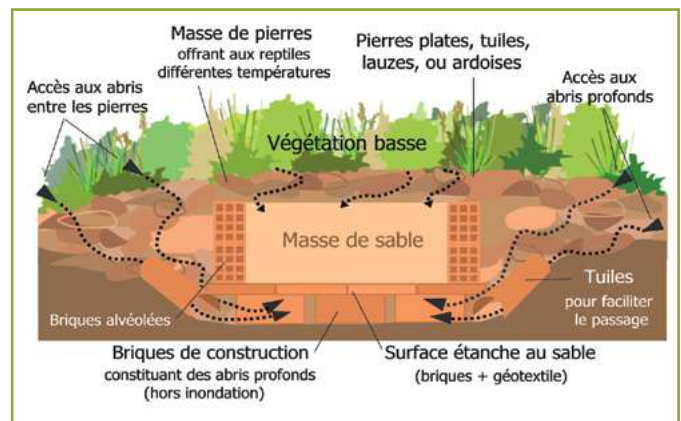


Figure 10. Exemple d'un abri multifonctionnel pour reptiles. (Dessin de C.Houel, source: D.Guérineau)

4.7.4. Création et installation de gîtes artificiels

De nombreux dispositifs ont été imaginés pour offrir à la faune un substitut aux gîtes naturels qu'elle exploite habituellement, reproduisant une structure naturelle à partir de matériaux non initialement présents.

Dans le cadre du génie écologique, prodiguer des gîtes artificiels aura principalement pour objectif la conservation ou le rétablissement d'une espèce, en permettant à une population de reconstituer ses effectifs dans un environnement qui lui est devenu défavorable.

Le succès de la fréquentation d'un gîte artificiel dépend de nombreux facteurs :

- les caractéristiques de l'espèce, dont sa propension à exploiter de telles structures et ses préférences écologiques (exemples : hauteur d'un nichoir par rapport au niveau du sol, taille des ouvertures d'accès) ;
- le positionnement du gîte au sein de son domaine vital (exemple : en bordure d'un axe de transit préalablement identifié) ;

- la proximité de ressources alimentaires ;
- la présence de prédateurs ;
- la disponibilité en gîtes alternatifs.

L'intervention d'un écologue est nécessaire pour établir le positionnement des gîtes proposés sur la zone d'intervention.

Dans une optique de vision intégrée des enjeux environnementaux, il est nécessaire d'être attentif à l'origine des matériaux utilisés. Une vigilance particulière devra être apportée à la toxicité de ces matériaux (traitements éventuels du bois, peintures, vernis, etc.).

Les tableaux VII, VIII et IX ci après proposent par groupe d'espèces une synthèse des principaux types de gîtes artificiels existants. Il est facile de se procurer de la documentation pour la construction de ces gîtes ou de trouver des dispositifs « prêt à installer ».

Tableau VII : dispositifs artificiels d'accueil des insectes

Espèce ou groupe d'espèces-cible	Dispositif
Abeilles solitaires	Fagots de tiges creuses végétales (roseau, canne, paille, bambou...) de différents diamètres en fonction des espèces. Blocs de bois percés de trous de différents diamètres. Emplacement : accrochés à des piquets de bois, au tronc d'un arbre. Gîtes-boîtes remplis de sol meuble ou terre glaise. Talus de sable et de limon pour les espèces terricoles.
Bourdons et abeilles sociales	Ruches-boîtes (bois, céramique, etc.), généralement enterrées ou semi-enterrées, avec trous à la surface, éventuellement prolongés d'un tube d'accès. Ruche-pot de fleur semi-enterrée. Ces éléments sont à garnir d'une litière de paille de lin, coton, mousse, tissu décheté, bourre de laine, etc. Emplacement : les dispositifs non enterrés peuvent être accrochés à des piquets de bois ou au tronc d'un arbre.
Autres insectes auxiliaires	Gîtes d'hibernation à chrysope. Gîtes à forficules, etc.

Les « hôtels à insectes » multispécifiques peuvent avoir un intérêt pédagogique mais ont un intérêt écologique limité, à valider au cas par cas compte tenu des risques de prédation interspécifique et de diffusion des maladies.

Tableau VIII : dispositifs artificiels d'accueil des oiseaux

Espèce ou groupe d'espèces-cible	Dispositif
Passereaux Petits rapaces diurnes et nocturnes	Nichoirs-boîtes fermés, de toutes formes, avec trous d'accès de nombre, de taille et de position variés. Nichoirs-boîtes ouverts et semi-ouverts. Matériaux : bois, terre cuite, matériaux recyclés, etc. Emplacement : accrochés sur un support (arbre, mur), généralement à l'extérieur, parfois en intérieur derrière une ouverture du bâti, ou encastrés dans un tas de bois ou de pierres, ou directement dans le bâti.
Passereaux	Support simple en bois
Oiseaux nicheurs des berges et des talus	Nichoirs-boîtes enterrés avec tunnel d'accès à Martin-pêcheur ou Traquet motteux. Nichoirs intégrés au bâti des ouvrages hydrauliques (Cincles, Bergeronnettes, etc.). Aménagements de talus artificiels pour le Martin-pêcheur, l'Hirondelle de rivage et la Tadorne de Belon (avec parois en bois ou en béton).
Hirondelle de fenêtre Hirondelle de cheminée Martinets	Plaques-supports de nid. Nids artificiels en résine, plâtre, terre cuite, etc. Emplacement : à disposer sous la corniche d'un toit. Tour à Hirondelles sur mât avec supports de nids et nids artificiels préinstallés.
Canards	Nichoir-caisse sur pilotis. Nichoir tressé. Emplacement : en bordure d'un point d'eau ou sur une île.
Sternes	Radeau flottant de grande dimension avec lit de graviers en surface, avec abris pour les poussins.
Oiseaux d'eau nichant sur la végétation aquatique (foulques, grèbes, poules d'eau, guifettes, etc.)	Radeaux flottants de faible dimension.

Tableau VIII : dispositifs artificiels d'accueil des oiseaux

Espèce ou groupe d'espèces-cible	Dispositif
Rapaces diurnes et nocturnes	Plateformes (cadre-bois à fond grillagé, corbeille en osier, etc.). Emplacement : posé sous abri ou accroché à la fourche d'un arbre (selon les espèces cibles).
Grands rapaces diurnes	Plateformes sur mât (Balbuzard pêcheur, Cigogne blanche, etc.), à structure en acier ou bois, sur socle maçonné ou sur toit d'habitation.
Grands échassiers	Plateforme déportée sur pylônes électriques ou autres structures métalliques (ponts).

Tableau IX : dispositifs artificiels d'accueil des mammifères

Espèce ou groupe d'espèces-cible	Dispositif
Loutre d'Europe	Catiche artificielle : structure en rondins de bois, etc.
Écureuil roux, Muscardin, Loir, Lérot	Nichoir-boîte dédié.
Hérisson d'Europe	Abri-caisse dédié avec galerie d'accès, à placer sous un tas de feuilles, de branchages, etc.
Chauves-souris (à adapter à l'espèce)	Nichoirs-boîtes avec ouverture inférieure, double paroi, etc. Gîtes muraux adossés ou intégrés au bâti ou dans les voutes de ponts. Aménagements complets du bâti (combles, dépendances) avec fentes d'accès pour « chiroptères ».

4.8. Mise en défens et contingentement du public

Les sites sur lesquels sont mis en œuvre des techniques de génie écologique peuvent faire l'objet d'une fréquentation plus ou moins importante, soit du fait de leur intérêt touristique et paysager propre soit du fait leur localisation (zones urbaines, zones d'activités).

Cette partie ne traite que du contingentement du public après aménagement des sites. La phase chantier est traitée en 4.1 Coordination et supervision du chantier.

4.8.1. Objectifs

La mise en défens ou la gestion de la fréquentation peuvent répondre à différentes problématiques :

- restauration des milieux : l'arrêt du piétinement constitue en soi une méthode de restauration en permettant la recolonisation spontanée de la végétation. Elle est en outre nécessaire en complément d'autres méthodes de restauration active ;
- préservation des milieux et des populations : certains écosystèmes et certaines populations animales et végétales sont très sensibles à la fréquentation et à ses impacts directs (piétinement) et indirect (dérangement) ;
- aménagement paysager : l'exclusion du public de certains secteurs peut contribuer à une amélioration globale de l'esthétique d'un site ;
- sécurisation du public.

4.8.2. Délimitation des zones à mettre en défens

Elle doit s'appuyer sur plusieurs diagnostics réalisés à l'échelle globale du site :

- diagnostic écologique, réalisé par un écologue : localisation des enjeux de biodiversité : espaces à restaurer, espaces sensibles, populations sensibles au dérangement ;
- diagnostic paysager : points d'attractivité, vues à préserver, à mettre en valeur ;
- fréquentation et diagnostic sécurité : niveau de fréquentation, comportement du public, axes majeurs de circulation, contraintes d'accès, localisation des parkings et accès, identification des risques (topographie, arbres sénescents, etc.).

Ces diagnostics doivent permettre l'élaboration d'un plan global de circulation.

4.8.3. Mise en œuvre

Différents types d'aménagements peuvent être utilisés pour les mises en défens et la délimitation des axes de circulation. De manière générale, au sein des espaces naturels, ces aménagements doivent être les plus légers possible.

Ils peuvent être :

- symboliques : délimitation des espaces de circulation par un marquage facilement franchissable de type monofil ou bifil, ou tas de bois, rondins, voire simplement par une différence de niveau de végétation ou de sol (notamment dans les espaces les moins fréquentés) ;
- contraignants : matérialisation par des aménagements infranchissables ou difficilement franchissables : fossés, ganivelles, grillages, barrières, installation ou maintien de plantes épineuses, etc. Ce type d'aménagement doit être limité à des espaces à fort enjeux ou posant des problèmes de sécurité.

D'autres méthodes de génie écologique peuvent être utilisées pour renforcer ponctuellement la canalisation du public afin notamment d'effacer certaines zones de circulation : semis, plantation, transfert d'écosystèmes.

Le choix des matériaux doit être adapté au contexte paysager et s'inscrire dans une démarche de développement durable, notamment en privilégiant une origine locale.

5. Table des abréviations

AFB = Agence française pour la biodiversité

BRF = Bois raméal fragmenté

CBN = Conservatoire botanique national

CCTP = Cahier des clauses techniques particulières

DICT = Déclaration d'intention de commencement de travaux

EBC = Espace boisé classé

FCBN = Fédération des conservatoires botaniques nationaux

MOA = Maître d'ouvrage

MOE = Maître d'œuvre

6. Bibliothèque de références

Milieux aquatiques

LARINIER M., COURRET D., GOMES P., *Guide technique pour la conception des passes « naturelles »*. Rapport GHAAPE RA.06.05-V1, 2006. 67 pages.

MC DONALD D., DE BILLY V. & GEORGES N. Bonnes pratiques environnementales. *Cas de la protection des milieux aquatiques en phase chantier : anticipation des risques, gestion des sédiments et autres sources potentielles de pollutions des eaux*. Collection Guides et protocoles. Agence française pour la biodiversité. 2018. 148 pages.

NF X10-900, 2012 : Génie écologique - Méthodologie de conduite de projet appliqué à la préservation et au développement des habitats naturels - Zones humides et cours d'eau.

DE BILLY V., GIGLEUX M., *Petits ouvrages hydrauliques et continuités écologiques. Cas de la faune piscicole*. Rapport d'étude CETE DE L'EST & ONEMA, 2013. 25 pages

Plantes exotiques envahissantes

Arrêté du 14 février 2018, relatif à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces végétales exotiques envahissantes sur le territoire métropolitain.

Code de conduite professionnel relative aux plantes exotiques envahissantes en France Métropolitaine. Val'Hor, juin 2015 [en ligne], disponible sur :

www.codeplantesenvahissantes.fr

KOCH E-M., SPIEGELBERGER T., BARREL A., *et al.* Les semences locales dans la restauration écologique en montagne. 2015

Aménagements pour la faune

CEREMA, Chiroptères et infrastructures de transport, Note n°07, Octobre 2018.

GUERINEAU D., *Aménager des abris à reptiles*, Espaces naturels n°43, juillet 2013.

GUERINEAU D. et BREPSON L., *Construire des abris pour les lézards et les serpents*, mars 2017.

LACK, Andrew. Lynn V. Dicks, David A. Showler and William J. Sutherland: Bee conservation-evidence for the effects of interventions. *Journal of Insect Conservation*, 2011, vol. 15, no 3, p. 479-480.

PENICAUD P. *Les chauves-souris et les arbres*, connaissance et protection. 2000.

PERCSY, C. (2005), 'Les batraciens sur nos routes', Technical report, Region Wallonne.

SETRA, MINENV/MEDD. *Guide technique Aménagements et mesures pour la petite faune*. SETRA, août 2005.

Références générales

Agence Française pour la Biodiversité, Centre de ressources Génie écologique. www.genieecologique.fr

BIORET F., ESTEVE R. et STURBOIS A. *Dictionnaire de la protection de la nature*. Presses universitaires de Rennes, 2009.

Règles professionnelles de l'Unep :

www.lesentreprisesdupaysage.fr/tout-savoir/regles-professionnelles

7. Définition des points de contrôle internes et des points de contrôle contradictoires

	Description	Qui effectue le point de contrôle ?	Matérialisation du point de contrôle
Point de contrôle interne	<p>Il correspond à la vérification de la bonne exécution des travaux au fur et à mesure de l'avancement du chantier, et plus spécifiquement quand une tâche est achevée.</p> <p>Il permet de prendre du recul sur le chantier avant de passer à l'étape suivante.</p>	<p>Le chef d'équipe, le chef de chantier ou le conducteur de travaux.</p> <p>Le maître d'œuvre peut être impliqué s'il en a manifesté le souhait.</p>	<p>Consignation facultative sur un document interne et spécifique au chantier ou sur une fiche de journée.</p> <p>→ Ce type de point de contrôle ne débouche pas systématiquement sur une preuve mobilisable en cas d'expertise judiciaire / de litige.</p>
Point de contrôle contradictoire	<p>Il correspond :</p> <ul style="list-style-type: none"> - à la formalisation d'un accord entre l'entreprise et le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage - à un changement de tâche, notamment lorsqu'une tâche a des conséquences sur la suivante ou lorsqu'elle a des conséquences irréversibles - à la réception des travaux. <p><i>Chaque règle professionnelle ne doit pas comporter plus de 5 points de contrôle contradictoires.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Le chef de chantier, le conducteur de travaux ou le dirigeant de l'entreprise du paysage, en présence du maître d'œuvre ou du maître d'ouvrage. - Une entreprise tierce (exemple : mesure de la portance). 	<ul style="list-style-type: none"> - Consignation au niveau du compte-rendu de chantier, cosigné par l'entreprise et le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage. - Un document réalisé par une entreprise tierce. <p>→ Ce type de point de contrôle doit déboucher sur une preuve mobilisable en cas d'expertise judiciaire / de litige.</p>

Les points de contrôle contradictoires constituent des **points d'arrêt**. Ces arrêts obligatoires sont contractuels. Ils interdisent de continuer la phase suivante de la tâche jusqu'à ce que les points d'arrêt soient levés. La levée des points d'arrêt a lieu dès que les contrôles contradictoires ont donné satisfaction. La phase suivante du travail peut alors reprendre de façon formelle avec toutes les garanties de bonne exécution de la ou des tâches précédentes.

Il existe par ailleurs deux types de points de contrôle contradictoires particuliers :

- les points de contrôle relatifs aux approvisionnements
- les points de contrôle relatifs à la réception du support.

Chaque approvisionnement et chaque réception de support doit automatiquement déboucher sur un point de contrôle contradictoire entre l'entreprise de paysage et le fournisseur dans le premier cas et entre l'entreprise de paysage et l'entreprise ayant réalisé le support dans le second cas.

Le cas particulier de la clientèle particulière sans maîtrise d'œuvre :

Parce que la clientèle particulière n'est pas « sachante » en termes d'aménagements paysagers, les points de contrôle pour ce type de clientèle sont principalement des points de contrôle internes.

Il est fortement recommandé de formaliser les étapes de validation des plantes et des matériaux à mettre en œuvre et de réception des travaux avec la clientèle particulière. De même, il est fortement recommandé que chaque modification de la commande initiale du client débouche sur la rédaction d'un nouveau devis, la signature par le client particulier du nouveau devis prouvant son accord.

Notes

Notes

Edité par les Editions de Bionnay

SAS d'édition de presse au capital de 140 800 euros - RCS Lyon 401 325 436

Les Editions de Bionnay - 493 route du Château de Bionnay - 69640 Lacenas
 Président : Erick Roizard, Directeur général : Martine Meunier
 Tél. 04 74 02 25 25 - Fax. 04 37 55 08 11 - E-mail : leseditionsdebionnay@orange.fr



Dépôt légal à parution - ISBN : 978-2-917465-23-3 - Imprimerie Chirat (42540).

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publication, faite sans autorisation de l'éditeur, est illicite et constitue une contrefaçon.

Seules sont autorisées les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 11 Mai 1957 - articles 40 et 41 et Code pénal en son article 425).

L'UNEP étant titulaire des droits d'auteur, en aucun cas, les Editions de Bionnay ne pourraient être tenues pour responsables de toute omission d'une donnée ou d'une information, ou de toute erreur ou lacune dans les règles professionnelles.

