



Schéma régional des carrières



Partie 5



Conseils pour le schéma régional des carrières (SRC) de Normandie

Historique des versions

Version	Date	Commentaire
1	Juillet 2023	Projet établi par la DREAL suite groupe technique 03/07/2023
2	Mai 2024	Validation suite COPIL 11 mars 2024
3	Septembre 2024	Version soumise à la consultation des EPCI
4	Janvier 2025	Version soumise aux consultations obligatoires et à l'avis de l'Autorité environnementale
5	Août 2025	Version soumise à la consultation du public
6	Janvier 2026	Version approuvée par arrêté préfectoral du 9 janvier 2026

Rédacteurs

Laurent LEMONNIER - DREAL Normandie - Service eau littoral biodiversité
Melissa MACÉ - DREAL Normandie - Service eau littoral biodiversité

Selecteurs

Catherine FAUBERT - DREAL Normandie - Service eau littoral biodiversité
Carole LENGRAND - DREAL Normandie - Service eau littoral biodiversité

Sommaire

1. Recommandations en phase d'étude d'un projet	8
1-1 La définition de l'aire d'étude	9
1-2 La caractérisation du fonctionnement écologique des aires d'étude	10
1-2-1 Une recherche bibliographique	10
1-2-2 Des études de terrain.....	10
1-2-3 Une étude des fonctionnalités	12
1-2-4 Une présentation des résultats de l'étude écologique	12
1-3 La caractérisation des enjeux	13
1-4 La caractérisation des effets	14
1-5 La caractérisation des impacts.....	15
1-6 La phase d'évitement.....	16
1-7 La réduction	17
1-8 L'analyse des impacts résiduels	18
1-9 Le dimensionnement de la compensation écologique	20
1-10 Les mesures d'accompagnement	23
1-11 Le suivi des mesures	24
1-12 La présentation des mesures ERC	25
1-12-1 Les mesures d'évitement et de réduction	25
1-12-2 Les mesures de compensation	25
1-12-3 Calendrier de mise en œuvre	25
2. En cours d'exploitation et en phase de réaménagement	26
2-1 Terre végétale	27
2-2 Plans d'eau	28
2-2-1 Plan d'eau de fosse.....	28
2-2-2 Autres plans d'eau	28
2-2-3 Berges.....	29
2-3 Fronts de taille	30
2-3-1 Falaises rocheuses	30
2-3-2 Falaises sableuses.....	31
2-4 Éboulis et dépôts de bloc rocheux	32
2-5 Dépôts et zones de matériaux fins	33
2-6 Bassins	34
2-6-1 Bassins d'exhaure	34
2-6-2 Bassins de décantation	34
2-7 Végétalisation.....	35
2-8 Cavités et galeries souterraines	37

Recommandations pour la prise en compte de la biodiversité

Les éléments présentés dans cette partie constituent un guide de « bonnes pratiques environnementales » dont la prise en compte est réputée conforme à l'application du SRC.

Les sources documentaires utilisées pour cette partie sont issues des ressources bibliographiques suivantes :

- DREAL Bretagne - schéma régional des carrières
<https://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/le-schema-regional-des-carrieres-de-bretagne-a3849.html>
- DREAL Centre-Val de Loire - schéma régional des carrières
<https://www.centre-val-deloire.developpement-durable.gouv.fr/le-schema-regional-des-carrieres-src-r971.html>
- DREAL Normandie : guide de prise en compte de la biodiversité dans les projets terrestres normands
<https://www.normandie.developpement-durable.gouv.fr/la-sequence-eviter-reduire-compenser-a3085.html>
- DREAL Pays de la Loire - schéma régional des carrières
<https://www.pays-de-la-loire.developpementdurable.gouv.fr/schema-regional-des-carrieres-r2003.html>

1. Recommandations en phase d'étude d'un projet

La loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages, du 8 août 2016, introduit dans l'article L.110-1 du code de l'environnement que tout projet « doit viser un objectif d'absence de perte nette de biodiversité, voire tendre vers un gain de biodiversité ».

Pour répondre à la réglementation, l'étude environnementale doit être adaptée et proportionnée au projet. Les recommandations suivantes se concentrent sur les points les plus importants pour un projet de carrières vertueux et respectueux de la biodiversité.

Sur la composante biodiversité, tout dossier doit comporter les éléments suivants :

- la définition de l'aire d'étude ;
- la caractérisation du fonctionnement écologique des aires d'étude ;
- la caractérisation des enjeux ;
- la caractérisation des effets ;
- la caractérisation des impacts ;
- la phase d'évitement ;
- la phase de réduction ;
- l'analyse des impacts résiduels ;
- le dimensionnement de la compensation écologique ;
- le projet de la compensation écologique ;
- le suivi des mesures ;
- la présentation des mesures ERC.

1-1 La définition de l'aire d'étude

La définition de l'aire d'étude est une étape indispensable pour évaluer les enjeux et les impacts d'un projet sur les milieux naturels en prenant en compte les différents scénarios d'implantation. Elle dépend de la nature du projet et des interactions avec les milieux et les espèces.

Les échelles suivantes nécessitent être considérées :

- L'aire d'étude éloignée, celle-ci correspond à la zone qui englobe tous les impacts potentiels. Cette aire doit être définie sur la base des éléments physiques du territoire facilement identifiables ou remarquables (ligne de crête, falaise, vallée, etc.) et sur la base des unités écologiques¹ potentiellement perturbées par le projet.
- L'aire d'étude rapprochée, celle-ci correspond à la zone d'implantation possible des différentes variantes du projet.
- L'aire d'étude immédiate, celle-ci correspond à la zone d'influence directe des travaux, c'est-à-dire l'ensemble de la surface perturbée lors de la réalisation des travaux : parcelles aménagées, pistes créées pour les engins, zones soumises à poussière ou à bruit, défrichement, démolition/construction même temporaire...

La définition de ces zones d'études fait l'objet d'une démarche itérative qui évolue tout le long de la caractérisation de l'état initial. Les zones étudiées doivent être de taille et en nombre suffisants pour répondre à deux impératifs :

- permettre la prise en compte des écosystèmes susceptibles d'être affectés ;
- permettre l'étude de plusieurs sites d'implantation possibles afin de réaliser un choix motivé, en croisant les critères techniques, environnementaux et économiques.

Aire d'étude écologique	Ordre de grandeur	Niveau d'investigation
Aire d'étude éloignée	Très variable en fonction de l'importance du projet	Analyse de la fonctionnalité écologique de la zone d'implantation au sein de la dynamique d'un territoire
Aire d'étude rapprochée (zone d'implantation des variantes)	Ordre de grandeur moyen du kilomètre + unités fonctionnelles des espèces et habitats	Pour un projet ponctuel Analyse exhaustive de l'état initial, en particulier : <ul style="list-style-type: none">• inventaire des espèces animales et végétales protégées et patrimoniales• cartographie des habitats
Aire d'étude immédiate (emprises du projet)	Ordre de grandeur moyen de 300 m + unités fonctionnelles des espèces et habitats	Insertion fine du projet (positionnement des aménagements vis-à-vis des enjeux liés aux milieux et aux espèces)

Tableau 1 de définition des aires d'études (Source : Extrait du « Guide de prise en compte de la biodiversité dans les projets terrestres normands » - DREAL Normandie 2021)

1 L'unité écologique fonctionnelle est caractérisée par l'ensemble des conditions permettant à un être vivant de réaliser son cycle de vie et de s'y reproduire. Ces conditions sont remplies sur des territoires plus ou moins vastes ayant des fonctions précises (zones de nourrissage, de chasse, repos, sites de reproduction, voies migratoires, continuités écologiques...).

1-2 La caractérisation du fonctionnement écologique des aires d'étude

La description de l'état initial vise à caractériser l'état écologique des aires d'étude à un instant donné en prenant en compte les éventuels dysfonctionnements et le potentiel d'évolution. Elle doit permettre d'appréhender le rôle de chaque milieu, de chaque espèce, les interactions entre les espèces, l'importance de la population sur le site au regard des populations locales, régionales, nationales ou européennes et ainsi définir les secteurs à enjeux.

Elle s'effectue par :

- une recherche bibliographique ;
- des études de terrain ;
- une étude des fonctionnalités ;
- une présentation des résultats de l'étude écologique.

1-2-1 Une recherche bibliographique

La recherche bibliographique permet de collecter les informations disponibles sur l'aire d'étude. Les principales sources bibliographiques sont les zonages administratifs (ZNIEFF, Natura 2000...), les guides et atlas, les bases de données naturalistes, les données des associations de protection de la nature spécialisées (GMN, GRETIA, GONm, LPO...) qui possèdent des données sur plusieurs années, les études antérieures, les revues spécialisées, les revues naturalistes locales, les travaux universitaires, les documents de planification, les études d'impacts...

Toute étude comprendra les données naturalistes issues de la base de données ODIN de l'ANBDD et les données naturalistes issues de la base de données OpenObs du MNHN. L'étude précisera l'ensemble des sources de données consultées.

Si le projet n'est situé dans aucune zone d'inventaire identifiée, l'examen des espèces et habitats présents sur les zones écologiquement similaires, situées à proximité, permettra d'identifier les secteurs potentiellement les plus intéressants afin de porter préférentiellement la pression d'inventaire sur ceux-ci.

1-2-2 Des études de terrain

Étude préalable

La phase d'étude préalable a pour but d'établir les investigations de terrain à entreprendre en fonction des sensibilités pré-identifiées par les recherches bibliographiques sur les aires d'études préalablement justifiées. Le SRC demande que l'étude préalable comprenne :

- une analyse des données habitats et espèces issues de la bibliographie,
- une analyse des cartes existantes (topographiques, géologiques, etc.) et des photographies aériennes,
- une identification des lacunes en données naturalistes nécessitant des investigations de terrain plus poussées.

L'étude préalable définira les investigations de terrain nécessaires pour l'établissement de l'état initial, les enjeux et sensibilités, les périodes « à risque » pour les espèces. Elle déterminera les protocoles à utiliser et le calendrier des sorties.

Inventaires de terrain

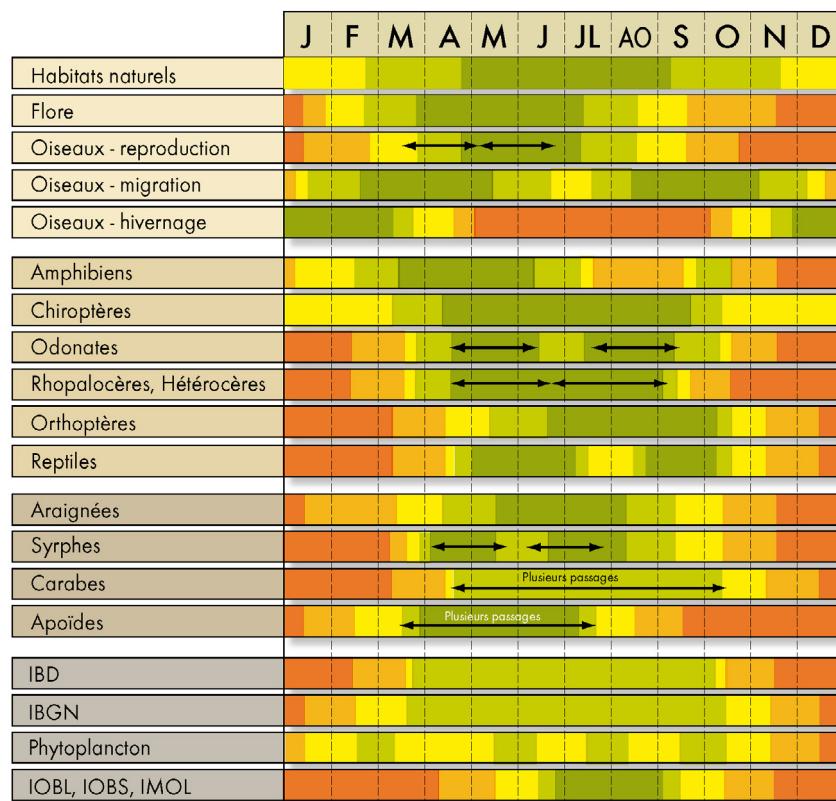
Les études de terrain sont une des parties essentielles de l'état initial. Elles permettent d'affiner les éléments constitutifs (milieu physique, flore, faune), ainsi que le fonctionnement de l'écosystème.

La pression d'inventaire, autrement dit, le nombre de visites sur site est à adapter pour chaque projet en fonction de l'étude préalable. Pour de grands habitats naturels homogènes, une prospection partielle issue d'un échantillonnage est possible sous justification et sous assurance qu'aucun habitat particulier n'a été exclu de l'étude.

En règle générale, les inventaires faunistiques doivent être réalisés sur un cycle complet soit 4 saisons. Sur justification (absence d'enjeux avifaune hivernante, de gîtes à chiroptères...), elles peuvent être réalisées sur les seules saisons printemps et été. En cas de conditions météorologiques exceptionnelles ou atypiques, des compléments peuvent s'avérer nécessaires lors du cycle biologique suivant.

La pertinence des inventaires ne peut être partagée que si les comptes-rendus de chaque prospection de terrain comportent, a minima, les éléments suivants :

- les personnes mobilisées avec précision de leurs qualifications ;
- les date, heure, conditions de réalisation, notamment climatiques (T° de l'air, direction et force du vent, couverture nuageuse) ;
- le ou les protocoles utilisés ;
- l'effort de prospection : habitats et micro-habitats prospectés (selon typologie EUNIS) et durée de prospection ;
- une cartographie des zones prospectées, longueur des parcours de prospection ;
- la localisation des contacts (coordonnées SIG en Lambert 93 recommandées) ;
- les comportements observés.



Périodes de prospection

Source : ADAM Y. et al, 2015 : Guide des méthodes de diagnostic écologique des milieux naturels

1-2-3 Une étude des fonctionnalités

Le diagnostic écologique ne doit pas se réduire à la seule problématique de présence des espèces et des milieux. Il doit également identifier les fonctions écologiques des milieux présents. Les fonctions écologiques se définissent comme les processus biologiques de fonctionnement et de maintien d'un écosystème. Elles diffèrent des services écosystémiques qui peuvent être définis comme les bénéfices retirés par l'homme des processus biologiques².

Les milieux sont susceptibles de remplir les fonctions écologiques telles que : les échanges gazeux, l'auto-épuration de l'eau, le piégeage de particules, le transport de solides, la rétention de l'eau, l'écoulement de l'eau, l'effet albédo/réflexion, l'approvisionnement des sols, le transfert de pollen, les interactions biotiques, l'habitat/biotope³.

1-2-4 Une présentation des résultats de l'étude écologique

Sur la base des résultats des inventaires et de la bibliographie, les cartographies des habitats, de la flore et de la faune sont établies. Ces cartographies sont présentées systématiquement sur fond de photographie aérienne.

- Pour les habitats, la précision de la carte demandée est fonction des enjeux du projet sur les milieux naturels. L'échelle sera au moins au 1/25 000^e. Une cartographie localisera précisément les espèces à enjeux. Une cartographie distincte sera dédiée à la localisation des espèces exotiques envahissantes.
- Pour la faune, l'étude doit présenter *a minima* :
 - une cartographie des contacts pour chacune des espèces ;
 - une cartographie des domaines vitaux ;
 - une cartographie des couloirs de déplacements potentiels (bords de route, lisières, voies ferrées...).

² Source : Costanza et al.

³ Source : CGDD – Projet de caractérisation de fonctions écologiques de milieux en France – mai 2010

1-3 La caractérisation des enjeux

Les données issues des inventaires de terrain et de la bibliographie doivent être synthétisées et hiérarchisées. La présentation de l'état initial du site et de son environnement doit déboucher sur une évaluation globale de sa qualité, intégrant sa sensibilité et sa vulnérabilité aux impacts potentiels du projet. Pour cela, deux types d'informations doivent être croisés :

- le statut des habitats, des espèces et des espaces définis au niveau local, régional, national, communautaire ou international ;
- la bioévaluation qui constitue l'évaluation scientifique de la sensibilité et de la vulnérabilité des espèces et des milieux concernés par le projet. La bioévaluation est établie à partir des informations recueillies sur le site (importance des populations, fragmentation, tendances évolutives...) croisées avec les données générales que l'on possède, sur un référentiel géographique : abondance, éléments biogéographiques, évolution des populations.

L'enjeu écologique parfois nommé «enjeu patrimonial» est à dissocier de l'enjeu réglementaire relatif aux fonctions, habitats et espèces protégés.

L'étude comporte *a minima* une analyse par rapport aux zonages environnementaux suivants :

- les zonages de protection (arrêtés de protection de biotope, géologique, d'habitat naturel, réserves naturelles, et biologique...) ;
- les frayères ;
- les délimitations des zones humides (cf. sous-mesure 5.6) ;
- les sites Natura 2000 (cf. sous mesure 5.5) ;
- la trame verte et bleue (TVB), ses déclinaisons territoriale et locale, sa traduction dans les documents d'urbanisme (cf. sous-mesure 5.4) ;
- les ZNIEFF de type I et II ;
- les sites propriétés du conservatoire du littoral (sites acquis et zones de préemption), du conservatoire d'espaces naturels Normandie ;
- les espaces naturels sensibles ;
- les listes rouges ;
- les inventaires du patrimoine géologique ;
- les obligations réelles environnementales (ORE) ;
- les sites référencés sur GeoMCE.

L'étude fait la synthèse entre le statut des espèces et des espaces et la bioévaluation. Elle hiérarchise les enjeux du milieu naturel dans les aires d'étude.

Les enjeux sont ensuite évalués et classés selon différents niveaux.

Pour une meilleure compréhension et lisibilité, il est recommandé l'emploi de 3 niveaux (faible, moyen, fort) voire 5 selon les cas (très faible, faible, moyen, fort, très fort). Le SRC recommande l'emploi d'un code couleur et l'utilisation du contraste (du plus clair au plus foncé plus l'enjeu est important). Dans tous les cas, il est impératif de préciser ce qui est entendu derrière chaque qualificatif retenu. La hiérarchisation des espèces et des milieux est déterminée en fonction de :

- leur contexte réglementaire ;
- leur rareté ;
- leur état de conservation ;
- leur menace ;
- leur tendance d'évolution ;
- leurs fonctionnalités.

La synthèse de ces enjeux doit mettre en évidence les zones des aires d'études les plus sensibles, les secteurs où l'implantation du projet ne sera pas possible ou possible sous réserve de contraintes de réalisation particulièrement fortes.

L'étude fournit également la liste des espèces protégées et celles figurant sur une liste rouge. Pour chacune d'entre elles, le statut juridique, l'importance estimée des effectifs ainsi que l'état de conservation des populations doivent être précisés. La taille des populations concernées par le projet est rapportée aux aires d'études éloignée et rapprochée ainsi qu'à l'aire de répartition de l'espèce.

1-4 La caractérisation des effets

L'analyse des effets permet :

- de comparer les partis d'aménagement et les variantes envisagées ;
- d'analyser les conséquences du projet retenu sur la biodiversité pour s'assurer qu'il est globalement acceptable.

La caractérisation des effets doit être réalisée sur le projet dans sa globalité. L'article L.122-1 du code de l'environnement relatif à l'évaluation environnementale précise que « *lorsqu'un projet est constitué de plusieurs travaux, installations, ouvrages ou autres interventions dans le milieu naturel ou le paysage, il doit être appréhendé dans son ensemble, y compris en cas de fractionnement dans le temps et dans l'espace et en cas de multiplicité de maîtres d'ouvrages, afin que ses incidences soient évaluées dans leur globalité* ».

Les différents effets à considérer portent sur le milieu physique, les pollutions (pollution chimique, bruit, vibrations, poussière, odeurs...), la perte/dégradation d'habitats naturels, destruction/perturbation d'individus, développement des espèces exotiques envahissantes...

Chaque effet fait l'objet d'un classement (direct, indirect, induit, cumulé) en fonction de sa durée (temporaire, permanent) et de son effectivité (court, moyen, long terme).

Les effets cumulés sont le résultat du cumul et de l'interaction de plusieurs effets directs et indirects générés par un même projet ou par plusieurs projets dans le temps et l'espace et pouvant conduire à des changements brusques ou progressifs sur des milieux ou des espèces.

Dans certains cas, le cumul des effets peut conduire à un effet « synergique », c'est-à-dire un nouvel effet ou un effet plus important que la somme des effets attendus de chaque projet pris individuellement. Il se peut également que l'effet résultant du cumul soit inférieur à la somme des effets de chaque projet.

Afin d'évaluer les effets cumulés, il convient d'identifier les projets qui, par leur nature, leur proximité ou leur influence, pourraient combiner leurs effets individuels avec ceux du projet. Selon la réglementation à laquelle est soumise le projet, les projets à considérer sont définis réglementairement.

Les effets sont explicités par :

- **une définition simple ;**
- **une évaluation générale de l'effet sous les aspects de gravité relative et de délais d'apparition/fluctuation temporelles ;**
- **les conséquences possibles de ces effets.**

1-5 La caractérisation des impacts

Un impact est le croisement d'un enjeu défini dans l'état initial et d'un effet. Chaque impact potentiel du projet sur un habitat, une espèce ou un groupe d'espèces doit être évalué selon son importance, caractérisé, quantifié, et spatialisé en fonction principalement de :

- sa nature ;
- son intensité ;
- sa durée ;
- son étendue ;
- ses fonctionnalités.

En fonction de l'impact, des critères complémentaires comme la fréquence, le niveau d'incertitude, le niveau de probabilité... peuvent être évalués.

Pour une évaluation appropriée, il convient :

- de croiser les données compilées dans le cadre de l'état initial (niveau d'enjeu, représentation de l'habitat, abondance locale de l'espèce sur site, localisation, utilisation des milieux...) ;
- de prendre en compte, le cas échéant, la sensibilité des milieux et des espèces ;
- d'analyser les différents effets potentiels associés que ce soit en phase travaux, d'exploitation ou de démantèlement/remise en état ;
- de prendre en compte les impacts cumulés avec d'autres aménagements existants ou futurs.

Tout effet doit être analysé pour tous les enjeux identifiés sur les habitats, les groupes d'espèces et les espèces. Tout comme les effets, les impacts ainsi définis sont eux-mêmes qualifiés de directs ou indirects, temporaires ou durables, à court, moyen ou long termes...

Ces impacts sont analysés indépendamment des mesures envisagées d'évitement, de réduction voire de compensation.

Le SRC recommande d'utiliser une matrice symbolique pour laquelle, à chaque intersection de la matrice, une appréciation du degré d'impact (faible, moyen, fort...) est précisée. Pour une meilleure lisibilité de la hiérarchisation, le SRC préconise l'emploi du même code couleur que pour la caractérisation des enjeux par l'utilisation du contraste (du plus clair au plus foncé plus la sensibilité est importante) selon l'exemple suivant :

Effet	Impact	Niveau Enjeu	Variables d'évaluation (1)				Evaluation
			Sensibilité	Intensité	Etendue	Durée	
Effet 1	Impact sur habitat 1	Moyen	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible
	Impact sur habitat 2	Faible	Moyen	Fort	Faible	Faible	Moyen
	Impact sur espèce 1	Moyen	Fort	Faible	Faible	Faible	Moyen
	Impact sur espèce 2	Moyen	Moyen	Fort	Fort	Fort	Fort
	Impact sur espèce 3	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Nul
Effet 2	Impact sur groupe d'espèce 1	Faible	Faible	Faible	Fort	Fort	Positif
	Impact sur fonction écologique 1	Fort	Moyen	Fort	Fort	Fort	Très fort

(1) Autres critères additionnels possibles : fréquence, niveau d'incertitude, probabilité...

Graphique 1 de Présentation des impacts (Source : Extrait du « Guide de prise en compte de la biodiversité dans les projets terrestres normands – Livret 2 » - DREAL Normandie 2021)

1-6 La phase d'évitement

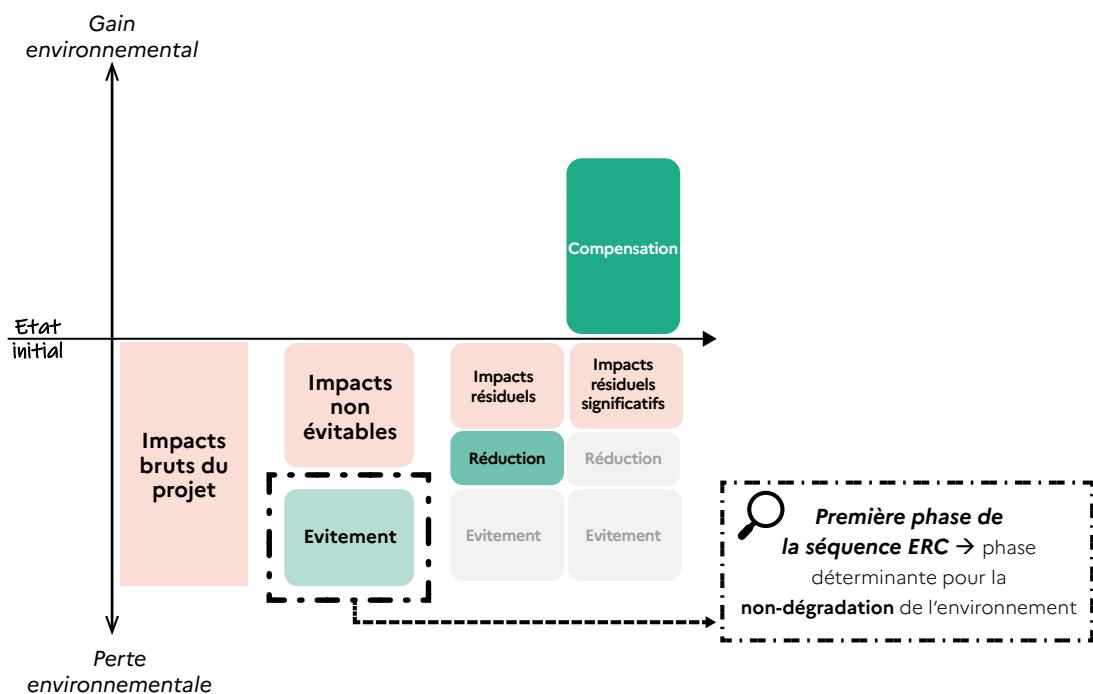
La phase d'évitement est l'étape déterminante pour concevoir un projet de moindre impact. Elle doit permettre de supprimer un certain nombre d'impacts bruts identifiés avant que ceux-ci ne soient effectifs. L'évitement reste la seule solution qui permette d'assurer la non-dégradation du milieu par un projet. Elle ne se limite pas à la seule proposition de mesures.

L'article R.122-5-II 5° du CE stipule pour les projets qui y sont soumis, l'étude d'impact doit comporter « *une description des solutions de substitution raisonnables qui ont été examinées par le maître d'ouvrage, en fonction du projet proposé et de ses caractéristiques spécifiques, et une indication des principales raisons du choix effectué, notamment une comparaison des incidences sur l'environnement et la santé humaine.* »

La phase d'évitement s'envisage dès l'identification du projet et se décline tout le long de sa conception de façon itérative et intégrée :

- itérative : les choix d'évitement sont définis au fil de l'élaboration du projet :
 - définition raisonnée du besoin en aménagement ;
 - évaluation des scénarios stratégiques liés à l'opportunité du projet ;
 - évaluation de l'incidence des différentes variantes ;
 - définition et évaluation des mesures d'évitement.
- intégrée, car elle intervient tout au long du processus d'élaboration du projet et doit résulter d'un croisement entre les enjeux environnementaux, socio-économiques et politiques.

Le rapport 517 du 25 avril 2017 de la commission d'enquête du Sénat pointe l'insuffisance de la mise en œuvre de l'étape d'évitement et souligne la confusion qui peut exister entre l'évitement et la réduction. Le même constat peut être fait sur les projets en Normandie. Souvent, il s'agit d'un problème de valorisation/retranscription de la démarche dans les dossiers plutôt qu'une réelle insuffisance de prise en compte. Il est recommandé de préciser dans l'étude tout le processus itératif qui a conduit à la définition du projet final.



1-7 La réduction

Au sein de la séquence « éviter, réduire, puis si besoin compenser », la réduction intervient dans un second temps, dès lors que les impacts négatifs sur l'environnement n'ont pu être pleinement évités. Ces impacts doivent alors être au maximum réduits.

Les mesures de réduction peuvent être classées en 3 types :

- les mesures géographiques qui permettent de réduire l'emprise ou de modifier la localisation d'éléments constituant le projet comme des installations liées aux travaux, des zones à ouvrir à l'artificialisation...
- les mesures techniques comme gérer les eaux pluviales, créer des passages à faune...
- les mesures temporelles qui permettent d'adapter le projet en fonction des besoins des espèces présentes : adapter la période de travaux en fonction d'enjeux écologiques (ex : abattage d'arbre hors période de nidification), adapter les horaires des travaux en fonction des périodes de l'année, phaser la réalisation de travaux par tranche...



*Installation de bandes transporteuses
/ L. Lemonnier*

Il est important que les effets d'une mesure de réduction soient évalués au regard de la capacité de résilience des milieux concernés dans le temps et du seuil de viabilité de la population locale ciblée par la mesure de réduction.

Si l'effet de la mesure est très incertain (viabilité du milieu fortement menacée dans le temps, manque de retour d'expérience...), la mesure sera considérée, en l'état, comme insuffisante et devra être couplée avec d'autres mesures.

Une mesure de réduction tout comme une mesure d'évitement doit être pérenne aussi longtemps que les impacts bruts associés sont présents.

1-8 L'analyse des impacts résiduels

L'analyse des impacts résiduels est l'étape essentielle qui détermine pour chaque impact brut identifié sur les espèces, les habitats et les fonctions, l'efficacité attendue des différentes mesures d'évitement et de réduction. Elle doit ainsi décrire avec précision l'analyse en concluant, en dernier lieu, à la significativité ou à la non-significativité de ces impacts résiduels.

Un impact résiduel sur une composante de la biodiversité quelle qu'elle soit (protégée ou non, remarquable, commune...), est significatif dès lors :

- qu'il remet en question l'état de conservation d'un habitat ou d'une espèce y compris au niveau local ;
- qu'une fonction écologique (cf. livret 1) ne peut plus correctement s'exprimer de manière durable.

Tout impact résiduel significatif devra faire l'objet d'une compensation. A contrario, un impact résiduel est jugé non significatif lorsqu'il affecte des composantes de biodiversité sans compromettre leur capacité à se maintenir ou se renouveler, et donc sans remettre en cause leur état de conservation. Un impact non significatif n'entraîne donc pas, au sens de la réglementation, une perte nette de biodiversité.

Il n'existe pas, en Normandie, de seuils pré-établis de significativité par élément de biodiversité et par échelle géographique. Tout projet prend en considération les conclusions de l'analyse des impacts bruts dont les niveaux d'impacts ont été définis en fonction du niveau d'enjeu, de la sensibilité de l'élément de biodiversité visé par rapport à l'impact brut, de son intensité, son étendue, sa durée...

Tout impact résiduel significatif sur un spécimen d'espèce protégée ou un habitat d'espèce protégée nécessite une demande de dérogation « espèces protégées » en application des articles L.411-1 et L.411-2 du CE.

Certains impacts résiduels significatifs peuvent se révéler non-compensables ou très difficilement compensables. La DREAL Normandie a défini 4 grands critères spécifiques à prendre en compte :

- critère régional 1 : habitats naturels non compensables : certains milieux naturels ne sont pas compensables en raison de leur complexité de fonctionnement et de leur fragilité. En Normandie, il s'agit des tourbières et des zones humides tourbeuses, des falaises littorales et intérieures, ainsi que des milieux de landes...
- critère régional 2 : espèces endémiques : Certaines espèces ne sont présentes qu'en Normandie. De ce fait, leur population est très restreinte et leur maintien, leur pérennité sont impossibles si le site qui les abrite est remanié, détruit, dégradé, artificialisé. La perte de ces espèces n'est donc pas compensable. Il s'agit de 4 espèces végétales : la Violette de Rouen (*Viola hispida*), l'Ibéris intermédiaire (*Iberis intermedia* subsp *intermedia*), le Séneçon blanc (*Tephroseris helenitis* subsp. *candida*) et la Biscutelle de Neustrie (*Biscutella neustriaca*) présentes sur les pierriers et les pelouses calcicoles de la vallée de Seine : ces quatre espèces exceptionnelles, sont actuellement en forte régression. Un insecte est également endémique en Normandie : le Carabe doré à reflets cuivrés (*Carabus auronitens cupreonitens*) de la forêt de Cerisy-Balleroy ;
- critère régional 3 : habitats difficilement compensables : certains milieux sont très difficilement compensables en raison de leur complexité, de leur fragilité, de leur patrimonialité, de leur rareté régionale et/ou nationale ou de leur représentativité en Normandie ou en France. Les coûts de restauration ou de renaturation et le temps pour rétablir ces milieux sont alors très, voire trop élevés avec un mauvais rapport coût/bénéfice. En Normandie, il s'agit principalement des bois alluviaux matures, des vasières et des habitats intertidaux au sens large, des pelouses calcicoles et silicicoles, des près salés, des dunes, des pelouses aérohalines, des pierriers et des cavités...
- critère régional 4 : espèces rares en Normandie : certaines espèces sont rares et/ou la Normandie a une responsabilité particulière pour ces espèces.



Gomphocere tacheté / L. Lemonnier



Epipactis Rouge Brun / L. Lemonnier

Si un projet engendre des impacts pouvant être qualifiés de non-compensables ou de difficilement compensables, le projet est repensé en repartant de la séquence d'évitement.

Le SRC recommande de compléter la matrice des impacts bruts définie précédemment qui pourrait prendre désormais la forme ci-dessous.

Effet	Impact brut	Niveau Enjeu	Variables d'évaluation (1)				Evaluation	Actions des mesures E et R pressenties	Evaluation impact résiduel
			Sensibilité	Intensité	Etendue	Durée			
Effet 1	Impact sur habitat 1	Moyen	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Explication 1	Non significatif
	Impact sur habitat 2	Faible	Moyen	Fort	Faible	Faible	Moyen	Explication 2	Significatif
	Impact sur espèce 1	Moyen	Fort	Faible	Faible	Faible	Moyen	Explication 3	Non significatif
	Impact sur espèce 2	Moyen	Moyen	Fort	Fort	Fort	Fort	Explication 4	Significatif
Effet 2	Impact sur groupe d'espèce 1	Faible	Faible	Faible	Fort	Fort	Positif	Explication 5	Non significatif
	Impact sur fonction écologique 1	Fort	Moyen	Fort	Fort	Fort	Très fort	Explication 6	Significatif

1-9 Le dimensionnement de la compensation écologique

Lorsqu'un impact résiduel significatif demeure sur un des enjeux caractérisés dans l'état initial, la perte écologique provoquée doit être compensée intégralement en application de l'article L.110-1 du CE.

Le dimensionnement de la compensation écologique consiste à définir les caractéristiques et les modalités de mise en œuvre du projet de compensation. Il doit ainsi répondre aux objectifs de gains de biodiversité au moins égaux aux pertes et permettre d'atteindre l'objectif d'équivalence écologique, lui-même composante de l'objectif d'absence de perte nette de biodiversité.

Le dimensionnement de la compensation revient donc à :

- caractériser les composantes environnementales du site affecté par le projet et les incidences négatives, résiduelles et significatives engendrées ;
- évaluer les pertes de biodiversité sur les habitats, espèces et fonctions ;
- caractériser l'état initial du ou des sites de compensation ; en vérifier le potentiel d'équivalence avec le site affecté par le projet, au regard des espèces, des habitats et des fonctionnalités présentes et de leurs trajectoires potentielles ;
- évaluer les gains de biodiversité engendrés par les actions envisagées par le projet de compensation ;
- ajuster la proposition de compensation, selon un processus itératif, afin de mettre en adéquation l'équivalence quantitative entre les pertes et les gains de biodiversité.

Hors zones humides, pour dimensionner le besoin compensatoire relatif aux espèces, habitats et fonctionnalités, il n'existe pas, à ce jour, de guide équivalent. Tout porteur de projet est cependant libre de proposer sa propre méthode de dimensionnement de la compensation. Toutefois, le SRC recommande que l'étude s'appuie fortement sur le guide national de mise en œuvre de l'approche standardisée du dimensionnement de la compensation⁴. L'approche standardisée est structurée autour d'un arbre de décision en 8 étapes qui permet de clarifier la démarche utilisée pour aboutir à la définition de mesures compensatoires justement proposées et dimensionnées.

Aucune méthode n'est imposée ici, mais l'application de la méthode dite par ratio minima, est fortement déconseillée dans la mesure où elle est basée sur une approche uniquement quantitative, consistant à appréhender uniquement les pertes dues au projet par une métrique (surface, linéaire, nombre...) et à les multiplier par un ratio défini « à dire d'expert ».

En revanche, en application de l'approche standardisée, pour être recevable, la méthode doit :

- être clairement explicitée et son choix justifié ;
- être utilisée pour apprécier les pertes occasionnées ET les gains obtenus par le projet de compensation, et ce, par la même méthode, afin de limiter les risques de surestimation des gains et de sous-estimation des pertes ;
- être cohérente avec les principes de la séquence ERC et toutes les autres cadres et réglementations conditionnant la méthode de dimensionnement (SDAGE, SAGE...) ;
- avoir un coût de mise en œuvre adapté au projet et à son contexte (nécessité d'équipements spéciaux, temps de présence minimum sur le terrain...) ;
- être cohérente avec l'état actuel des connaissances écologiques : les indicateurs écologiques, coefficients et formules éventuelles de calculs doivent reposer sur des relations justifiées ;
- étudier l'environnement immédiat et éloigné du/des site(s) de compensation, pour comprendre et décrire les dynamiques de population, le fonctionnement global de l'écosystème et les logiques de connectivité avec les sites impactés.

⁴ MTE - Approche standardisée du dimensionnement de la compensation écologique - mai 2021 - 149 pages

Si la méthode choisie a recours à une formule mathématique pour dimensionner la compensation (méthode quantitative), alors cette formule doit être explicitée et justifiée.

Si la méthode de dimensionnement ne possède pas ces caractéristiques requises, elle doit être modifiée ou remplacée.

C'est la raison pour laquelle, **l'utilisation de l'une des 2 méthodes suivantes est recommandée :**

- **la méthode d'équivalence par pondération**

Cette méthode consiste à quantifier séparément les pertes et les gains de biodiversité, en pondérant les métriques affectées par des coefficients « pertes » intégrant un certain nombre de critères (niveau d'enjeu, nature de l'impact, intensité, etc.) et les métriques à compenser par des coefficients « gains » intégrant également un certain nombre de critères (efficacité du génie écologique, pertes intermédiaires, éloignement...).

Cette méthode prend donc en compte des informations liées aux enjeux, à l'état des milieux, aux impacts et aux actions de compensation. Elle intègre des coefficients d'ajustement permettant de prendre en compte le risque ou degré d'incertitude de la mesure (R) et du décalage temporel entre la mise en œuvre des mesures de compensation et leur pleine efficacité (T).

- **la une méthode d'équivalence par écart de milieux**

Cette méthode consiste à quantifier séparément, mais avec les mêmes indicateurs, les pertes et les gains de biodiversité, puis à en vérifier l'équivalence. Les calculs s'effectuent en comparant l'état ou la capacité d'accueil des milieux :

- avant et après impact, pour le(s) site(s) concerné(s) par le projet (delta « pertes ») ;
- avant et après réalisation des travaux de génie écologique, pour le(s) site(s) de compensation (delta « gains »).

La méthode peut également intégrer un certain nombre de critères de pondération liés à l'incertitude des mesures (R), leur temporalité (T).

Le projet de la compensation écologique

Une mesure compensatoire est une mesure qui doit apporter un gain permettant de rembourser une dette écologique engendrée par un impact résiduel significatif. Elle doit remplir les 3 conditions suivantes :

- Garantir durablement, par la propriété ou par contrat, la sécurisation foncière du site concerné ;
- Améliorer la qualité écologique des milieux naturels par des actions :
 - de restauration ou réhabilitation ;
 - permettant la création de milieux ;
 - mettant en œuvre des pratiques plus favorables à celles existantes et démontrant des gains substantiels ;
- Développer des mesures de gestion conservatoire durables afin d'assurer le maintien de la qualité environnementale des milieux.

Une mesure compensatoire doit respecter les principes d'équivalence, de faisabilité (technique, financière, foncière, sociétal et écologique), d'effectivité préalable par rapport aux impacts résiduels associés, d'efficacité (obligation réglementaire de résultat), de proximité, d'additionnalité (écologique ou par rapport aux engagements publics ou privés) et de pérennité (pendant la durée des impacts résiduels associés).

Les sites compensatoires pré-retenus font l'objet de la caractérisation d'un état initial selon les mêmes modalités que celui du projet.

Cet état initial est indispensable pour :

- définir les modalités techniques des actions à réaliser ;
- déterminer le gain potentiel et donc l'équivalence écologique recherchée ;
- répondre au principe d'additionnalité ;
- identifier la présence d'enjeux socio-économiques ou écologiques (il conviendrait alors d'éviter de nouveaux impacts nécessitant à leur tour d'être compensés).

Devront ainsi être retenus prioritairement :

- **les sites d'un seul tenant - d'une superficie minimale en adéquation avec les besoins des espèces visées - sont à prioriser par rapport à des parcelles morcelées plus petites. Pour un couple de passereaux, l'espace vital est souvent estimé à plus d'un hectare ;**
- **les sites à la végétation peu développée ou très homogène (culture, prairie sur-pâturée...);**
- **les sites permettant la pérennité des effets de la mesure.**

Les objectifs de moyen de mise en œuvre de chaque mesure, les objectifs de résultats de la mesure, les indicateurs de suivi quantifiables pour mesurer l'état de réalisation et l'efficacité des mesures font l'objet de présentations explicites.



*Exemple de mesure de compensation :
reconstitution de boisements*



*Exemple de mesure de compensation :
création de milieux favorables à
l'Œdicnème criard / L.Lemonnier*

1-10 Les mesures d'accompagnement

Aux mesures d'évitement, de réduction et si nécessaire, de compensation, le SRC recommande la proposition de mesures d'accompagnement. Contrairement aux mesures ERC, elles ne répondent pas à une obligation réglementaire mais contribuent à l'augmentation de l'efficacité et à la consolidation des mesures ERC, sans pour autant s'y substituer.

Les mesures d'accompagnement peuvent se traduire par exemple par :

- la mise en place d'une initiative pédagogique de sensibilisation à la protection de la nature ;
- la préservation foncière telle que l'acquisition d'un site en bon état de conservation sans mise en œuvre d'actions écologiques supplémentaires ;
- dans le cas d'un réaménagement à vocation écologique d'un site après exploitation, la recherche de conventionnement, de contractualisation d'une obligation réelle environnementale...;
- le financement d'une étude pour l'amélioration des connaissances scientifiques (zone de répartition d'une espèce, fonctionnalités écologiques et services fournis par un écosystème, participation à une action d'un programme régional...).



*Exemple de mesure d'accompagnement :
création d'une mare / L.Lemonnier*

1-11 Le suivi des mesures

Dès lors que des mesures ERC sont définies, le dossier doit en préciser les modalités de suivi. Le dispositif de suivi est proportionné à la nature et aux dimensions du projet, à l'importance de ses impacts prévus ainsi qu'à la sensibilité des milieux concernés. Même s'il se base sur ces derniers, le suivi se différencie des inventaires réalisés dans l'état initial. Il doit notamment permettre de :

- vérifier l'atteinte des objectifs ;
- définir des tendances dans le temps de l'évolution des milieux ou des populations ;
- aider à la rédaction ou l'adaptation des mesures ou plan de gestion.

Le suivi doit permettre de déterminer si les objectifs des mesures environnementales sont atteints. Il s'applique tout aussi bien à la phase travaux qu'à la phase exploitation. Pour chaque mesure ERC-A, les objectifs de moyen de sa mise en œuvre et les objectifs de résultat (efficacité) sont clairement explicités.

Le suivi des mesures environnementales s'appuie sur des indicateurs. Un indicateur permet de conclure si un objectif est atteint, en voie de l'être ou non atteint. Dans ce dernier cas, il sera nécessaire de recalibrer les moyens pour atteindre cet objectif.

Pour mesurer chacun des indicateurs, l'étude propose des protocoles de suivi.

Le SRC recommande d'utiliser les mêmes protocoles que ceux de l'état initial du site d'accueil de la mesure, afin d'avoir des éléments fiables de comparaison avant/ après mesure.

La fréquence et le calendrier du suivi sont précisés et justifiés. Le calendrier du suivi proposé se base sur les périodes propices aux inventaires de terrain des groupes taxonomiques visés.

Chaque mesure de suivi proposée comporte *a minima* :

- son intitulé ;
- les principes régissant le dimensionnement de la mesure ;
- la description de la mesure (objectifs, travaux de génie écologique et dispositifs associés) ;
- la durée totale et l'échéance de mise en œuvre de la mesure ;
- les modalités de la mesure (protocole, fréquence, indicateurs...).

Pour des projets importants, il peut être proposé, voire imposé par l'autorité administrative, un comité de suivi des mesures ERC-A. Cette concertation peut associer différents acteurs concernés du territoire : élus, associations, représentants des agriculteurs et des autres opérateurs économiques, administrations, riverains...

L'instance de suivi s'appuie sur les relevés réalisés lors de la caractérisation de l'état initial, ainsi que sur le suivi des indicateurs de mise en œuvre et de résultats.

Elle peut valider les conclusions de ces bilans, faire part de ses observations ou proposer à l'administration des adaptations sans remettre en question l'économie générale du projet.

La durée de vie des instances de suivi est adaptée et cohérente avec les durées de gestion et de suivis scientifiques retenues. Si dans un premier temps, une périodicité annuelle est à privilégier, les bilans ultérieurs peuvent être espacés dans le temps en fonction du projet et de la périodicité de réalisation des bilans de suivi.

Un comité de suivi peut être mutualisé avec des projets situés à proximité ou des projets impliquant la mise en œuvre de mesures présentant des similarités

1-12 La présentation des mesures ERC

1-12-1 Les mesures d'évitement et de réduction

Une attention particulière doit être portée à la présentation des mesures d'évitement et de réduction, pour les différentes solutions envisagées.

Le SRC recommande fortement que le dossier comporte :

- la retranscription de la démarche par une justification rigoureuse et le détail de chaque mesure. Il est attendu pour chaque mesure : la description de l'objectif, le ou les impacts bruts ciblés (espèce, habitat, fonction), le moment de sa réalisation (ex : phase chantier), la description de la mesure, sa durée... ;
- les modalités de gestion pour atteindre l'objectif ;
- les indicateurs de mise en œuvre et de résultat ;
- la mise en place de mesures de suivi pertinentes, cohérentes avec les objectifs de chaque mesure et réalisées sur la durée de l'impact...

1-12-2 Les mesures de compensation

Pour chaque mesure compensatoire retenue, le SRC recommande que soient précisés :

- les objectifs par rapport aux impacts sur les milieux/ espèces/fonctionnalités écologiques visés ;
- une justification du site retenu, des gains écologiques recherchés (critères pris en compte pour le calcul de dimensionnement) et de l'additionnalité apportée ;
- un descriptif détaillé de la mesure compensatoire envisagée : modalités et temporalité (réhabilitation/ restauration, création, évolution des pratiques de gestion ou conservation si cas particulier le permettant), localisation, surface, liste des milieux et espèces présentes et à restaurer/réhabiliter ou créer ;
- les statuts fonciers des parcelles concernées (acquisition foncière, ORE, convention...) avec transmission des documents certifiant/attestant l'accessibilité ou la disponibilité de ces parcelles ;
- le descriptif des travaux : type de travaux, matériel, durée des travaux, période pressentie ;
- les modalités de gestion pour atteindre les objectifs ;
- les indicateurs de mise en œuvre et de résultat pour le suivi d'efficacité de la mesure compensatoire ;
- les dispositifs de suivi pour apprécier les indicateurs (protocoles, groupes taxonomiques recherchés, périodicité) ;
- les adaptations envisagées au cas où un des objectifs assigné à la mesure n'est pas atteint ;
- les acteurs éventuellement associés avec précision de leurs rôles ;
- les coûts estimés...

1-12-3 Calendrier de mise en œuvre

Le SRC recommande qu'un calendrier prévisionnel de mise en œuvre d'ensemble des mesures ERC-A présente en détail les périodes d'exécution des mesures décrites précédemment. Ce calendrier pourra être affiné le cas échéant pour anticiper des contraintes identifiées sur le terrain ou des modifications importantes dans le déroulement des travaux.

2. En cours d'exploitation et en phase de réaménagement



Carrière de Gaillon (27) - Véronique Martins

Dans les carrières de roche massive, en fonction de la nature des sols et de la présence d'eau, des espèces végétales peuvent s'installer assez rapidement (saules, bruyères, joncs, etc.). Il est alors possible de voir apparaître des habitats variés juxtaposés (prairie humide, pelouse sèche, bassins, remblais, éboulis, parois verticales, boisements, etc.). Des espèces emblématiques, comme le Crapaud calamite, l'Œdicnème criard ou encore le Faucon pèlerin peuvent s'installer.

En cours d'extraction, les carrières alluvionnaires peuvent créer des étendues d'eau et des zones humides. La végétation inondée peut côtoyer des pelouses sèches, des roselières, des mares temporaires ou encore des fronts de taille sableux favorables à l'installation d'oiseaux migrateurs.

Les recommandations ci-dessous ont pour objectif de favoriser le maintien et la reconquête de la biodiversité.

2-1 Terre végétale

La terre végétale est l'appellation simplifiée de l'horizon riche en matière organique et qui correspond souvent à la couche arable pour un agriculteur.

Le caractère oligotrophe (pauvre en éléments nutritifs) des sols minéraux des carrières constitue une des principales sources de richesse en termes de biodiversité. La réutilisation de la terre végétale décapée sur les milieux d'origine est donc, le plus souvent, incompatible avec l'aménagement d'habitats oligotrophes (pauvres en nutriment).

Il existe cependant des situations particulières où il peut être intéressant de récupérer les graines contenues dans la terre végétale d'un milieu naturel qui doit être décapé et que l'on souhaite reconstituer sur la carrière (pelouse calcicole par exemple).

La terre végétale doit surtout être réservée à la création d'habitats à caractère agronomique ou forestier, comme une prairie dense ou un peuplement forestier intégrant des espèces exigeantes vis-à-vis de la qualité du sol. Dans ce cas, la préservation des qualités de cette couche est primordiale pour une remise en état adaptée, et nécessite des soins particuliers selon les réaménagements.

Afin de réduire les pertes des propriétés des terres végétales, il est recommandé la mise en place des mesures suivantes :

- décapage des terres végétales progressif, régulier et réalisé en deux temps : dégagement de l'horizon humifère seul (10 à 30 cm en moyenne) puis dégagement des autres couches stériles) ;
- stockage dans un emplacement au croisement des différentes zones d'exploitations et à proximité des zones de futur réaménagement ;
- réutilisation le plus vite possible ;
- niveling sur une faible épaisseur (<2 m dans la mesure du possible) pour éviter un compactage et maintenir des propriétés humifères ;
- dans le cas souhaité d'une expression future de la banque de graine, l'épaisseur doit être réduite au maximum.
- ensemencement éventuel des stocks avec des plantes qui maintiendront la qualité de la terre si la période de stockage excède plusieurs saisons.

La remise en place de la terre végétale bien stockée doit être entreprise avec précaution :

- donner au sous-sol un niveling et une homogénéité satisfaisants en évitant les pentes trop fortes ;
- aérer le fond de forme par griffage superficiel (0,15 à 0,30 cm) ;
- procéder à la remise en place, sans compacter par des passages d'engins les zones déjà régaliées ;
- si la terre est trop compacte, l'aérer par des labours et broyages ;
- éventuellement semer et rouler aussitôt le régalage terminé.

2-2 Plans d'eau

2-2-1 Plan d'eau de fosse

Le remplissage de la fosse entraîne la disparition des milieux naturels et des espèces pionnières qui les ont éventuellement colonisés.

Il est recommandé (cf. réglementairement obligatoire en cas de présence d'espèces protégées) d'anticiper et de compenser ce phénomène par la création de milieux refuges, par exemple :

- par la création de mares ou de bassins sur les terrains restant exondés après ennoiement (banquettes supérieures par exemple) ;
- par une gestion des banquettes d'eau finales :
 - soit en adaptant le niveau du trop-plein à celui de la banquette à aménager s'il est probable que le niveau de l'eau atteindra le trop-plein ;
 - soit en adaptant le niveau final de la banquette à celui du niveau d'eau prévisible. Une largeur minimale de banquette de 4 m est recommandée.

Dans tous les cas, une estimation précise du niveau d'eau final est indispensable.

2-2-2 Autres plans d'eau

L'extraction sous ou à hauteur de la nappe entraîne la création d'un plan d'eau. L'intérêt écologique de la surface en eau est faible à modéré selon les cas et concerne essentiellement les poissons, les amphibiens et les oiseaux. Le peuplement en poissons des plans d'eau de gravières se fait spontanément lorsqu'ils sont reliés au cours d'eau, que ce soit de façon permanente ou en période de crue. Lorsque les plans d'eau sont isolés hydrauliquement, les espèces ont nécessairement été introduites, le plus souvent pour la pêche. Les carrières en eau peuvent être utilisées par les oiseaux à n'importe quelle période de l'année et tout au long de leur cycle biologique (nidification, migration, hivernage). C'est cependant en période de nidification que l'intérêt des carrières est le plus fort.

La présence de zones humides peut représenter un intérêt écologique fort. Dans ce contexte l'aménagement de zones humides est très dépendant du volume de stériles disponibles. Ces stériles peuvent permettre la réalisation de contours sinués, de hauts-fonds, de presqu'îles, d'îlots...

Afin d'optimiser le réemploi des stériles, il est recommandé de :

- Placer les zones émergées là où l'excavation est la moins profonde ;
- Décaper des zones inexploitées pour en faire des zones de hauts-fonds et réutiliser les terres décapées ;
- Utiliser les fines de lavage lorsqu'il y a une installation de traitement sur place afin de créer des hauts-fonds, des zones de frai...

Si le plan d'eau a une vocation écologique ou piscicole, il est recommandé d'éloigner les plantations arbustives et arborées de la rive pour éviter l'envasement (chute de feuilles) et d'éviter la plantation de résineux (risque d'acidification de l'eau). Des îlots peuvent être prévus pour servir de refuges aux oiseaux ou d'espaces de nidification. Lorsque la création d'un îlot devient difficilement réalisable, un caisson ou radeau peut devenir un moyen de diversifier les habitats pour la faune.

2-2-3 Berges

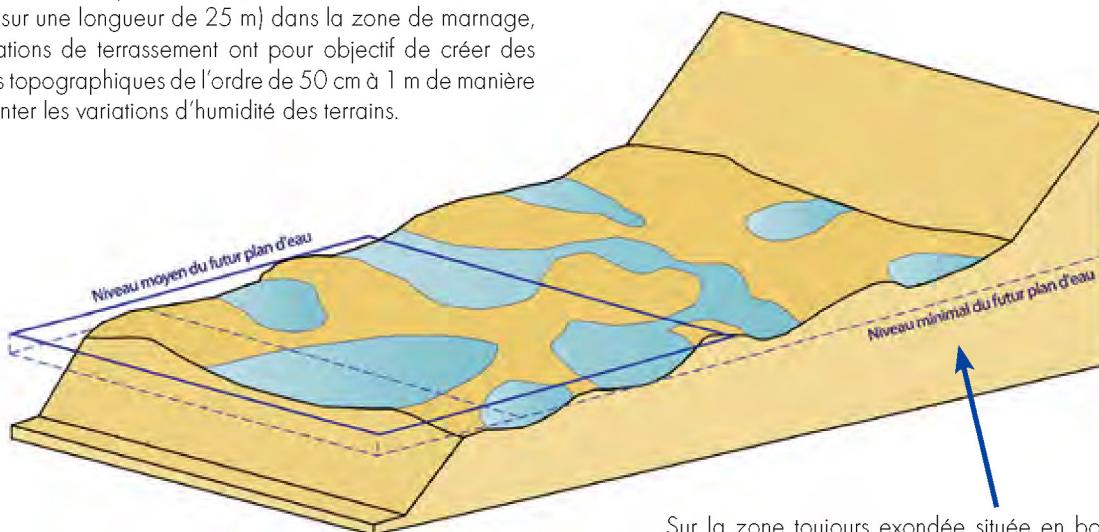
L'apparition d'un plan d'eau s'accompagne de la création de rives et de berges. Elles correspondent à la zone située dans le battement de la nappe et constituent des zones humides. Cette frange est classiquement appelée « zone ripariale ». Elle joue de nombreux rôles fondamentaux pour la biodiversité : ressource alimentaire, supports biologiques, lieu de reproduction, abri, refuge, piégeage des sédiments...

Cette frange, où le substrat se situe entre 2 m au-dessous et 1 à 2 m au-dessus des eaux (nappe ou autre), constitue l'une des opportunités majeures pour un aménagement favorable à la biodiversité.

Pour cela, il est recommandé, en fonction de la disponibilité de matériaux de remblais et de stériles et en fonction du battement local de la nappe, l'application des règles suivantes :

- les berges doivent posséder un profil très doux sur toute la zone de battement de la nappe et à l'intérieur du plan d'eau jusqu'à 2 m de profondeur ;
- les pentes de 33 % (3:1), conseillées il y a encore quelques années, se sont révélées trop sensibles à l'érosion contrairement à des pentes de 10 % (10:1) voire 6,5 % (15:1). Pour réaliser certains types de marais ou de prairies humides, des pentes de 1 à 2 % (100:1 à 50:1) correspondant à des surfaces sub-horizontales assurant un léger drainage sans risquer d'assèchement des sols sont possibles ;
- les berges réalisées avec une forme concave se révèlent plus efficaces et plus résistantes à l'érosion ;
- le profilage de la berge recherchera au maximum les irrégularités afin de diversifier des conditions de milieu et prendre en compte le risque d'erreur de calage de hauteur finale des berges ;
- la réalisation de dépressions en eau permanente ou même semi permanente qui contribuent à l'accueil des amphibiens...

L'aménagement de la zone humide est réalisé sur des matériaux stériles si le remblai est constitué de déchets inertes. Outre la mise en place d'une pente douce, de l'ordre de 2 à 3° (1 m de dénivelé sur une longueur de 25 m) dans la zone de marnage, les opérations de terrassement ont pour objectif de créer des variations topographiques de l'ordre de 50 cm à 1 m de manière à augmenter les variations d'humidité des terrains.



Sur la zone toujours exondée située en bordure du plan d'eau, l'aménagement de dépressions permet de constituer des mares temporaires, éventuellement permanentes, qui restent déconnectées du plan d'eau et à l'abri des poissons qui coloniseront probablement ce dernier.

Principe d'aménagement d'un plan d'eau final - berge en pente douce de 2 à 3° - source : Gestion et aménagement écologiques des carrières de roches massives (UNICEM - 2011)

2-3 Fronts de taille

2-3-1 Falaises rocheuses

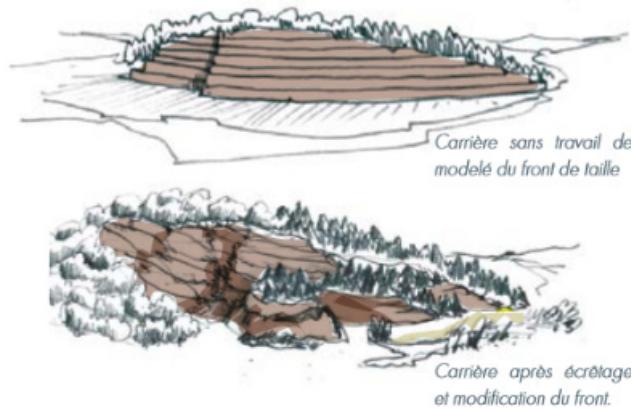
En Normandie, les parois rocheuses sont des habitats naturels rares en plaine. Dans de nombreux territoires, ces habitats ne sont présents qu'en contexte d'exploitation de roches massives. Ils peuvent offrir un potentiel pour certaines espèces de bryophytes et de lichens. Ils constituent parfois les seuls milieux de reproduction pour les oiseaux rupestres et cavernicoles.

Les oiseaux rupestres, d'ordinaire inféodés aux falaises, y trouvent des milieux de substitution pour se reproduire, notamment en région de plaine. Il s'agit principalement du Faucon pèlerin, du Grand-Duc d'Europe, du Grand Corbeau... De manière générale, la hauteur des fronts conditionne leur présence. Pour l'accueil de certaines espèces comme le Faucon pèlerin, un front de grande hauteur (au moins 30 m ,soit d'un seul tenant, soit en surplomb de fronts inférieurs) est souvent nécessaire.

Les oiseaux cavernicoles exploitent les anfractuosités des fronts de taille en période de reproduction, sans être strictement inféodés à des milieux rocheux. Ils sont notamment susceptibles de nicher dans des bâtiments ou des cavités arboricoles (Faucon crécerelle, Choucas des tours, Rougequeue noir, Pigeon colombin, Bergeronnette grise, Effraie des clochers, Chevêche d'Athena...).

Concernant d'autres groupes faunistiques, les fissures les plus profondes peuvent devenir des gîtes de reproduction ou plus rarement d'hibernation pour les chiroptères. Lorsqu'elles sont basses ou accessibles, les fissures peuvent également intéresser les reptiles.

En fonction de la configuration des fronts et dans le respect des obligations de mise en sécurité des fronts, il est recommandé de recréer des fronts de taille hétérogènes, de différentes expositions et d'humidité, avec présence de zones de rupture et de fracturation de la paroi (fissures, cavités, replats, surplombs...). A contrario, une uniformité des fronts avec absences d'aspérités ou en présence d'une activité humaine trop proche sont des éléments défavorables à la biodiversité.



Principe d'aménagement d'un front de taille - source : Gestion et aménagement écologiques des carrières de roches massives (UNICEM - 2011)

2-3-2 Falaises sableuses

Engendrées par l'exploitation, les falaises sableuses s'avèrent des milieux rares pouvant être colonisés principalement par les oiseaux nicheurs cavernicoles en général, l'Hirondelle de rivage en particulier.

Il est recommandé d'anticiper l'éventuelle installation d'espèces inféodées à ces milieux en mettant à disposition pendant et après exploitation des habitats.

En cas de présence par exemple d'une espèce protégée comme l'Hirondelle de rivage qui n'aurait pas été anticipée, une modification des remises en état du site initialement prévu devient indispensable pour éviter toute atteinte.

En fin d'exploitation, pour optimiser la qualité des habitats laissés à disposition, il est recommandé le maintien d'une falaise large avec les caractéristiques suivantes :

- une hauteur du front d'un minimum de 3 à 4 mètres ;
- le matériau doit être en même temps meuble (afin que les oiseaux puissent creuser leurs loges) et solide (afin que le mur ne s'effondre pas et ne bloque les galeries) ;
Pour des raisons de tranquillité, le haut du mur ne doit pas être accessible et une zone tampon de 1 à quelques mètres est souhaitable ;
- les parois doivent être récentes (par érosion naturelle ou rafraîchissement artificiel) et suffisamment lisses, le plus souvent verticales ;
- dans la mesure du possible, une orientation de la paroi à l'est est à privilégier ;
- la falaise doit être située à l'écart de l'activité de la carrière afin de garantir une tranquillité suffisante aux oiseaux lors de la reproduction et notamment du nourrissage des jeunes.

2-4 Éboulis et dépôts de bloc rocheux

Les éboulis correspondent à des zones d'accumulation, en pied de front de taille, de matériaux minéraux de granulométrie variable. Ils peuvent être d'origine artificielle liée aux méthodes d'extraction ou peuvent se former naturellement sur des zones où la roche friable s'érode.

On distingue deux grands types d'éboulis en carrières de roches massives :

- des éboulis stables et inactifs auxquels peuvent être associés les divers dépôts de blocs rocheux (granulométrie supérieure à 10 cm) que l'on rencontre en différents endroits de la carrière (remblais, merlon de protection, stocks...) ainsi que les talus rocaillieux aménagés dans la masse du gisement (bordure de piste par exemple) ;
- des éboulis actifs qui évoluent dans le temps par accumulation plus ou moins régulière de matériaux, et qui s'apparentent alors à des éboulis naturels à caractère instable.

Ce sont des milieux rares en plaine, que l'on ne trouve quasiment que dans les carrières de roches massives. Ils peuvent avoir un fort intérêt écologique. Les éboulis abritent 32 % de la flore observée sur les carrières de roches massives, dont 11 % de la flore déterminante ZNIEFF (Encem, 2010). Ce sont des zones de reproduction et de refuge pour de nombreuses espèces liées aux milieux rocheux et aux micro-cavités souterraines du fait de conditions d'humidité et de température stables en profondeur. Il n'est pas rare d'y retrouver des reptiles, des amphibiens (plus particulièrement l'Alyte accoucheur et le Pélodyte ponctué), certains oiseaux comme la Bergeronnette grise ou le Rougequeue noir ou des petits mammifères tels que rongeurs, mustélidés, Hérisson... Enfin, ils représentent des corridors écologiques entre deux paliers ou entre un plan d'eau et une banquette...

Il est recommandé de maintenir une variabilité des expositions, de hauteurs, de superficies, de diversité de granulométrie sont autant d'éléments favorables à l'expression de la biodiversité. A contrario, de faibles surfaces d'éboulis ne permettant pas l'expression d'une flore caractéristique ainsi que l'apport de substrat organique ou de matériaux fins qui participent au colmatage des cavités et au développement d'une végétation dense, représentent des facteurs défavorables.

2-5 Dépôts et zones de matériaux fins

Il s'agit de dépôts dont la granulométrie est égale ou inférieure à celle des sables (moins de 2 mm), et qui font l'objet d'une utilisation « extensive » sur la carrière, ce qui les distingue des stocks de granulats destinés à la commercialisation et régulièrement remaniés. Ce sont souvent les seuls milieux de la carrière (et parfois de la région naturelle) qui puissent être colonisés par des espèces animales vivant et/ou se reproduisant dans des galeries (insectes fouisseurs, Hirondelles de rivage, Crapaud calamite, Lapin de Garenne...).

Le maintien de ce type d'habitat peut se révéler nécessaire selon la présence d'espèce à fort enjeu. Dans ce cas, il est recommandé que ces dépôts soient constitués sur des expositions et des pentes variées et avec une certaine hauteur (>2 ou 3 m).

2-6 Bassins

2-6-1 Bassins d'exhaure

Pour les carrières de roches massives, un bassin de fond de fosse est généralement constitué afin de récupérer les eaux souterraines et pluviales en fond de carrière (eaux d'exhaure). En cours d'exploitation, l'eau y est pompée de façon régulière, ce qui conduit à une certaine stabilité du niveau d'eau. Leur profondeur n'excède pas quelques mètres. Ces bassins sont déplacés au fur et à mesure de l'approfondissement de la fosse. Habitats proches des mares, on y retrouve les mêmes espèces.

Il est important qu'un bassin soit systématiquement à disposition des amphibiens en période de reproduction. Des bassins de faible profondeur (< 2 m) avec des berges à pentes douces sont à privilégier.

La mise en place de bassins permanents est un aménagement réalisable (cf. réglementairement nécessaire) lors de la remise en état d'une carrière de roches massives.

2-6-2 Bassins de décantation

Les bassins de décantation servent au traitement des eaux chargées en éléments fins (argiles et limons). Ils permettent, par simple gravitation ou traitement via un floculant, de réduire le taux de matières en suspension. Les bassins sont creusés dans le terrain naturel ou aménagés avec des digues. Ce sont des milieux pauvres en espèces animales et végétales.

En cours d'exploitation, ces bassins sont essentiellement occupés par des habitats minéraux, sauf au niveau des berges, généralement abruptes, qui sont colonisées par une végétation amphibiaie éparsse. Les bassins de décantation semblent être les milieux aquatiques les moins attractifs des carrières pour les amphibiens et les odonates (ENCEM, 2010).

Ce sont les seuls milieux aquatiques au substrat meuble de la carrière capable d'abriter une roselière sur des surfaces conséquentes lorsque les bassins sont presque atterriss. En présence d'eau, ils peuvent accueillir une avifaune hivernante. Les oiseaux nicheurs sont des espèces plutôt ubiquistes (Foulque macroule, Grèbe castagneux...), mais on peut y trouver quelques espèces inféodées aux roselières (Rousserolle effarvatte, exceptionnellement Gorge Bleue à miroir...).

Sous réserve de disposer d'un volume de matériaux suffisant quantitativement et qualitativement, il est recommandé d'augmenter fortement les potentialités d'accueil d'un bassin de décantation en fin d'exploitation en talutant au moins une de ses berges avec une pente douce, en particulier dans la zone de marnage du bassin où une pente d'environ 5° permettra la création de petites ceintures de végétation.

2-7 Végétalisation

La végétalisation est le processus par lequel on passe d'un sol nu à un couvert végétal. Qu'elle soit le fait d'une colonisation spontanée ou le fait d'interventions dirigées, elle est un aspect fondamental qui concerne tous les types de carrière.

Laisser faire la nature consiste en général à préparer le sol. Ensuite, des espèces annuelles vont d'abord s'installer, supplantées par des espèces vivaces pionnières, puis des espèces vivaces de stades intermédiaires, et la végétation évoluera spontanément vers un équilibre naturel. Dans les faits, ce n'est toujours pas aussi simple :

- la diversité en espèces végétales dépend en grande partie de la présence de stocks de graines à proximité. Il n'y a pas systématiquement dans l'environnement proche des milieux correspondant aux milieux visés par la remise en état ;
- les sols laissés à une colonisation naturelle sont souvent l'objet de la colonisation par une ou des espèces envahissantes.

La végétalisation dirigée possède certains avantages :

- la colonisation spontanée est assez lente alors que, pour certains milieux comme les berges sensibles à l'érosion, la stabilisation est essentielle et demande une végétalisation rapide ;
- introduire des végétaux permet d'orienter et/ou d'accélérer la dynamique végétale naturelle ;
- la création de différents types d'écrans végétaux est souvent souhaitable (brise-vent, « anti-bruit », contrôle de la fréquentation...) ;
- il peut y avoir sur quelques parties du site, une nécessité de reverdir rapidement pour des raisons d'aspect extérieur (parties visibles de nombreuses personnes, longeant une route par exemple...).

mais aussi des inconvénients :

- il y a un risque non négligeable d'introduire des espèces envahissantes ;
- il y a un risque de pollution génétique par des variétés génétiques inadéquates ;
- la volonté de réussir les introductions amène souvent à utiliser des terres végétales trop riches voire à fertiliser et désherber, ce qui va à l'encontre de la préservation de la biodiversité ;
- la végétalisation coûte cher et les résultats ne sont pas toujours garantis ;
- dans certains cas, la végétalisation peut bloquer la dynamique végétale spontanée ou la retarder (la plantation par exemple de conifères empêche souvent le développement des feuillus ou bien, les graminées d'un gazon ralentissent le développement d'espèces naturelles des pelouses ou des prairies...).

Il est recommandé de privilégier des espèces locales (qui accueille d'une manière générale beaucoup plus d'insectes et offrent une ressource alimentaire pour de nombreuses autres espèces) et les mélanges d'espèces à des blocs monospécifiques. L'introduction d'espèces locales peut se faire de différentes manières :

- récolte à partir de zones naturelles situées à proximité (récolte de graines, utilisation des produits de la fauche, transplantation d'individus, apport de litière, de produits de curage des fossés ou des mares...) ;
- mise en culture et multiplication des semences chez un producteur professionnel à partir d'un lot récolté dans la nature ;
- contrat de culture avec un pépiniériste capable de fournir des essences locales issues de plants locaux.

Dans le cas de remise en état à vocation écologique, il est recommandé la mise en œuvre des pratiques suivantes :

- préférer des densités faibles à moyennes afin d'éviter une trop forte concurrence et permettre aux espèces naturelles de coloniser spontanément le milieu. A titre d'exemple, les densités de plantation pour des boisements à vocation écologique doivent être plus faibles que ceux conseillés pour la sylviculture ;

- l'apport d'engrais est inutile sur un site à vocation écologique où la productivité n'est pas le but recherché ;
- éviter les espèces connues pour leurs tendances à être envahissantes (ex. : robiniers) ;
- distinguer les végétaux destinés à la colonisation initiale et les végétaux souhaités à long terme ;
- grouper les espèces de même taille et de même taux de croissance pour limiter la compétition ;
- pour la plantation de haies, privilégier les plantations d'essences variées, multi strates (herbacée, arbustive basse, arbustive haute, arbres à hauts jets), sur talus et en connexion avec des haies éventuellement déjà présentes. L'achat de semis/godet de plantes avec le label végétal local est privilégié. Dans ce cas, l'anticipation du projet de plantation en amont (3 à 5 ans) est nécessaire afin que les professionnels de l'horticulture puissent répondre à la demande.

Les guides du conservatoire botanique national⁵ constituent une ressource qui pourra utilement être mobilisée.

⁵ <https://www.cbnbl.org/guides-vegetalisation-damenagements>

2-8 Cavités et galeries souterraines

Pour les exploitations en galeries souterraines ou possédant d'anciens secteurs exploités en souterrains, le maintien de ces habitats et de leur(s) accès est nécessaire au regard des enjeux chiroptères. En effet, plusieurs espèces de chauves-souris utilisent les milieux souterrains pour réaliser une partie de leur cycle de vie. Elles y trouvent des conditions favorables de température et d'hygrométrie pour réaliser leur phase d'hibernation.

Il est recommandé d'identifier les capacités d'accueil des galeries et cavités souterraines avant de réaliser des interventions de sécurisation ou d'aménagements des accès.



Grand rhinolophe (*Rhinolophus ferrumequinum*) - Valérie Guyot