



SYNTHÈSE
Retour d'expérience
des aménagements
et des suivis faunistiques
sur le réseau
VINCI Autoroutes

REMERCIEMENTS

VINCI Autoroutes tient à remercier l'ensemble de ses partenaires impliqués dont le travail a permis la réalisation du présent retour d'expérience qui s'appuie sur les données de suivi collectées par 17 structures différentes :

- LPO France (Sylvain FAGART, Philippe JOURDE, Gwenael QUANTENNE, Thierry MICOL);
- Fédération Départementale des Chasseurs de Charente-Maritime (David MARC, François RODRIGUEZ);
- LPO Drôme (Sébastien BLACHE, Alexandre MOVIA, Stéphane VINCENT);
- Fédération Départementale des Chasseurs de la Drôme (Jérôme GUILLOUD, Christophe MATHEZ);
- Fédération de la Drôme pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (Yann MONNIER);
- FRAPNA Loire (Mélanie HIGOA, André ULMER);
- Fédération Départementale des Chasseurs de la Loire (Pierre BARRELLON, Franck VITAL);
- FRAPNA Rhône (Julien BOUNIOL);
- Fédération Départementale des Chasseurs du Rhône (François BRIDE);
- Cistude Nature (Christophe COÏC, Thomas RUYS);
- Naturalia Environnement (Benjamin ALLEGRINI, Baptiste DOLIDON, Eric DURAND);
- Les écologistes de l'Euzière (Damien IVANEZ, Clément LEMARCHAND, Jean-Paul SALASSE);
- Les agents d'environnement de Cofiroute (Fanny BERNARD-GUERASSIMOFF, Didier ELIE, Sylvain JOURSAND, Patrick MENAR, Florence PERRON);
- Nature Midi-Pyrénées (Emmanuelle JACQUOT, Aurélie NARS);
- Biotope (Thomas MENUT);
- Le CEN PACA (Antoine CATARD, Muriel GERVAIS);
- L'ONCFS Rhône-Alpes/PACA/Corse (Jean-Charles GAUDIN, Jean-Pierre SERRES).



Rédacteurs :

Sylvain Fagart¹,
Gwenael Quantenne¹,
Cédric Heurtebise²,
Philippe Chavaren².

avec la participation de :

Michel Galet⁴,
Jean-Luc Dumas⁵,
Thierry Micol¹,
Éric Guinard³,
Géraldine Audié-Liébert³.

Photo de couverture : © Emmanuel Rondeau.

¹ LPO France,

² VINCI Autoroutes réseau ASF,

³ CEREMA,

⁴ VINCI Autoroutes réseau Cofiroute,

⁵ VINCI Autoroutes réseau Escota.



AVERTISSEMENT

Ce document de synthèse renvoie au rapport détaillé « Restauration de continuités écologiques sur autoroutes. Retour d'expérience des aménagements et des suivis faunistiques sur le réseau VINCI Autoroutes ».

Il n'a pas pour prétention de définir une quelconque démarche, mais de partager le retour d'expérience d'un acteur et de ses partenaires. En cela, il n'a pas valeur de guide tel que ceux du Cerema ou les publications institutionnelles.

Il a été rédigé à partir de suivis menés entre le 18 février 2011 et le 29 avril 2015. Les techniques de suivi étant en perpétuelle évolution, son contenu sera susceptible d'être réactualisé à l'avenir.

**: les astérisques renvoient à la définition du mot associé, dans le glossaire en fin du document.*



Loutre d'Europe et ses 3 loutrons dans un écoduc de 120 cm. (© LPO France, VINCI Autoroutes).

“
Faire progresser
la connaissance
en écologie routière.
”

En l'espace de 40 ans, les savoirs écologiques et les enjeux liés à l'écologie routière ont beaucoup progressé. Les passages pour la faune sauvage s'enrichissent d'expériences nouvelles et tracent leurs chemins au fil des nouvelles autoroutes.

Pour autant, les retours d'expérience s'appuyant sur des suivis de longues durées sont exceptionnels. C'est l'un des paradoxes de l'écologie routière : des sommes importantes sont investies dans les ouvrages de défragmentation sans que soit évaluée précisément leur efficacité. Depuis le projet d'une autoroute jusqu'à son exploitation, l'évaluation des passages pour la faune reste le maillon faible à renforcer, pour faire mieux, avec des moyens optimisés.

La reconquête de la Trame Verte et Bleue concerne désormais les projets neufs (conservation des corridors) et le réseau autoroutier ancien (effacement des ruptures). L'originalité de cet ouvrage (un rapport et une synthèse) est un retour d'expérience sur une autoroute de dernière génération (A89) et sur la remise à niveau des transparences écologiques réalisées sur le plus important réseau autoroutier français, dans le cadre d'une procédure adaptée : le Paquet Vert Autoroutier (PVA), dont le volet « Biodiversité » s'attache à rétablir les ruptures écologiques générées par les autoroutes en service.

L'initiative de VINCI Autoroutes est doublement remarquable :

- c'est la première fois qu'un retour d'expérience s'intéresse à la requalification d'infrastructures existantes. L'évaluation concerne un nombre impressionnant d'aménagements favorables à la diversité faunistique, construits dans des situations complexes, en milieux terrestres ou aquatiques. VINCI Autoroutes explore de nouvelles techniques, évalue, tire des enseignements, réajuste... L'opérateur autoroutier met en œuvre une écologie réparatrice associant une composante scientifique et opérationnelle ;
- cet ouvrage inédit consacre l'essentiel de son volume à l'évaluation des aménagements faunistiques mis en œuvre sur l'A89 et dans le PVA*. C'est suffisamment rare pour être souligné : la littérature grise* et plus encore la littérature scientifique, s'investissent peu dans l'évaluation des performances des aménagements.

L'ouvrage réunit et confronte des expériences très variées. Un nombre important de rétablissements faunistiques est évalué grâce à des techniques classiques et d'avant-garde telles que la caméra thermique et le piège à vibration. Elles sont organisées dans des conditions de pression d'observation inédites, selon une grande diversité de méthodes de suivi appliquées à différents taxons* ou groupes taxonomiques, et durant des périodes d'observation hors du commun. Les suivis considèrent des ouvrages neufs (écopont, écoduc, passe à poissons) ou des requalifications d'ouvrages existants (banquette ou encorbellement dans des ouvrages hydrauliques). Les auteurs distinguent les suivis sur le long terme et les suivis ponctuels. Ils suggèrent une normalisation des

suivis, réhabilitent les pièges à traces, trop vite écartés au profit des pièges photographiques, dont ils dressent les avantages et les limites.

Le retour d'expérience interroge certaines pratiques du génie écologique fondées sur des observations fragiles. Il confirme l'utilisation des écoponts comme habitats et corridors pour les micromammifères, ainsi que le rôle bénéfique des andains. La fréquentation régulière des buses par les chiroptères est confirmée. Leur utilisation est mise en relation avec leur taille, leur accessibilité, leur position par rapport aux corridors interrompus. Chaque type d'ouvrage offre des caractéristiques adaptées préférentiellement à certaines espèces. Les taxons* peu exigeants utilisent une large gamme de passages, d'autres sont plus sélectifs. La possibilité de concurrence interspécifique est évoquée.

Ce retour d'expérience contribue à faire progresser la connaissance en écologie routière et à relativiser certaines recommandations. Nous pouvons en tirer beaucoup d'enseignements pratiques sur l'efficacité des aménagements, le comportement de la faune, les outils et méthodes de suivi, sans oublier les lacunes à combler.

Au-delà des résultats bruts et de leurs analyses, les auteurs écologues et aménageurs de métier, activement impliqués dans la réalisation des passages pour la faune, ont su mobiliser et valoriser une somme exceptionnelle d'observations, jamais réunies à un tel niveau en France. Restaurer des connexions sur des infrastructures anciennes marquées par leur histoire et soumises à de fortes contraintes requiert de la rigueur, de la volonté, de la patience et des capacités d'innovations. L'écologie réparatrice s'apparente ici à un art qui s'appuie sur un corpus scientifique, une rigueur qui implique des disciplines diverses et mobilise un grand nombre d'acteurs.

Ce travail, résultat de six années de conception-réalisation-évaluation, fournit des recommandations précieuses sur des projets neufs ou de requalifications. Il réunit et confronte des expériences très variées, suggère des améliorations, propose des recommandations pratiques, des conseils d'utilisation des techniques et des protocoles d'évaluation. La qualité de cette publication en fait un ouvrage de référence en écologie routière.

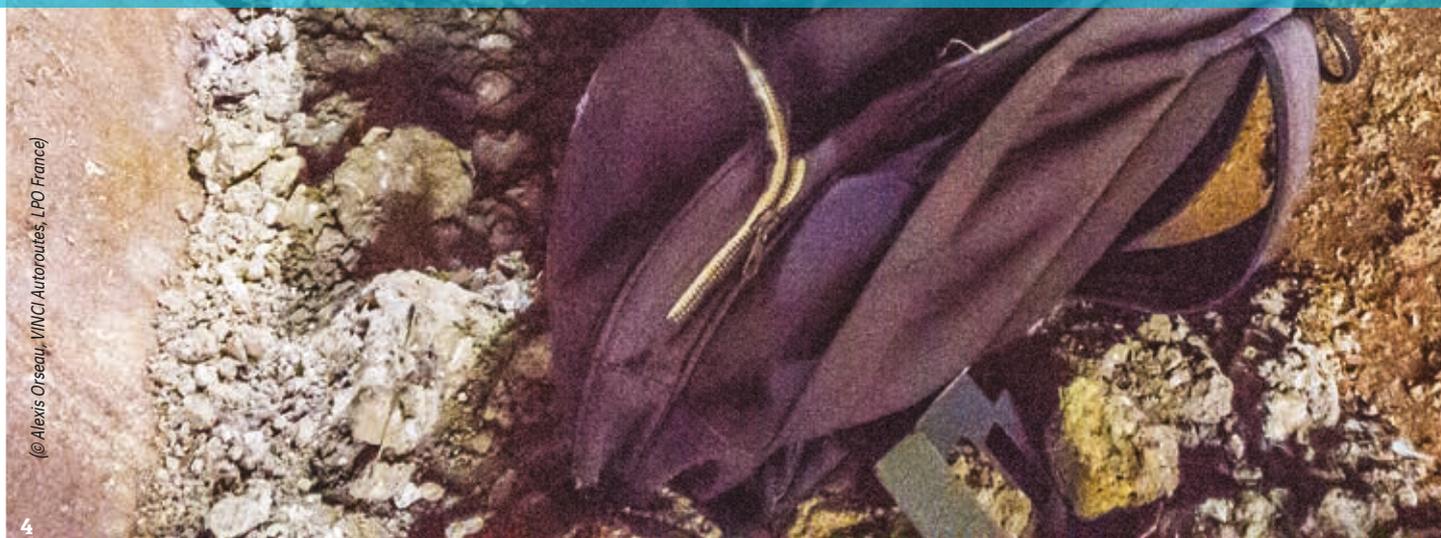
Jean Carsignol,
Expert écologie routière,
Directeur d'études au Cerema



“ Un ouvrage de référence
en écologie routière.

Jean Carsignol.

”



CONTEXTE & HISTORIQUE	6
CONTEXTE	6
HISTORIQUE DES SUIVIS FAUNISTIQUES SUR LES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT	7
MÉTHODOLOGIE POUR LE CHOIX DES SITES ET DES AMÉNAGEMENTS	8
DÉFINITION DES ENJEUX ET PRIORISATION	8
ADAPTER LES OUVRAGES AUX ENJEUX	9
RÉALISATION & SUIVIS DES OUVRAGES	12
DIMENSIONNEMENT ET PRINCIPES DE CONSTRUCTION DES OUVRAGES	12
CHOIX DU DISPOSITIF DE SUIVI	16
RÉSULTATS DES SUIVIS ET ENSEIGNEMENTS	18
SYNTHÈSE DES PROTOCOLES DE SUIVI EN FONCTION DES GROUPES D'ESPÈCES	27
FICHE TECHNIQUE 1 SUIVI GÉNÉRALISTE DES MAMMIFÈRES PAR PIÈGES-PHOTO	28
FICHE TECHNIQUE 2 SUIVI DES MICROMAMMIFÈRES	30
FICHE TECHNIQUE 3 SUIVI DE L'HERPÉTOFAUNE (AMPHIBIENS ET REPTILES)	31
FICHE TECHNIQUE 4 SUIVI DES CHIROPTÈRES	32
ANNEXES	33
FICHE MÉTHODOLOGIQUE 1 ÉCODUC	34
FICHE MÉTHODOLOGIQUE 2 ÉCOPONT	40
FICHE MÉTHODOLOGIQUE 3 BANQUETTE/ENCORBELLEMENT	48
GLOSSAIRE	55
DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE	56

“
Au total, 81 ouvrages
ont fait l’objet de
suivis faunistiques.
”

CONTEXTE & HISTORIQUE

Contexte

Depuis les années 1960, la France a développé ses infrastructures de transport terrestre de façon considérable. L’impact de ce développement sur la biodiversité s’est ainsi accompagné d’outils en faveur de la biodiversité (Trame Verte et Bleue, Grenelle de l’environnement, Plan National d’Action) et d’exigences environnementales accrues.

L’autoroute en tant qu’infrastructure linéaire particulièrement « lisible » sur le territoire cristallise les problématiques de fragmentation. En matière de requalification, cette lisibilité forte dans le paysage en fait un bon point de départ pour agir sur la restauration des continuités écologiques. De fait, l’aménageur autoroutier tel VINCI Autoroutes dispose d’un effet de levier à l’échelle du territoire pour « déverrouiller » certains effets barrières clairement identifiables par les acteurs impliqués. Ainsi, certains des ouvrages présentés dans ce retour d’expérience s’inscrivaient directement dans les Plans d’Actions des Schémas Régionaux de Cohérence Écologique (SRCE*) et ont pu donner lieu à des démarches synergiques multi-acteurs.

De par son activité d’aménageur/exploitant s’inscrivant sur le long terme, le concessionnaire peut étudier en amont, réaliser un ouvrage et le suivre dans la durée. Cette caractéristique apparaît d’autant plus prégnante pour la mise en œuvre de suivis écologiques rigoureux sur des pas de temps parfois importants.

Ce retour d’expérience s’appuie sur deux démarches complémentaires, le Paquet Vert Autoroutier et le chantier de l’A89 :

- le PVA* est un plan de relance de l’économie engagé avec l’État entre 2010 et 2013. Des investissements importants ont porté sur différents volets environnementaux : réduction des nuisances sonores, protection de la ressource en eau et préservation de la biodiversité. Il s’agissait d’une démarche de modernisation par la requalification environnementale d’infra-structures autoroutières existantes. 38 aménagements de reconnexion écologique répartis dans 13 départements et 12 autoroutes différentes en service ont ainsi été réalisés dans ce cadre ;
- la construction de la dernière section de l’A89 entre Balbigny (Loire) et la Tour de Salvagny (Rhône), entre 2008 et 2013, a permis d’achever la liaison autoroutière entre Bordeaux et Lyon. Elle répond aux exigences environnementales récentes avec notamment la réalisation de 55 ouvrages de reconnexion écologique.

Au total, 81 ouvrages (66 des 93 aménagements précédemment cités, auxquels s’ajoutent 15 ouvrages non dédiés à la faune) ont fait l’objet de suivis faunistiques dans le but d’évaluer leur utilisation par la faune sauvage.

* voir Glossaire, page 55



Photos n°1 : **Piège-photo argentique utilisé dans les années 1990.** (© VINCI Autoroutes, OGE)



Photos n°2 : **Piège-photo compact et performant utilisé depuis 2011.** (© VINCI Autoroutes, LPO France)

Ces suivis réalisés par 17 structures locales différentes (associations, bureaux d'études, etc.) représentent un lot de données sans équivalent dans le domaine des suivis faunistiques autoroutiers en France (environ 25 000 données de passage collectées par piège photographique sur un cumul de plus de 1 280 mois de suivis). Ceci a ainsi fait naître la volonté de mutualiser l'ensemble des enseignements acquis afin de contribuer à l'amélioration des connaissances dans un domaine encore très lacunaire.

Historique des suivis faunistiques sur les infrastructures de transport

Depuis plus de 40 ans, des suivis faunistiques sont menés afin d'évaluer la fréquentation des différents types d'aménagements pour les différents groupes d'espèces. Aujourd'hui, les suivis d'ouvrages de franchissement pour la faune font partie intégrante des études d'impact (art. R. 122-5 alinéa 7 du décret n°2011-2019 du 29 décembre 2011 portant réforme des études d'impact)

et de certains objectifs clairement mentionnés dans les Plans d'Actions des Schémas Régionaux de Cohérence Écologique.

Si les premiers suivis s'intéressaient principalement aux espèces gibiers, les questions de fragmentation des habitats et de subdivision des populations se posent également aujourd'hui pour d'autres groupes taxinomiques comme les micromammifères, les insectes, les batraciens, les reptiles ou les chiroptères.

Actuellement, les suivis d'ouvrages autoroutiers sont en général réalisés à l'aide d'outils d'inventaire adaptés à chaque taxon*, en adoptant un protocole permettant de mettre en évidence le franchissement ou non des ouvrages par la faune. Ces dix dernières années, d'importants progrès technologiques en matière de matériels de suivis ont permis de généraliser l'emploi d'outils relativement performants comme les pièges photographiques ou les enregistreurs ultrasonores. Ceux-ci permettent de collecter de façon efficace et autonome des données toujours plus précises et sur des périodes de suivi plus importantes.



MÉTHODOLOGIE POUR LE CHOIX DES SITES ET DES AMÉNAGEMENTS

Définition des enjeux et priorisation

Le retour d'expérience présente ici le mode opératoire retenu pour la définition des sites d'intervention. Il rappelle la nécessité de concertation, de recherche de cohérence avec les autres documents de planification et l'intérêt d'une analyse multicritères pour des projets de territoire utiles et partagés.

IDENTIFIER LES BESOINS

Plusieurs étapes paraissent indispensables à la détermination des enjeux en vue d'identifier les besoins :

- une analyse spatiale à large échelle (nationale/ régionale) basée sur l'écologie du paysage et intégrant l'ensemble des données cartographiques disponibles (cartographie SRCE, base de données CARMEN*, etc.);
- une expertise écologique de terrain sur un pas de temps suffisamment long pour les enjeux à l'échelle locale, notamment les espèces cibles:
 - expertiser les continuités structurelles (fonctionnelles / à restaurer) repérées préalablement par la cartographie et l'analyse éco-paysagère,
 - repérer les effets barrières et les effets cumulés,

- étudier l'utilisation actuelle des ouvrages traversant existants (ouvrages hydrauliques, ouvrages d'art routiers, passages mixtes ou dédiés).

À partir de là, une première hiérarchisation des sites à traiter dans des secteurs à enjeux dépourvus d'ouvrage utilisable peut être établie sur la base de critères écologiques. Sur les sites identifiés comme « à traiter », les expertises écologiques s'attacheront également à établir un état initial indispensable pour la programmation de l'éventuel chantier (besoin réglementaire, prise en compte environnementale du chantier). Elles permettront également d'établir un état zéro nécessaire aux suivis post-aménagement.

À ce stade, la première hiérarchisation ne doit pas tenir compte des contraintes techniques pour ne pas biaiser l'analyse. Il convient de rechercher les sites à enjeux de restauration écologique, et non pas les sites où la réalisation d'aménagements est faisable.

S'assurer de la pérennité, de la faisabilité et de l'acceptabilité locale du projet. Plusieurs étapes s'avèrent là aussi indispensables avant les études de faisabilité :

- vérification de la pérennité du projet (au sens maintien du caractère naturel des habitats alentours), à travers notamment la consultation des documents de planification (SRCE, SCoT*, PLU/PLUi*, etc.);



Photo n°3 : **Perspective d'un écopont.** (© L'Annexe, VINCI Autoroutes)

- vérification des prérequis techniques (remblai suffisant pour un ouvrage inférieur, foncier disponible ou déblai pour un ouvrage supérieur, gabarit de l'ouvrage hydraulique pour un équipement, etc.) conduisant soit à la création (écopont, écoduc), soit à l'aménagement d'ouvrages existants (banquette, passe à poissons sur un seuil, etc.);
- concertation auprès des acteurs du territoire pour l'acceptabilité locale (agricole, forestière, cynégétique, halieutique, autres gestionnaires d'infrastructures proches, etc.), et pour éventuellement faire émerger des synergies (actions conjointes);
- compatibilité du coût de l'opération avec l'enveloppe disponible;
- compatibilité du calendrier de réalisation avec les délais.

La priorisation des projets découle d'une analyse multicritères croisant chacun des paramètres énoncés ci-dessus et permettant de retenir un projet via une somme de critères. Chaque projet sera ensuite étudié en matière de faisabilité technique.

Il est intéressant de noter qu'un des facteurs limitants (hors considération budgétaire) a été la présence d'effets barrières cumulés ayant conduit à exclure des projets impliquant plusieurs aménageurs et s'avérant incompatibles avec les échéances de réalisation.

Adapter les ouvrages aux enjeux

Selon les espèces, les différents types d'ouvrages (*Tableau n°1, page 10*) se révèlent plus ou moins fonctionnels. De façon générale, plus un ouvrage est de grandes dimensions et plus le nombre d'espèces pouvant l'emprunter est important. La grande faune comme le Cerf élaphe (*Cervus elaphus*) joue donc le rôle d'espèce « parapluie ». Cependant, à l'échelle populationnelle, pour des espèces plus petites, la multiplication d'ouvrages de petites à moyennes dimensions s'avérerait parfois plus appropriée qu'un seul ouvrage de grandes dimensions. Certains ouvrages sont également spécialisés et ciblent des espèces en particulier (même s'ils permettent le passage d'autres espèces) comme les passages à amphibiens ou les passages à pied sec pour mustélidés semi-aquatiques.

De nombreuses solutions existent, toutefois les contraintes budgétaires, techniques ou simplement une configuration insolite peuvent conduire à opter pour un ouvrage plus modeste, ou un type d'ouvrage par défaut voire expérimental. Le travail conjoint avec des partenaires sert alors utilement à prendre position avec pragmatisme (au vu des connaissances encore lacunaires) et à expérimenter certains ouvrages.

Tableau n°1 : Classement par type d'ouvrage selon la classification établie par le SETRA.
 (source : figures issues du guide technique du SETRA, 2005)

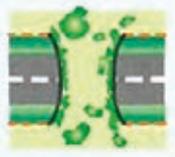
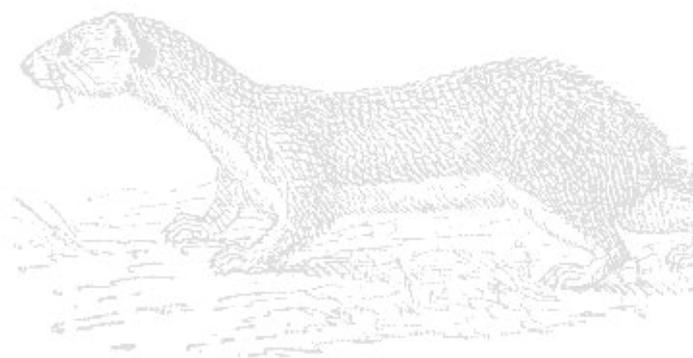
Figure descriptive	Description du type d'ouvrage
	Type I : Buse ou dalot.
	Type II : Passage à batraciens.
	Type III : Passage hydraulique mixte de petite dimension. a : OH de petite taille avec pied sec submersible. b : OH avec pied sec étroit. c : OH de taille moyenne avec pied sec supérieur à 1,5 m. d : OH de grande taille fonctionnel pour petite et grande faune. e : Conduit sec placé à proximité de l'OH.
	Type IV : Passage agricole ou forestier de petite dimension.
	Type V : Passage inférieur grande faune.
	Type VI : Écopont, pont vert, pont végétalisé.
	Type VII : Passage sous viaduc.
	Type VIII : Couloir écologique (tunnel).



Photo n°4 : **3 types d'aménagement rétablissant les continuités écologiques : écoduc, banquette et encorbellement (de gauche à droite).** (© VINCI Autoroutes, L'Annexe)

Dans cette synthèse, certains des suivis réalisés concernent des ouvrages d'art mixtes faune-route et des ouvrages non dédiés à la faune (ouvrage hydraulique, passages agricoles/forestiers) dont la configuration semble adaptée à son passage. Dans l'optique de comparer le plus pertinemment possible l'ensemble des données des suivis, certaines catégories de la classification SETRA ont été regroupées pour finalement donner 6 grandes catégories d'ouvrages :

- buses sèches (types I et IIIe), dénommées par la suite écoducs* ;
- ouvrages hydrauliques aménagés à l'aide de banquette* ou d'encorbellement* (types IIIa, b, c, d) ;
- écoponts* (type VI) ;
- passages inférieurs spécifiques grande faune (type V) ;
- ouvrages d'art aménagés pour la faune (mixte faune-route, types IV) ;
- passages non dédiés hydrauliques, agricoles, ou forestiers (correspondant aux dimensions des types I et IV).



* voir Glossaire, page 55

RÉALISATION & SUIVIS DES OUVRAGES



Dimensionnement et principes de construction des ouvrages

Le retour d'expérience présente, à travers des fiches méthodologiques (*cf. Annexes, page 33*) les principes de dimensionnement adoptés pour les différents types d'ouvrages suivants : écoponts*, écoducs*, encorbellements* et banquettes*. Pour le dimensionnement des aménagements piscicoles, il renvoie le lecteur à la note d'information du Sétra n°96 (petits ouvrages hydrauliques et continuités écologiques. Cas de la faune piscicole, 2013) ainsi qu'au guide de l'ONEMA* (Information sur la Continuité Écologique ICE, 2014).

Le choix des dispositions constructives sur autoroutes intègre obligatoirement une sécurité maximale, le strict respect des règles de l'art (Eurocodes*, etc.), la conformité avec le cahier des charges de la concession, et un objectif de durabilité à long terme excluant certaines solutions moins pérennes.

Il s'agit ici véritablement de génie écologique croisant génie civil et expertise écologique.

L'utilisation par la faune se trouve conditionnée à une multitude de « détails » : le traitement des accès pour la faune, le raccordement le plus étanche possible aux clôtures, la qualité de la pose du renfort petite maille, etc.

Outre les principes de dimensionnement, le retour d'expérience fait également état de l'évolution observée depuis la mise en fonctionnement des ouvrages. Pour une meilleure mise en œuvre du suivi post-aménagement (optimiser la capacité à collecter des données), il convient d'anticiper ce paramètre et de l'intégrer en phase conception dans le traitement de l'ouvrage (pose de supports pour la fixation des pièges photographiques par exemple).

TRAITEMENT ÉCOLOGIQUE DU TABLIER

Concernant **les écoponts**, le traitement du tablier est un point important pour la réussite du projet.

Il importe notamment de juxtaposer une multitude de petits milieux favorables aux franchissements de nombreux groupes biologiques.

Le poids des terres sur le tablier a été optimisé pour des raisons techniques (calcul des charges de terre à la masse volumique 20,0 kN/m³), mais également en matière de gestion du milieu. L'épaisseur de terre sur le tablier varie de 30 cm en partie centrale pour les herbacées à 90 cm sur les rives pour les bandes boisées. Cette disposition, outre le fait qu'elle limite le développement de la végétation ligneuse, est bénéfique pour le suivi, car elle permet de contenir, par le stress estival, le développement des herbacées susceptibles de parasiter la détection des pièges photographiques. L'ajout de sable ou de sable graveleux en bandes ou en mélange avec la terre peuvent compléter le dispositif pour maintenir des zones ouvertes et participer à la diversité des niches écologiques.



Photo n°5 : **Écopont en service, aménagé pour l'ensemble des groupes faunistiques (petite*, moyenne* et grande faune*).**
 (© Olya, VINCI Autoroutes)



Photos n°6 : **Écopont en phase chantier (à gauche), puis, trois années après sa mise en service (à droite).** (© VINCI Autoroutes)

DISPOSITIONS PARTICULIÈRES POUR LE SUIVI PHOTOGRAPHIQUE DES ÉCOPONTS

Le suivi de la grande faune par piège photographique infrarouge est limité par les portées du flash (lisibilité des clichés nocturnes) et du détecteur, celles-ci varient selon le modèle du piège-photo et la taille des animaux détectés. Jusqu'à 8 m de large, le passage de la grande faune peut être suivi par un seul appareil. De 8 à 15 m, deux pièges-photo en vis-à-vis et perpendiculaires à l'axe de l'écopont sont nécessaires. Au-delà, l'ajout d'appareils sur la partie centrale suppose de prévoir un système de fixation comme un bloc de pierre suffisamment gros. L'ajout d'une mare centrale reste techniquement possible et peut utilement contraindre les animaux à passer plus près des appareils.

La création d'un andain revient à ajouter un couloir de passage supplémentaire et suppose un piège-photo supplémentaire, notamment pour la petite faune.



Photo n°7 : Aménagement d'un écoduc (buse sèche avec revêtement terreux) aux abords d'un ouvrage hydraulique.
(© VINCI Autoroutes).

Les écoducs présentent des têtes maçonnées de manière à, d'une part, rentrer dans les remblais et contenir les terres (favorise la forme de guidage en entonnoir), et d'autre part offrir un raccordement optimal avec les clôtures renforcées avec des mailles petite faune. Les têtes se caractérisent également par un radier en béton recouvert d'au moins 15 cm de terre. Ce radier de forme trapézoïdale permet de limiter l'érosion et de contenir le développement de la végétation (seules les herbacées s'installent) devant l'ouvrage.

Le renfort de grillage métallique de mailles 6,5 x 6,5 mm et de 1 m de haut, communément utilisé pour les batraciens, est ici semi-enterré (30 cm). La pose de ce renfort est délicate, car une si petite maille empêche l'utilisation des pinces à agrafes et oblige à utiliser des ligatures. En raison du faible diamètre de son fil (0,7 mm), sa durée de vie peut être affectée par le développement de la végétation et d'autres facteurs (déchirures d'origines multiples, par exemple par les chevreuils mâles frottant leurs bois). L'utilisation d'un double renfort composé d'un grillage de 6,5 x 6,5 mm pris en sandwich entre la clôture autoroutière, et l'ajout d'un autre grillage de 25 x 13 mm ou de 25 x 25 mm (diamètre du fil 2 mm) pour la petite faune (hérissons, lapins, lièvres, renard, mustélidés...) peut apporter des facilités de pose et accroît notablement la durée de vie.

DISPOSITIONS PARTICULIÈRES POUR LE SUIVI PHOTOGRAPHIQUE DES ÉCODUCS

Le suivi de ce type d'ouvrage suppose la pose d'un piège photographique suffisamment accessible pour des relevés réguliers, et si possible à l'abri des intempéries et de la vue des promeneurs. La pose au sol entrave un passage souvent étroit (écoducs de diamètre compris entre 800 et 1 200 mm). La fixation d'une cornière en partie haute (maintien de 15cm de tirant d'air au-dessus) à 5m à l'intérieur de l'écoduc permet d'installer un boîtier orienté vers le côté le plus long (afin de mieux observer les traversées et demi-tours), boîtier qui se retrouvera dans une certaine mesure dissimulé.

Les **encorbellements** et **banquettes** sont tributaires de la capacité hydraulique des ouvrages. Seule une étude hydraulique permet de vérifier ce paramètre dimensionnant. Exclure cette étape préalable revient à hypothéquer fortement l'utilisation future par la faune (risque d'aménagement trop souvent inondé). Par ailleurs, si l'aménagement affecte trop défavorablement le gabarit de l'ouvrage (rehausse de la ligne de crues, non-respect des arrêtés de la Police de l'eau), les risques hydrauliques et réglementaires engagent la responsabilité de l'exploitant. L'établissement

de la règle hauteur d'eau/débit permet de visualiser les options de calage altimétrique de l'aménagement projeté. Un calage inférieur à Q3* paraît souvent faible avec une occurrence d'immersion de l'encorbellement/banquette non négligeable. Souvent les configurations autoroutières permettent d'envisager un calage entre Q3 et Q5 en veillant à conserver un tirant d'air de 80 cm au-dessus de l'aménagement.

Le choix entre un encorbellement ou une banquette (mono ou multi-marches) et la largeur (largeur mini 50 cm) ne peut être fait qu'à l'issue de l'étude hydraulique, étant considéré que l'encorbellement affecte moins la capacité hydraulique de l'ouvrage et les caractéristiques d'écoulement de l'eau (hauteur et vitesse).

La vérification du maintien de la capacité de franchissement piscicole fait partie intégrante de l'étude et constitue une obligation réglementaire (prescription générale de l'arrêté du 28 novembre 2007). Si l'effet d'une banquette est de rehausser la lame d'eau par un rétrécissement de la largeur de l'ouvrage, cela a aussi pour effet d'accroître la vitesse de l'eau au risque de devenir infranchissable pour le poisson.

Il convient de vérifier par le calcul que le tirant d'eau et la vitesse de l'eau, projetés dans une gamme de débit comprise entre $[QMNA_5^* - 2,5 \times \text{Module}]$ (correspond à environ 80 % du temps), sont compatibles avec les capacités de franchissement des espèces de poissons présentes dans le cours d'eau (cf. note n°96 du SETRA).

De nombreux projets de banquette initialement imaginés, se transforment en encorbellement, pour des raisons de gabarit hydraulique et/ou de franchissement piscicole. Dans d'autres cas, l'aménagement s'accompagne de l'ajout de barrettes, déflecteurs et autres, destinés aux poissons. Reste que l'encorbellement est souvent moins large qu'une banquette et que son raccordement aval et amont aux berges, point sensible qui conditionne l'efficacité de l'aménagement, est souvent plus délicat.

Ainsi, le raisonnement de la continuité des ouvrages hydrauliques doit être pensé pour les franchissements terrestres et aquatiques.



Photo n°8 : **Raccord de berge d'un encorbellement d'ouvrage hydraulique.** (© Freyssinet).



Photo n°9 : **Barrettes dans un ouvrage hydraulique aménagé avec un encorbellement.** (© Freyssinet).



Photo n°10 : **Banquette double marche à l'intérieur d'un ouvrage hydraulique.** (© VINCI Autoroutes).

DISPOSITIONS PARTICULIÈRES POUR LE SUIVI PHOTOGRAPHIQUE DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Les contraintes de suivi des ouvrages hydrauliques aménagés sont très variables (dimensions, largeur utile, matériaux des parois, accessibilité d'ouvrage en eau, etc.). Les suivis sont donc généralement traités au cas par cas. Comme pour les écoducs, il est préférable de positionner l'appareil à 5 m à l'intérieur de l'ouvrage, orienté vers le côté le plus long. Pour cela, divers supports (cornière, bras articulé) de fixation peuvent être envisagés pour suspendre le boîtier afin de ne pas entraver le passage de la faune sur une largeur utile souvent réduite (50 cm), et de garder ainsi un recul suffisant pour la détection des passages.



“
Le choix du dispositif
de suivi doit être étudié
avec attention.
”

Choix du dispositif de suivi

Le choix du dispositif de suivi doit être étudié avec attention en fonction des objectifs de suivi et des caractéristiques de l'ouvrage.

Dans un premier temps, le type d'information à collecter est orienté par l'objectif du suivi :

- **évaluation de la fréquentation d'un ouvrage :** nécessite la collecte d'un maximum de données de passage (nombre de passages et nombre d'espèces utilisant l'ouvrage);
- **évaluation du comportement de la faune face à l'ouvrage :** afin d'apprécier le comportement de la faune face à l'ouvrage, les dispositifs (piège-photo/vidéo) sont orientés sur l'élément à étudier (entrée d'ouvrage, clôtures);
- **évaluation de l'efficacité d'un ouvrage :** ce point n'est pas abordé ici, car il relève davantage du domaine de la recherche (étude des populations).

L'objectif du suivi peut être focalisé sur une espèce en particulier. Dans ce cas il convient de choisir le matériel pour lequel la détection de l'espèce est optimale.

Dans un second temps, les caractéristiques techniques de l'ouvrage à suivre orientent le choix du dispositif. Deux principaux critères permettent de cerner les contraintes liées au choix du dispositif :

- **largeur utile de l'ouvrage :** plus le passage d'un ouvrage est étroit, plus il sera facile à suivre. L'augmentation de sa largeur implique par exemple la multiplication du nombre de pièges photographiques, l'agrandissement du piège à traces, ou encore l'impossibilité de couvrir la largeur totale de l'ouvrage avec un piège à vibration;
- **passage inférieur ou supérieur :** le positionnement du matériel de suivi dans un ouvrage inférieur permet de s'affranchir de nombreux biais météorologiques (précipitations, vent, soleil, amplitude thermique importante, etc.). Au contraire,

sur un passage supérieur (à ciel ouvert), le piège à traces, le piège à vibration et dans une moindre mesure le piège photographique se révéleront tous trois moins voire très peu efficaces.

Il est important de choisir et définir précisément les méthodes et matériels de suivi avant le démarrage des évaluations pour chaque typologie d'ouvrages étudiés, en réalisant au préalable une classification des ouvrages en fonction de leur dimension, leur typologie et des espèces ou groupes d'espèces pour lesquelles ils ont été construits. Il s'agit ensuite de mettre en place les suivis de façon identique pour chaque classe d'ouvrages et chaque espèce ou groupe d'espèces ciblées, sans changer au cours de l'évaluation le protocole mis en place, et ce jusqu'à la fin de la période de suivi. Le strict respect de ces trois conditions permet des comparaisons statistiquement fiables et exploitables de plusieurs ouvrages sur une période de temps définie. Les résultats et conclusions issus des analyses statistiques en seront d'autant plus robustes et pertinents.

Le Tableau n°2, page 17, énumère les avantages et inconvénients rencontrés avec chaque méthode de suivi.

La saisie des données collectées est essentielle et demande souvent un temps conséquent. Elle est donc à optimiser dès le départ en fonction des objectifs du suivi. En plus des paramètres permettant de caractériser les ouvrages (dimensions, types d'aménagements, etc.) et les suivis (pression d'observation, type de matériel, etc.), chaque donnée doit être renseignée avec un minimum d'informations : date, heure, espèce, nombre d'individus, traversée, comportement, etc.

Il est impossible de prévoir précisément le temps de saisie, le nombre de passages étant très variable. Pour repère, la saisie (avec le minimum d'informations citées précédemment) de 400 à 500 passages de faune requiert environ 3 heures de travail (pour une personne familière à ce travail).

RÉALISATION & SUIVIS DES OUVRAGES

Tableau n°2 : Avantages et inconvénients des différentes méthodes de suivi utilisées.

	Avantages	Inconvénients
Piège-photo (en mode infrarouge)	<ul style="list-style-type: none"> • Autonomie importante • Données chronotées • Individualisation possible dans certains cas 	<ul style="list-style-type: none"> • Ne détecte pas les animaux à corps froid • Parfois intrusif pour la moyenne faune (renard, fouine, etc.)
Piège-photo (en mode déclenchement minute)	<ul style="list-style-type: none"> • Échantillonne de façon automatique • Déclenche également en infrarouge • Adapté aux déplacements lents des amphibiens 	<ul style="list-style-type: none"> • Autonomie réduite • Non adapté aux déplacements rapides • Nombre important de photos à contrôler
Piège à traces	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensions adaptables du piège • Peu intrusif 	<ul style="list-style-type: none"> • Lecture et interprétation variables (humidité, substrat) des traces (fréquentation sous-estimée) • Données non chronotées • Pas d'individualisation • Biais observateur • Passages réguliers (chronophage)
Piège à vibration	<ul style="list-style-type: none"> • Autonomie importante • Données chronotées • Individualisation possible dans certains cas • Détecte les animaux à corps froid • Biais de détection réduits • Déclenche également en infrarouge 	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensions limitées du tapis (~ 1 m²) • Intrusif pour la moyenne faune (Renard, Blaireau, etc.) • Dispositif peu adapté pour l'extérieur
Capture (Marquage Recapture)	<ul style="list-style-type: none"> • Identification voire individualisation • Interprétation des déplacements lors de recaptures 	<ul style="list-style-type: none"> • Très intrusif • Pas de données comportementales • Pression d'observation limitée dans le temps
Observation directe	<ul style="list-style-type: none"> • Données comportementales 	<ul style="list-style-type: none"> • Parfois intrusif • Biais observateur • Chronophage • Pression d'observation limitée dans le temps
Enregistreur ultrasonore (Chiroptères)	<ul style="list-style-type: none"> • Autonomie importante • Identification possible 	<ul style="list-style-type: none"> • Trajectoires de vols non connues avec un seul enregistreur
Caméra thermique (Chiroptères)	<ul style="list-style-type: none"> • Trajectoires de vols connues • Identification compliquée 	<ul style="list-style-type: none"> • Pression d'observation limitée dans le temps (nécessite un opérateur)
Trajectographie (Chiroptères)	<ul style="list-style-type: none"> • Trajectoires de vols connues • Identification possible 	<ul style="list-style-type: none"> • Matériel encore très peu utilisé

Résultats des suivis et enseignements



VOLUME DE DONNÉES IMPORTANT

Au total, 81 ouvrages autoroutiers ont été suivis. Ces suivis d'ouvrages concernent 66 aménagements spécifiques à la faune et 15 ouvrages non dédiés. La diversité des ouvrages suivis est détaillée dans le *Tableau n°3*.

Tableau n°3 : **Nombre et type d'ouvrages suivis pour l'A89 et le PVA***.

Type d'aménagements suivis	A89	PVA
Écoduc	12	23
OH aménagé (banquette, encoirbellement)	11	4
PIGF spécifique	4	1
Écopont (nouvel ouvrage ou ouvrage optimisé)	-	4
Passage mixte aménagé	-	3
Passe à poissons	-	1
Chiroduc	2	-
Gîtes à chiroptères (viaduc)	-	1
Ouvrage hydraulique non dédié	12	-
PI/PS mixte non dédié	3	-
Sous-total	44	37
Total	81	

Parmi ces 81 ouvrages, 76 d'entre eux, suivis par piège photographique, ont permis de collecter plus de 25 000 données de passages entre le 18/02/2011 et le 29/04/2015. Le volume important et inédit de cette base de données autorise le calcul de moyennes de passages par an, par ouvrage et par espèce. Certains de ces suivis, et ceux des 5 autres ouvrages ont été complétés et réalisés à l'aide d'outils spécifiques de suivi de la faune :

- piège à traces ;
- piège à encre ;
- capture-marquage-recapture de micromammifères ;

- système de collecte/guidage d'amphibiens ;
- développement et test de pièges à vibration (capteurs de pression) ;
- enregistreurs sm2 et anabat sd2, détecteurs ultrasonores ;
- capture de chiroptères avec filets ;
- prospection visuelle nocturne/diurne, (avifaune, entomofaune, plaques reptiles, etc.) ;
- pêche électrique ;
- caméra thermique.

SUIVI PAR PIÈGE PHOTOGRAPHIQUE

L'ensemble de ces suivis a été réalisé à l'aide de pièges photographiques à détection infrarouge, sauf le suivi d'un écoduc ayant fait l'objet d'un « protocole amphibien » avec un piège-photo déclenchant toutes les minutes (time-lapse).

Les 76 ouvrages suivis par piège photographique ont permis de détecter un minimum de 41 espèces différentes à l'intérieur des ouvrages (*Tableau n°4*). Ces 41 espèces représentent 29 espèces de mammifères (dont 7 espèces de micromammifères et au moins 1 espèce de chiroptère), 4 espèces d'amphibiens, 4 espèces de reptiles et 4 espèces d'oiseaux nidifuges*.



Photo n°11 : **Lièvre d'Europe entrant dans un écoduc de 120 cm de diamètre.** (© VINCI Autoroutes).

RÉALISATION & SUIVIS DES OUVRAGES

Tableau n°4 : Liste des espèces détectées (hors chiroptères) lors des suivis par piège photographique, et moyenne du nombre de passages détectés par espèces par an par ouvrage, selon le type d'ouvrage.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Moyenne du nb de passages détectés par an par ouvrage					
		Écoducs (n=35)	Ouvrages hydrauliques aménagés (n=14)	Écoponts (n=4)	PIGF spécifiques (n=4)	Ouvrages d'art aménagés (n=3)	Passages non dédiés (n=15)
PETITE, MOYENNE ET GRANDE FAUNES		299,4	157,9	608,2	210,1	132,7	176,9
Mammifères							
Belette d'Europe	<i>Mustela nivalis</i>	1,6	2,0	-	-	-	-
Blaireau européen	<i>Meles meles</i>	189,0	8,0	7,6	11,0	0,5	68,9
Cerf élaphe	<i>Cervus elaphus</i>	-	-	1 086,1	-	-	-
Chat sauvage	<i>Felis silvestris</i>	5,5	-	-	-	-	9,9
Chevreuil européen	<i>Capreolus capreolus</i>	0,8	-	104,0	69,6	-	12,3
Écureuil roux	<i>Sciurus vulgaris</i>	0,0	2,9	-	-	0,4	0,0
Fouine/martre	<i>Martes foina/martes</i>	36,6	107,3	4,3	6,2	21,9	41,3
Genette commune	<i>Genetta genetta</i>	36,8	19,8	-	-	0,7	-
Hérisson d'Europe	<i>Erinaceus europaeus</i>	10,8	2,2	1,0	11,7	63,9	10,4
Hermine	<i>Mustela erminea</i>	1,1	2,6	-	-	-	1,7
Lapin de garenne	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	31,8	-	2,0	-	36,1	-
Lapin/lièvre	<i>Leporidae sp</i>	18,4	-	-	-	-	-
Lièvre d'Europe	<i>Lepus europaeus</i>	12,3	-	47,2	124,7	0,5	36,3
Loup gris	<i>Canis lupus</i>	-	-	1,0	-	-	-
Loutre d'Europe	<i>Lutra lutra</i>	2,0	0,9	-	-	-	-
Mammifères ind.	<i>Mammalia sp</i>	1,8	-	-	-	-	-
Mustélidés ind.	<i>Mustelidae sp</i>	1,7	3,7	2,3	-	-	5,2
Putois d'Europe	<i>Mustela putorius</i>	5,6	35,7	0,3	-	1,3	-
Ragondin	<i>Myocastor coypus</i>	58,5	21,1	1,3	1,1	28,9	477,9
Rat musqué	<i>Ondatra zibethicus</i>	2,6	2,4	-	-	-	-
Rat noir	<i>Rattus rattus</i>	-	-	-	-	0,7	-
Rat surmulot	<i>Rattus norvegicus</i>	1,6	6,4	0,0	1,1	2,0	6,2
Raton laveur	<i>Procyon lotor</i>	-	0,5	-	-	-	-
Rats ind.	<i>Rattus sp</i>	3,8	4,3	-	-	1,1	0,0
Renard roux	<i>Vulpes vulpes</i>	50,5	50,2	48,1	22,8	3,8	6,7

RÉALISATION & SUIVIS DES OUVRAGES

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Moyenne du nb de passages détectés par an par ouvrage					
		Écoducs (n=35)	Ouvrages hydrauliques aménagés (n=14)	Écoponts (n=4)	PIGF spécifiques (n=4)	Ouvrages d'art aménagés (n=3)	Passages non dédiés (n=15)
Sanglier	<i>Sus scrofa</i>	5,5	-	149,5	3,9	0,2	3,0
Taupe d'Europe	<i>Talpa europaea</i>	0,4	-	-	-	-	-
Oiseaux marcheurs nidifuges*							
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>	14,4	11,1	-	-	-	147,0
Faisan de colchide	<i>Phasianus colchicus</i>	0,0	-	0,3	3,2	-	-
Perdrix rouge	<i>Alectoris rufa</i>	1,3	-	-	-	3,4	-
Râle d'eau	<i>Rallus aquaticus</i>	-	-	-	-	-	0,0
MICROMAMMIFÈRES, AMPHIBIENS & REPTILES		8,5	0,8	1,5	34,3	24,5	0,0
Micromammifères							
Campagnols ind.	<i>Arvicola sp</i>	2,4	-	-	-	-	-
Micromammifères ind.	<i>Micromammal sp</i>	3,4	0,4	0,3	34,3	12,4	0,0
Mulots/souris	<i>Muridae sp</i>	7,8	0,5	0,3	-	8,1	0,0
Muscardin/lérot	<i>Gliridae sp</i>	0,4	-	-	-	-	-
Soricidés ind.	<i>Soricidae sp</i>	3,5	-	-	-	-	-
Amphibiens/Reptiles							
Anoures ind.	<i>Anura sp</i>	0,8	-	-	-	1,4	0,0
Couleuvre verte et jaune	<i>Hierophis viridiflavus</i>	1,2	-	-	-	-	-
Crapaud commun/épineux	<i>Bufo bufo/spinosus</i>	0,8	2,3	-	-	-	-
Grenouille agile	<i>Rana dalmatina</i>	0,4	-	-	-	-	-
Lézard des murailles	<i>Podarcis muralis</i>	0,0	0,0	-	-	-	-
Lézard ocellé	<i>Timon lepidus</i>	-	-	-	-	0,6	-
Lézards ind.	<i>Lacertidae sp</i>	0,0	0,0	0,3	-	-	-
Salamandre tachetée	<i>Salamandra salamandra</i>	5,3	-	-	-	-	-
Tarente de Maurétanie	<i>Tarentola mauritanica</i>	-	-	-	-	1,1	-
Tritons ind.	<i>Triturus sp</i>	1,6	-	-	-	-	-

Observations marquantes des suivis par piège photographique

Les éléments suivants font état de façon synthétique des principaux faits marquants des suivis par piège photographique. Tous les résultats et analyses sont détaillés dans le rapport complet de retour d'expérience.

Écoducs

Une grande diversité d'espèces empruntent les écoducs.

Les 35 écoducs suivis (d'un diamètre de 0,8 à 1,2 m, et d'une longueur comprise entre 31 et 75 m) font état d'une fréquentation (en moyenne 300 passages par an par ouvrage toutes espèces confondues) et d'une diversité remarquable (25 espèces de mammifères, 5 espèces d'amphibiens/reptiles, et 3 espèces d'oiseaux nidifuges*).



Photo n°12 : **Blaireaux européens dans un écoduc de 120 cm.** (© LPO France, VINCI Autoroutes)

Les écoducs peuvent être empruntés par les sangliers et les chevreuils.

Le nombre de sangliers et de chevreuils observés à l'intérieur des écoducs atteste d'une fréquentation occasionnelle, mais régulière, alors que ces ouvrages ne sont pas dimensionnés pour ces espèces (des sangliers ont de façon étonnante traversé à une reprise une buse de 80 cm de diamètre).



Photo n°13 : **Chevreuil européen dans un écoduc de 120 cm.** (© LPO France, VINCI Autoroutes)

Certaines espèces sont mal détectées.

Bien qu'en ouvrage confiné, les biais de détection sont moindres. Certaines espèces demeurent ainsi mal détectées en infrarouge : la Loutre d'Europe de par son pelage isolant (21 données de passage dans 5 ouvrages différents), les micromammifères et espèces de petite taille (Belette) de par leur rapidité de déplacement.



Photo n°14 : **Loutre « Marguerite » dans un écoduc de 120 cm.** (© LPO France, VINCI Autoroutes).

Ouvrages hydrauliques aménagés

Une fréquentation des ouvrages hydrauliques moindre que celle des écoducs.

Avec 20 espèces, les 15 ouvrages hydrauliques aménagés (de type enrochement, banquette ou encorbellement) présentent une diversité moindre, mais surtout une fréquentation deux fois moins élevée que les écoducs. Des différences significatives de fréquentation sont observées pour certaines espèces : les mustélidés Fouine, Martre des pins et Putois sont davantage présents dans les ouvrages hydrauliques aménagés, alors que la Genette, le Ragondin, le Hérisson et le Blaireau sont davantage détectés dans les écoducs.



Photo n°15 : **Genette commune sur un encorbellement.**
(© Nature Midi Pyrénées, VINCI Autoroutes)

Un suivi dans les ouvrages hydrauliques plus compliqué.

Pour ces ouvrages, les suivis sont plus complexes en raison du diamètre souvent plus important (couverture de la détection), de la difficulté d'accrocher le matériel de suivi, et la possibilité de passage à sec pour la faune dans le lit exondé en période estivale.



Photo n°16 : **Martre des pins sur un enrochement d'ouvrage hydraulique.** (©FRAPNA42, FDC42, VINCI Autoroutes)

Écoponts

Une utilisation notable du Cerf élaphe.

Les 4 écoponts suivis ont permis de détecter 16 espèces. Un écopont situé dans un secteur fréquenté par le Cerf élaphe a vu cette espèce utiliser de façon quotidienne l'ouvrage avec une moyenne de 1 086 passages par an, et des échanges équilibrés entre les 2 côtés de l'écopont.



Photo n°17 : **Cerf élaphe sur un écopont.**
(©FDC17, VINCI Autoroutes)

Une détection faible de la petite faune.

Si la grande faune est assez bien détectée sur les écoponts, le suivi de la petite faune est beaucoup plus complexe, et ce d'autant plus lorsque la végétation est développée. Ces suivis impliquent donc le positionnement de pièges photographiques à des endroits stratégiques (le long des andains, des palissades/clôtures) servant de corridor de déplacement pour la petite faune.



Photo n°18 : **Lièvre européen le long d'un andain sur un écopont.** (© LPO France, VINCI Autoroutes)

SUIVIS SPÉCIFIQUES

Pour les grands ouvrages (écopont) et les ouvrages spécialisés (chiroduc, passe aquatique, etc.), des suivis spécifiques ont été mis en place pour certains taxons* (amphibiens, chiroptères, etc.). Ces suivis nécessitent des matériels et protocoles bien différents qui sont de fait difficilement comparables entre eux, mais qui permettent de mieux appréhender les biais de détection de certaines méthodes de suivi comme le piège photographique.

Ils ont permis de détecter un minimum de 46 espèces dont 14 espèces de mammifères, 11 espèces de chiroptères, 7 espèces d'amphibiens, 6 espèces de micromammifères, 5 espèces de reptiles et 3 espèces de poissons.

Observations marquantes des suivis spécifiques

Les enseignements notables de ces suivis spécifiques sont synthétisés ci-dessous. Les résultats détaillés de l'ensemble de ces suivis sont exposés dans le rapport de retour d'expérience.

Suivi time-lapse

La nature du substrat dans les écoducs conditionne très certainement leur utilisation par les batraciens.

Un suivi par time-lapse (piège-photo avec 1 déclenchement automatique par minute) a permis de collecter 34 données d'amphibiens (22 traversées) de 4 espèces différentes, non détectées en infrarouge. Ce suivi montre la capacité de ces espèces à traverser des ouvrages d'une longueur de plus de 50 m, et permet d'émettre une hypothèse sur la facilité de circulation de ces espèces sur un substrat lisse (sans micro-reliefs).



Photo n°19 : Salamandre tachetée dans un écoduc de 55 cm de large et 50 m de long. (© LPO Drôme, VINCI Autoroutes)

Sessions de capture des micromammifères

Les écoponts, lieu de passage mais aussi de vie.

Des sessions de capture de micromammifères, sur et aux abords d'un écopont, ont permis d'appréhender au mieux l'utilisation de l'espace écopont par les différentes espèces. La mosaïque de milieux présents sur l'ouvrage forme un continuum d'habitat pour certaines espèces et permet ainsi de connecter les populations de part et d'autre de l'écopont.



Photo n°20 : Pointage (en rouge) des captures de Musaraigne musette sur et aux abords de l'écopont. (© LPO Drôme, VINCI Autoroutes)



Photo n°21 : Piège INRA et capture d'un micromammifère sur un écopont. (© LPO Drôme, VINCI Autoroutes)

Piège à vibration

Un dispositif innovant qui améliore la détection.

Afin de pallier les biais de détection constatés notamment pour la Loutre d'Europe (dont le pelage isolant la rend peu détectable en infrarouge), ASF, la LPO et l'entreprise JAMA ont collaboré et développé ensemble un piège à vibration (à capteur de pression).

Ce dernier est aujourd'hui non seulement capable de détecter de façon plus fiable qu'un piège-photo infrarouge les mammifères (particulièrement les petits mustélidés ou autres) et micromammifères, mais également les amphibiens et les reptiles, quasiment indétectables en infrarouge.

Le gain de détection de ce dispositif (tous taxons* confondus) par rapport à un piège-photo infrarouge est de l'ordre de 35 %. Il est limité par la taille du tapis à vibration, mais est par exemple parfaitement adapté au suivi d'ouvrage d'environ 1 m de largeur, et s'avère être très prometteur pour les suivis de l'herpétofaune et des petits mammifères.

Ce dispositif innovant a obtenu un Prix innovation VINCI en 2015 (Activités Centralisées, catégorie Développement Durable).



Photo n°22 : **Loutre d'Europe sur un piège à vibration.**
(© LPO France, VINCI Autoroutes)

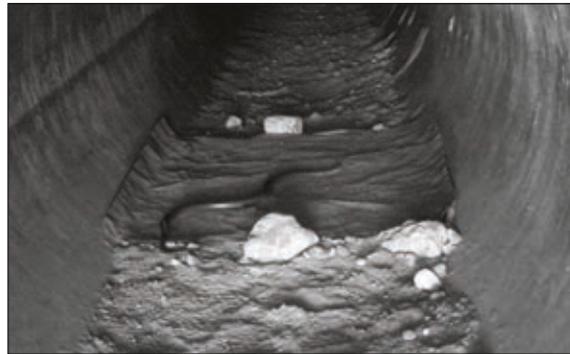


Photo n°23 : **Couleuvre verte et jaune sur un piège à vibration.**
(© LPO France, VINCI Autoroutes)

Caméra thermique

Pour visualiser les trajectoires de vol des chiroptères.

L'utilisation de la caméra thermique permet de visualiser directement les trajectoires de chiroptères à proximité des ouvrages dédiés, ce que ne permettent pas les méthodes de suivi ultrasonore (avec un seul enregistreur) en milieu ouvert. Un suivi de 26 heures cumulées sur 2 chiroducts a permis de visualiser 28 traversées de chiroptères, et de donner les premiers éléments de suivi sur ce type de structure encore expérimentale.



Photo n°24 : **Caméra thermique orientée vers un chiroduc.**
(© Naturalia, VINCI Autoroutes)

FAITS CONSTATÉS ISSUS DE L'ANALYSE DES DONNÉES (PIÈGES PHOTOGRAPHIQUES)

Observation d'un phénomène d'accoutumance

De façon générale, l'analyse des données ou de jeux de données restreints et plus homogènes, met en évidence une hausse de la fréquentation au cours des suivis.

La figure suivante met en évidence la corrélation entre le nombre de passages de faune sauvage et le nombre de jours de suivi pour 46 ouvrages différents.

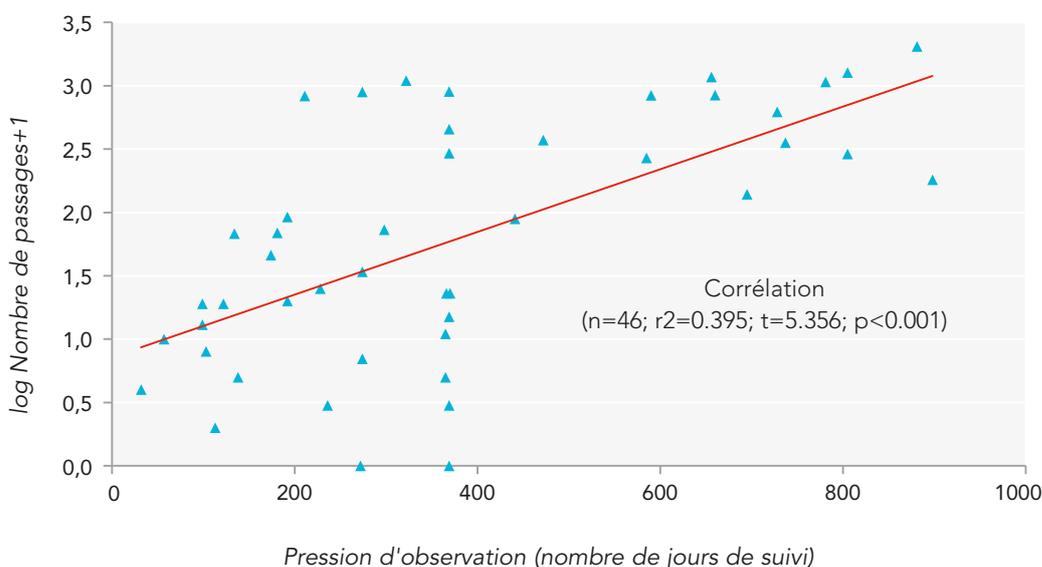


Figure 1 : **Logarithme du nombre de passages des espèces en fonction de la pression d'observation en nombre de jours de suivi, pour 46 ouvrages (écoducs et ouvrages hydrauliques aménagés). Un triangle représente un suivi d'ouvrage, la droite indique la tendance linéaire des données.**

Comme la Figure 1 ci-dessus, une analyse statistique détaillée (cf. rapport complet) sur un jeu de données restreint (9 écoducs) met également en évidence un phénomène d'accoutumance qui se traduit par une fréquentation multipliée par huit sur deux années de suivis.

Ce phénomène d'accoutumance s'explique notamment par le temps mis par la faune pour trouver les ouvrages et les intégrer dans leurs patrons de déplacements. Le délai de premier passage dans un ouvrage varie ainsi significativement selon les espèces. Certaines d'entre elles comme le Hérisson d'Europe, la Loutre d'Europe ou encore le Sanglier mettent en moyenne près ou plus d'une année pour franchir un nouvel ouvrage, contrairement par exemple au Renard qui l'utilise en moyenne au bout de 3 mois. Ceci montre l'importance d'envisager les suivis faunistiques d'ouvrages autoroutiers neufs sur plusieurs années.

Lien entre la longueur et la fréquentation des ouvrages

La longueur des ouvrages (paramètre généralement corrélé au diamètre) est souvent évoquée comme un facteur limitant la fréquentation de la faune. Les analyses réalisées dans l'étude de Fagart et al. (2016) concernant 2 années de suivis de 9 écoducs d'une longueur variant de 41 m à 71 m, ont montré que la longueur n'influçait pas significativement la fréquentation des ouvrages, et ce quelles que soient les espèces (pour celles les plus représentées : *martes sp*, Blaireau, Renard, Genette).

Dans le rapport de retour d'expérience, pour les écoducs variant de 31 m à 75 m de long, et les ouvrages hydrauliques aménagés variant de 48 m à 100 m de long, les analyses statistiques ne mettent pas non plus en évidence de différences significatives de fréquentation des ouvrages.

Au-delà de 80 m, les ouvrages sont moins fréquentés.

Pour percevoir d'éventuels effets de la longueur, il faut s'attarder sur les 9 ouvrages d'une longueur supérieure à 80 m (5 ouvrages hydrauliques aménagés et 4 ouvrages hydrauliques non dédiés à la faune) pour lesquels la fréquentation moyenne de 49,8 passages/an/ouvrage est relativement faible, et peu diversifiée avec 6 espèces. Mises à part les *martes sp* qui cumulent près des 3/4 de l'ensemble des passages toute faune confondue dans ces ouvrages, et la présence étonnante de l'Écureuil roux, les autres espèces détectées sont des espèces fouisseuses habituées aux terriers (Renard, Ragondin, Blaireau et Hermine) et donc plus enclines à emprunter des ouvrages dont l'effet tunnel est important. La Genette, les Lagomorphes, le Hérisson ainsi que la plus grande faune (Chevreuil, Sanglier) n'ont par exemple pas été détectés dans ces ouvrages. Les deux plus longs ouvrages, des ouvrages hydrauliques de 105 m et 140 m de long sont utilisés exclusivement par les *martes*.

Remarque : S'il est probable que de très grandes longueurs d'ouvrages agissent comme un frein voire une barrière pour certaines espèces/individus, les suivis montrent également que ces ouvrages restent tout de même fonctionnels pour les mammifères, et qu'ils peuvent donc être très importants pour des individus à la recherche de partenaires ou de nouveaux territoires.

Meilleure fréquentation des écoducs proches d'un corridor écologique

En l'absence d'espèces cibles, un passage à faune a vocation à permettre le passage pour un maximum d'espèces et d'individus. Dans la majorité des cas, les cours d'eau arborés, les lisières ou encore les haies, canalisent les déplacements d'un nombre important d'espèces. La comparaison des données de passage, entre les écoducs situés le long d'un cours d'eau et celles non associées à un cours d'eau, montrent que ces premiers sont utilisés par un nombre plus important d'espèces (28 espèces contre 20), avec une fréquentation moyenne bien supérieure (en moyenne 401 passages/an/ouvrage, contre 226 passages/an/ouvrage pour les écoducs non associés à un cours d'eau).

Si le positionnement des passages à faune autoroutiers est généralement bien optimisé, en tenant compte également des nombreuses contraintes techniques (hauteur de remblai par exemple), des progrès/optimisations pourraient être réalisés dans la connexion des corridors naturels existants avec l'entrée des passages à faune (coulées artificielles, création de haies, etc.).



Photo n°25 : **Panneaux occultant sur écopont.** (© VINCI Autoroutes)



Photo n°26 : Piège photographique sécurisé sur écopont, positionné au niveau d'un andain. (© VINCI Autoroutes)

SYNTHÈSE

DES PROTOCOLES DE SUIVI EN FONCTION DES GROUPES D'ESPÈCES

Fiche technique 1

SUIVI GÉNÉRALISTE DES MAMMIFÈRES PAR PIÈGES-PHOTO

Ces dernières années, le piège photographique s'est imposé comme l'outil de suivi des mammifères terrestres le plus utilisé. Ce type de dispositif ne permet toutefois pas d'obtenir des résultats exhaustifs et comporte un certain nombre de biais. Si l'installation et l'utilisation du matériel paraît simple, une certaine expérience est nécessaire afin d'optimiser le suivi et de réduire les biais de détection des appareils à détection infrarouge.



BIAIS DE DETECTION DES PIÈGES PHOTOGRAPHIQUES

Non détection des animaux à corps froid (potentiellement le pelage des mustélidés* semi-aquatiques).

Mauvaise détection des faibles gradients de température (mustélidés semi-aquatiques, température d'arrière-plan très chaude).

Mauvaise détection des animaux de petite taille et/ou se déplaçant rapidement (micromammifères, Belette, etc.).

INSTALLATION D'UN PIÈGE-PHOTO DANS UN PASSAGE INFÉRIEUR

L'installation du **piège photographique à l'intérieur de l'ouvrage** (plutôt qu'à l'extérieur) permet de s'affranchir des éléments extérieurs (pluie, vent, écarts de température, végétation, etc.) et de mieux visualiser les franchissements.

À l'intérieur, le matériel est placé **à environ 5m d'une extrémité de l'ouvrage**. Un appareil placé au milieu de l'ouvrage est parfois moins efficace (jusqu'à 40 % de détection en moins), cela s'explique par une vitesse de déplacement de la faune possiblement plus importante au milieu de l'ouvrage qu'aux extrémités.



L'angle de vue de l'appareil est orienté vers l'intérieur de l'ouvrage (côté le plus long) afin de mieux visualiser les traversées, et d'avoir une température de référence assez constante en arrière-plan.

Une pierre ou divers débris naturels peuvent être placés devant le piège photographique (là où la détection est optimale). Ce relief, marqué et reniflé par la faune permet de la ralentir et d'augmenter les chances de détection/identification.

INSTALLATION D'UN PIÈGE-PHOTO SUR UN PASSAGE SUPÉRIEUR

L'intégralité de la zone à surveiller devant être couverte par le(s) faisceau(x) de détection, le nombre de pièges-photo doit être augmenté en conséquence et de façon homogène dans l'espace. Par exemple, pour un écopont d'une largeur de 15 m, 2 pièges-photo situés de part et d'autre couvriront la largeur de façon assez homogène. La présence de talus/reliefs peut également impliquer la pose de pièges-photo supplémentaires.

À ciel ouvert, l'évolution de la végétation rendra très difficile et aléatoire la détection de la petite faune (de taille inférieure au Blaireau). Les abords immédiats d'éléments structurant le paysage (andains, palissades, clôtures, haies arbustives, etc.) servent souvent de corridor à la petite faune, et sont à cibler pour le suivi de ces espèces.

Éviter les angles de vues dirigés dans l'axe du soleil (lever/coucher) ou vers des surfaces en eau pouvant le refléter (les déclenchements continus peuvent alors épuiser la batterie en quelques heures).



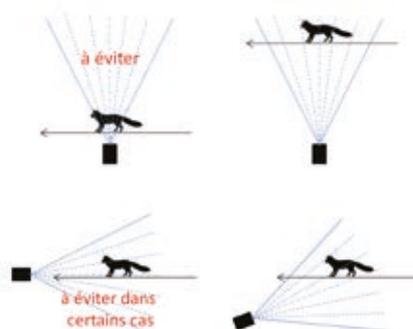
POSITIONNEMENT DU PIÈGE PHOTOGRAPHIQUE

L'orientation et l'inclinaison doivent être adaptées aux caractéristiques du détecteur infrarouge de mouvements (cf. notice du matériel), de la configuration du terrain (reliefs, points d'accroches), et des espèces ciblées.

Piège-photo trop près de la voie de déplacement

=

Animal rapidement en dehors de l'angle de vue



Piège-photo dans l'axe du déplacement

=

Possible biais de détection

(pour la détection par bandes - cf. rapport en français)

AUTONOMIE DU MATÉRIEL

Minimum 1 mois ; permet des suivis sur le long terme, mais engendre également un temps conséquent de saisie des données.

Attention : le choix et la qualité des piles ou batteries influent considérablement sur l'autonomie (bon compromis performances/coût pour les batteries NiMH).

DURÉE/PÉRIODE DE SUIVI

Une année entière est nécessaire pour s'affranchir de la phénologie saisonnière.

Les processus d'accoutumance de la faune à l'ouvrage et/ou au dispositif de suivi nécessitent généralement des suivis sur plusieurs années. Une période de 3 ans semble pertinent.



Fiche technique 2

SUIVI DES MICROMAMMIFÈRES



BIAIS DE DÉTECTION

Individus de petite taille: faible détection, détermination imprécise, et déplacements à couvert.

Individus rapides: faible détection, interprétation difficile des déplacements/données.

CAS DES OUVRAGES SOUTERRAINS

Les micromammifères ont des domaines vitaux peu étendus ; ils sont donc peu amenés et plutôt réticents à franchir les ouvrages autoroutiers souterrains qui mesurent généralement plus de 30 m de long. L'absence de végétation ou de « zone refuge » les rend très vulnérables et donc peu enclins à se déplacer à découvert sur de telles distances.

Dans les ouvrages de petites dimensions, le piège à vibration et le piège-photo (positionné assez près du sol) permettent tout de même de collecter un nombre non négligeable de données, mais dont l'interprétation reste très délicate (identification incertaine, traversée ou non, biais de détections, etc.).



CAS DES GRANDS OUVRAGES (ÉCOPONT ET PIGF*)

Dans les ouvrages ouverts (écoponts) et semi-ouverts (type PIGF), où la végétation ou des zones refuges (andains) sont présentes, les micro-habitats permettent l'établissement de petites populations formant un continuum d'habitat à l'intérieur même des ouvrages.

Pour ces ouvrages, le piégeage (CMR, non légal) est le suivi le plus pertinent :

- positionnement de pièges répartis sur l'ensemble du passage à faune (ex : environ 50 pièges pour un écopont) ;
- positionnement de pièges répartis aux abords de l'ouvrage ;
- chaque piège est numéroté et géolocalisé afin d'exploiter au mieux les données ;
- les pièges sont relevés régulièrement dans la nuit pour éviter la mortalité ;
- le marquage peut être envisagé afin d'identifier les individus lors d'une éventuelle recapture.



DURÉE/PÉRIODE DE SUIVI

Piège-photo/piège à vibration : minimum une année (phénologie, évolution de la végétation).

Capture : sessions courtes de piégeage (1 nuit), mais répétées sur une année (ex : 2 nuits au printemps + 2 en été + 2 en automne).

Fiche technique 3

SUIVI DE L'HERPÉTOFAUNE
(AMPHIBIENS ET REPTILES)

BIAIS DE DÉTECTION

La détectabilité des animaux ectothermes* est quasiment nulle avec un détecteur infrarouge.

Le piège à vibration est une nouvelle alternative pour des suivis automatisés de ces espèces.

CAS DES OUVRAGES SOUTERRAINS

Piège à vibration :

- très bonne détectabilité des anoures*, et probablement assez bonne pour les urodèles* et les reptiles;
- idéal pour les ouvrages d'une largeur au sol d'1 m maximum (tapis de détection limité à 1 m de large, susceptible d'évoluer à l'avenir).

**Piège photo en time-lapse (déclenchement minute) :**

- bonne détectabilité des anoures et urodèles (déplacements lents);
- non adapté aux reptiles (déplacements trop rapides);
- réduit l'autonomie du matériel à environ 2 semaines;
- engendre un nombre important de clichés à visualiser.

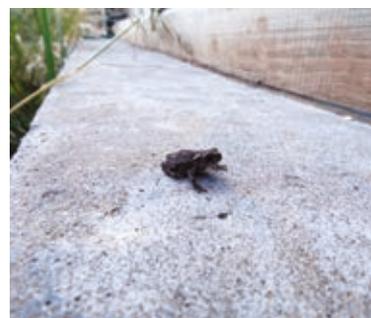


CAS DES GRANDS OUVRAGES (ÉCOPONT ET PIGF*)

La méthode de suivi de l'herpétofaune la plus efficace pour les grands ouvrages reste l'observation directe et la recherche d'indices de présence lors de prospections ciblées.

L'utilisation d'un système de collecte des amphibiens (bâche) est très intrusive, et requiert la présence permanente d'une personne pour contrôler le dispositif.

L'utilisation de pièges-photo en time-lapse sur des zones ciblées (dépression humide pour les amphibiens, plaque de thermorégulation pour les reptiles), reste à tester.



DURÉE/PÉRIODE DE SUIVI

Amphibiens : principal pic de fréquentation des ouvrages à la migration automnale (octobre-novembre). Mouvements importants également en période de reproduction (de mars à juin).

Reptiles : journées chaudes du printemps à l'automne.

Fiche technique 4

SUIVI DES CHIROPPTÈRES



BIAIS DE DÉTECTION

Enregistreur ultrasonore : distance de détection de quelques mètres (Rhinolophes) à plusieurs dizaines de mètres (Noctules); suivi non homogène pour les grands ouvrages.

Caméra thermique ou infra-rouge/ détection: identification à vue très incertaine, à coupler avec un détecteur ultrasonore.

CAS DES OUVRAGES SOUTERRAINS

L'enregistrement ultrasonore (SongMeter, Anabat) est le suivi le plus efficace dans les ouvrages de plus de 30 m de long.

L'enregistreur doit être placé au milieu de l'ouvrage afin d'isoler les sons enregistrés de ceux provenant de l'extérieur de l'ouvrage.

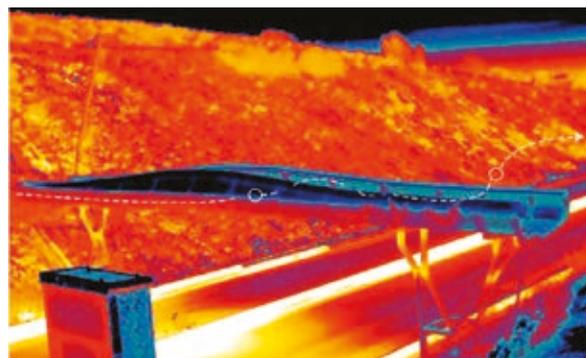
Afin d'avoir une référence sur l'activité des chiroptères présents à proximité, un autre enregistreur peut être placé à l'extérieur, au niveau de l'autoroute par exemple.



CAS DES GRANDS OUVRAGES (ÉCOPONT ET PIGF*)

L'étude de franchissement d'une infrastructure linéaire de transport par les chiroptères reste une opération délicate et fait appel à des techniques récentes.

La trajectoire de vol peut être ainsi aujourd'hui appréhendée schématiquement par la technique de la trajectographie (plusieurs micros étalonnés fonctionnant en simultanée en vue de cartographier la trajectoire en 3D). Elle peut être également filmée avec précision à l'aide d'une caméra thermique performante.



DURÉE/PÉRIODE DE SUIVI

Enregistreur ultrasonore : autonomie importante (plusieurs semaines), mais l'analyse des enregistrements étant très chronophage; il est préférable de concentrer les sessions d'enregistrement aux périodes propices de déplacements des chiroptères. Par exemple, 3 sessions d'une durée de 2 à 5 jours; chacune pouvant être répartie au printemps (post-hibernation), en été (reproduction) et à l'automne (rut).

Caméra thermique + détecteur : matériel non autonome, nécessite un observateur. Répéter les observations selon l'objectif du suivi.



Photo n°27 : Écopont dans la vallée du Rhône. (© Alterra, VINCI Autoroutes).

ANNEXES

Fiche méthodologique 1

ÉCODUC

Spécifications issues du retour d'expérience pour la conception/réalisation des écoducs.

TRAITEMENT DES TÊTES

Tête généralement en béton coffré (privilegiée pour respecter les pentes des talus) permettant ainsi:

- de « rentrer » dans le remblai (décaissement) pour favoriser l'effet d'entonnoir ;
- de maintenir les terres;
- de raccorder parfaitement les clôtures autour, par jointement via du mortier;
- de réduire significativement l'entretien ultérieur, car le radier béton recouvert de terre empêche le développement des ligneux.

L'assemblage des buses devra comporter un joint d'étanchéité en élastomère.

Calage du foyage obligatoirement au-dessus du Q100 (écoduc et non ouvrage hydraulique).

Le degré d'ouverture de l'entonnement est d'environ 30° par rapport à l'axe de la buse (cf. *Figure n°2*).

En cas d'implantation dans la pente du remblais, il convient de prolonger le radier béton par une rampe maçonnée en pente douce incluant des rugosités par scellement de pierres (débord de 4-5 cm) pour retenir la couche de terre qui y sera appliquée (environ 15 cm de terre).

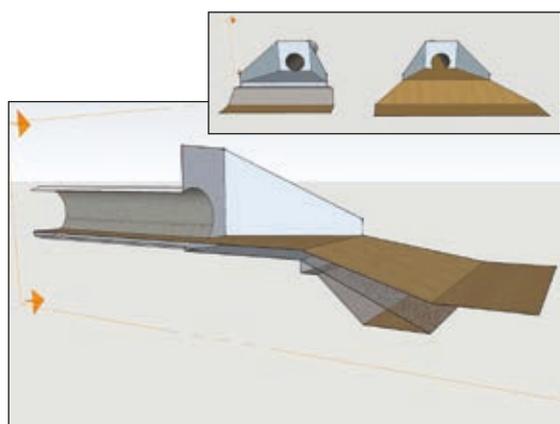


Figure n°2 : Schéma de principe d'une rampe.



Photo n°28 : Réalisation d'une rampe maçonnée avant recouvrement de terre. (© VINCI Autoroutes).

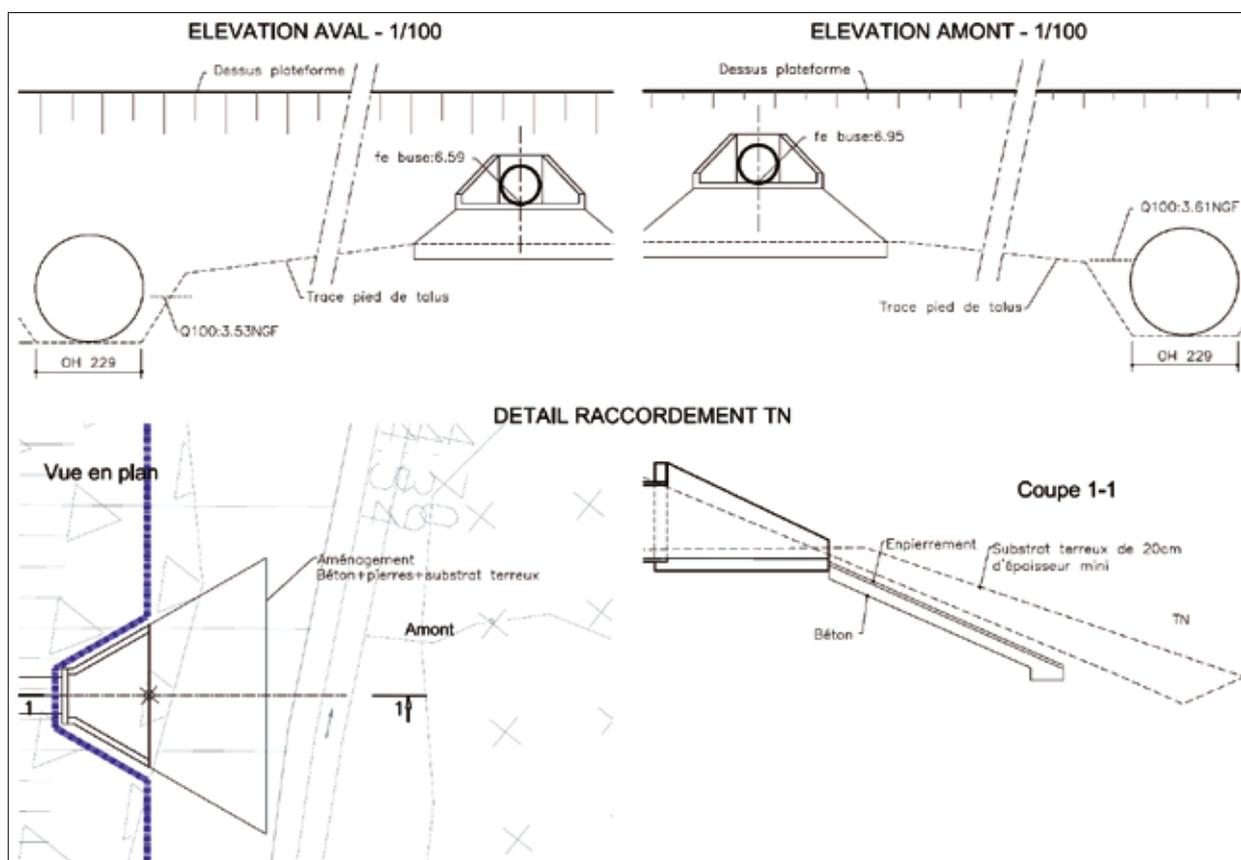


Figure n°3 : Plan AVP d'un écoduc faisant apparaître le Q100 et les élévations.

TECHNIQUES, TOLÉRANCES ADMISSIBLES ET POINTS D'ARRÊT

Les buses sont souvent posées par fonçage à l'arrière d'une machine d'excavation (tarière avec trousse hydraulique). Elles peuvent parfois nécessiter l'emploi d'un microtunnelier, la pose en tranchée si les conditions, notamment de trafic, le permettent. Mais l'alternative fréquente reste la technique de pose à « front ouvert* » lorsque la blocométrie apparaît limitante pour les tarières.

Les campagnes de reconnaissances géotechniques suffisantes (sondages BAU + minipelle sur remblais) doivent renseigner sur ce risque.

Les buses sont en métal ou béton ou encore PRV*.

Les écarts maximaux admissibles **pour la technique la plus usuelle de la tarière** sont :

- planimétrie : plus ou moins 1 cm/ml de fonçage ;
- altimétrie : plus ou moins 2 mm/ml de fonçage (ou bien plus simplement 0,5 % d'écart par rapport au pendage initial projeté).

Le contrôle de la direction de l'alignement et de l'altimétrie seront effectués en continu.

Pour les buses métalliques par fonçage (exécutés conformément au fascicule 66 du CCTG), les tubes seront en acier et leur épaisseur sera fixée et justifiée par note de calcul pour offrir la résistance mécanique nécessaire vis-à-vis des efforts qu'ils sont susceptibles de subir lors du fonçage. La détermination de l'épaisseur des buses devra intégrer une épaisseur sacrifiée à la corrosion en tenant compte de la corrosivité des sols rencontrés, conformément aux préconisations de la norme EN 1993-5, sur la base d'une utilisation de 100 ans et en considérant un minimum de 2 mm pour l'épaisseur sacrificielle.

Prévoir un dispositif de confinement du front ou d'obturation de façon à maintenir en permanence, la stabilité du front.

Un suivi topographique (plan et altimétrie) de la plateforme autoroutière sera mis en place lors de la réalisation. Ce suivi sera exécuté depuis l'extérieur de la plateforme pour qu'il n'y ait aucune intervention avec la circulation.

Une phase de débroussaillage anticipée apparaît souvent nécessaire pour apprécier véritablement la configuration du site et la présence éventuelle de cunette ou fossés non identifiés préalablement et dont l'incidence peut être notable sur le mode de réalisation ou sur la pose des clôtures.



Photos n°29 : Technique de la tarière avec au 1^{er} plan certains blocs de diamètre limite (gauche) sur A11, technique à front ouvert (haut, droite) et bloc massif excavé avec cette technique (bas, droite (A83)).
(© VINCI Autoroutes).

APPORT DE TERRE

Prévoir l'apport de terre à l'intérieur de l'écoduc et sur ses entonnements sur une épaisseur de 10 à 15 cm (10 cm minimum). Terre de type terre végétale ni trop argileuse (gonfle) ni trop calcaire (durcie) (si possible viser une composition de l'ordre de: sable 40-50 %, limon 30-40 %, argile 10-20 %).

CLÔTURES

Renfort de clôtures petites mailles sur environ 150 ml de part et d'autre de l'écoduc dans chacun des deux sens soit environ 600 ml au total.

Renfort sur clôture autoroutière constitué de 2 couches de grillages petites mailles en galvanisation riche :

- un renfort en 6,5 x 6,5 mm (Ø du fil 0,7 mm);
- un renfort en 25 x 13 mm ou 25 x 25 mm (Ø du fil 1,8 mm) semi enterré sur 30 cm dans le sol et minimum 70 cm hors sol (cf. Figure n°4, page 37 ; Photos n°30, page 37 ; Photo n°31, page 38).

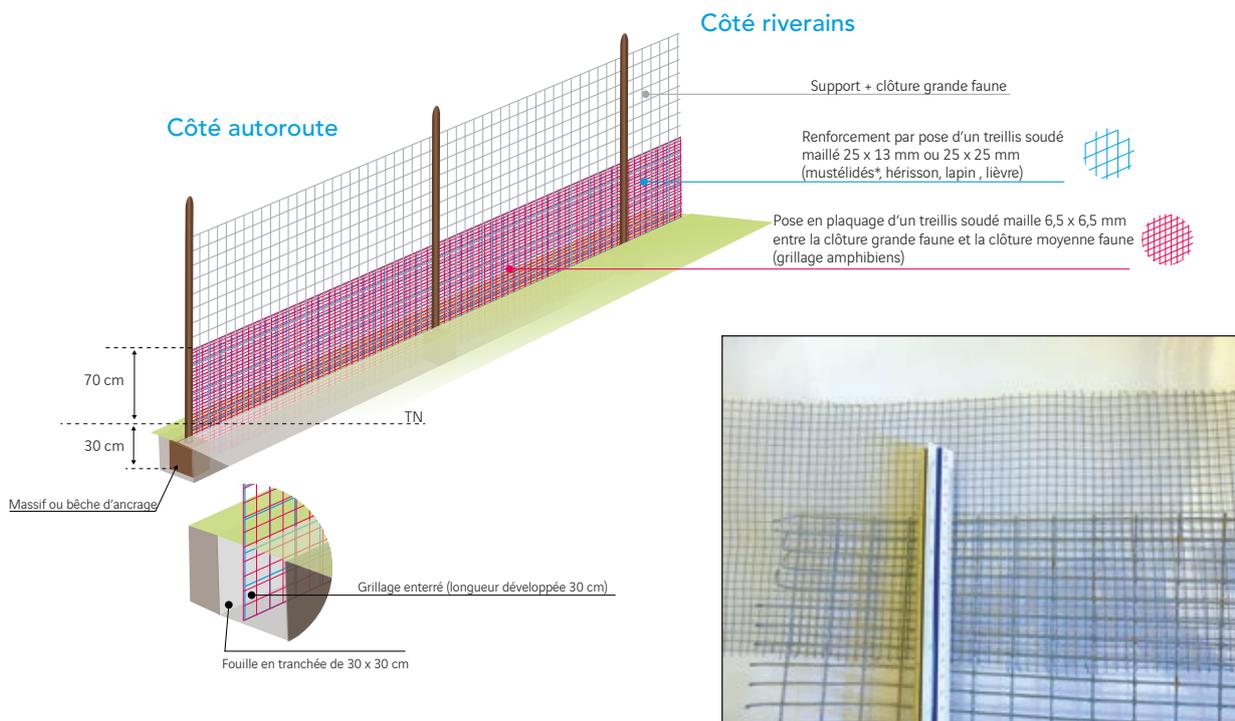


Figure n°4 : Mailles de 6,5x6,5 mm et de 25x13 mm (gauche), schéma de principe du renforcement (droite).

[NB: le renfort en 6,5 x 6,5 mm est le seul capable de guider les amphibiens, mais sa durée de vie est très limitée en raison de sa fragilité. L'ajout d'un renfort 25 x 13 mm ou 25 x 25 mm robuste grâce au Ø du fil en 1,8 mm permet d'accroître significativement sa longévité].



Photos n°30 : Repositionnement semi enterré du grillage renforcé (photo de gauche), jointure au mortier du grillage autour de la tête (photo de droite). (© VINCI Autoroutes).

Le traitement des franchissements de fossés/cunettes (et des passes américaines) est un point sensible, car il génère des points de faiblesse permettant la pénétration de la petite faune à l'intérieur des clôtures et compromettant l'effet de guidage recherché. Grâce au repositionnement des clôtures, on parvient souvent à s'affranchir de cette problématique.

Parmi les solutions possibles, il existe soit la création d'un micro-seuil maçonné hauteur (si la pente le permet) avec la clôture passant devant le seuil, soit la pose d'une grille renforcée, soit l'installation d'un tube PVC de gros diamètre avec clapet anti-retour.



Photo n°31 : Dispositif de type clapet adapté dans certains cas uniquement (clôture franchissant un fossé).
(© VINCI Autoroutes).

ÉQUIPEMENTS POUR LE SUIVI ÉCOLOGIQUE

Prévoir la pose par l'entreprise d'une barre de type cornière en « L » solidement fixée aux parois (éviter la dégradation et le vol) à l'intérieur de l'écoduc.

DISPOSITIONS PARTICULIÈRES POUR LE SUIVI PHOTOGRAPHIQUE DES ÉCODUCS

Le suivi de ce type d'ouvrage suppose la pose d'un piège photographique suffisamment accessible pour des relevés réguliers, et si possible à l'abri des intempéries et de la vue des promeneurs. La pose au sol entrave un passage souvent étroit (écoducs de diamètre compris entre 800 et 1 200 mm). La fixation d'une cornière en partie haute (maintien de 15 cm de tirant d'air au-dessus) à 5 m à l'intérieur de l'écoduc permet d'installer un boîtier orienté vers le côté le plus long (afin de mieux observer les traversées et demi-tours), boîtier qui se retrouvera dans une certaine mesure dissimulé.

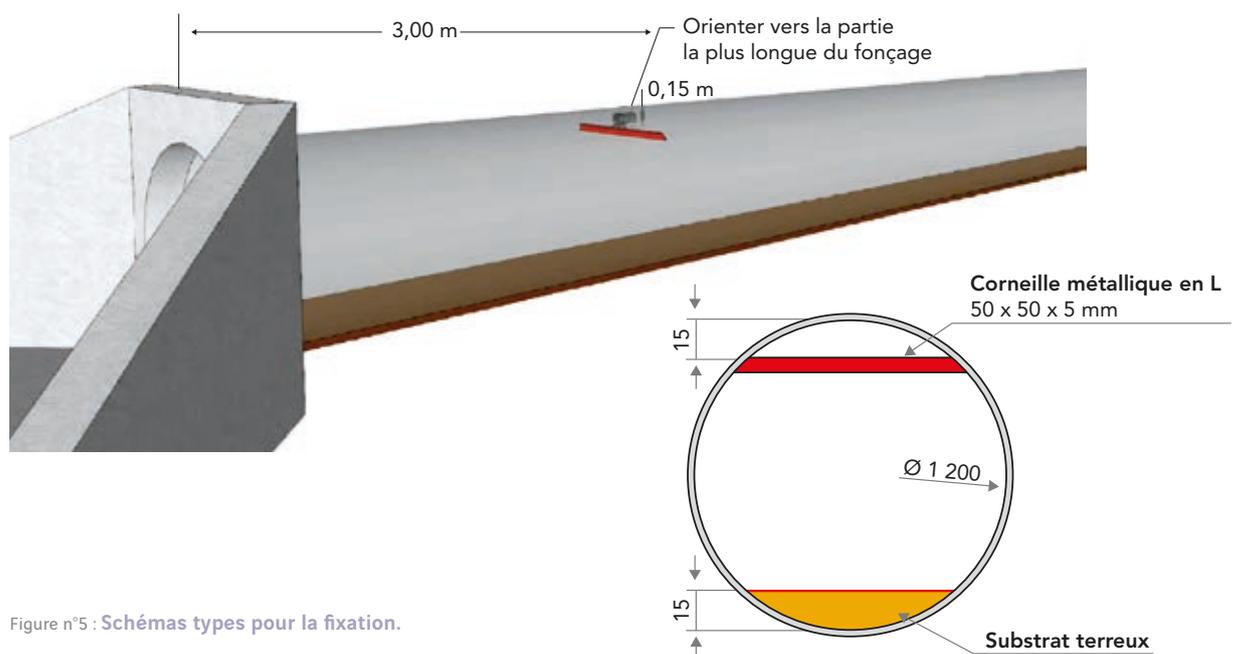


Figure n°5 : Schémas types pour la fixation.

CHANTIER

Pistes et emprises conformes aux préconisations environnementales édictées lors de l'état initial écologique (respect des mesures d'insertion, balisage, mise en défens...) à délimiter dès le stade AVP (Avant Projet).

Pistes, zone de stockage et plateforme de travail à créer devront être réalisées sur géotextile avec apport de matériaux. Le géotextile favorisera l'enlèvement et la remise en état naturel du site.

La plateforme de travail sera clôturée (ex. type Héras). Le géotextile devra être remonté sur la clôture sur environ 1 m de hauteur afin :

- d'éviter la fuite de matériaux vers le milieu naturel ;
- d'éviter l'intrusion (risque de destruction, CNPN) de la petite faune sur la zone de travail.

De part la proximité très fréquente de zones humides et de cours d'eau, prévoir l'installation de dispositifs de filtration adéquats au droit de la zone de travail.

Veiller à la stabilité des berges du cours d'eau en cas d'atelier de travail très proche (vibrations qui risquent de provoquer un glissement et éventuelle fuite de MES*). Des dispositifs préventifs de stabilisation peuvent être nécessaires (géonattes et pieux en bois).



Photos n°33 : **Stockage conforme sur géotextile avec buse sur cales en bois.** (© VINCI Autoroutes).



Photos n°34 : **Stockage d'éléments préfabriqués d'une banquette.** (© VINCI Autoroutes).



Photos n°32 : **Plateforme de travail sur le chantier de l'Écoduc de la Marguerite (A10) avec groupe électrogène sur un double fond bâché et géotextile conforme aux recommandations (photo de gauche). A noter la proximité avec le cours d'eau et la conservation de certains arbres sur la zone (photo de droite).** (© VINCI Autoroutes).

Fiche méthodologique 2

ÉCOPONT

Spécifications issues du retour d'expérience pour la conception/réalisation des écoponts.

TABLIERS ET ENTONNEMENTS

Viser la plus grande largeur possible (souvent entre 15 et 25 m) en veillant à réduire le ratio : $\frac{\text{longueur}}{\text{largeur}}$. Il s'agit généralement d'ouvrage courants (en dessous de 1 200 m² ne requérant pas d'EPOA (Études Préliminaires d'Ouvrages d'Art) (cf. ouvrages non courants cf. circulaire n°87-88 du 27/10/1987).

Privilégier des solutions techniques simples (pas de geste architectural) (*l'important ici pour le fonctionnement écologique, ce n'est pas le pont, mais ce qu'il y a dessus*).

Effet « diablo » à rechercher préférentiellement par les entonnements en forme de trapèzes (tablier rectangulaire), en veillant à élargir au maximum les entonnements.

Possible et souvent opportun de concevoir des entonnements dissymétriques (°d'ouverture) pour s'adapter aux configurations (ex. présence de dispositifs d'assainissement dans un sens).

ÉCRANS D'OCCULTATION

Écrans d'occultation sur le tablier et sur la totalité des entonnements jusqu'au raccord au TN (Terrain Naturel) du talus. Privilégier une ouverture rectiligne des écrans sur les entonnements plutôt que des courbes parfois plus complexes à réaliser

Une attention particulière à porter à la jonction des écrans d'occultation sur leurs supports pour supprimer tout effet de jour par un jointement adéquat (cf. Figure n°6, page 41).



Photo n°35 : Écopont. (@ VINCI Autoroutes).

TERRE

Épaisseur de terre sur tablier généralement de 20-30 cm sur la majeure partie (pour semis d'herbacées) et de 80-90 cm d'épaisseur sur les côtés (plantations de bandes boisées en rives) sous forme de banquettes d'une largeur de 5 m (cf. Figure n°6, page 41). Cette disposition est également bénéfique pour le suivi, car elle permet de contenir, par le stress estival, le développement des herbacées susceptibles de parasiter la détection des pièges photographiques. L'ajout de sables ou de sables graveleux (0-6 mm) en bandes ou en mélange avec la terre peuvent compléter le dispositif pour maintenir ces zones centrales ouvertes.

Épaisseur de terre plus importante à prévoir sur les entonnements (1 m mini, pouvant nécessiter selon les cas la pose d'un géotextile sur le remblai compacté).

Terre de type « terre végétale ».

Au vu des volumes de terre nécessaires sur tablier et entonnements, une attention particulière doit être portée sur le risque de dissémination d'espèces invasives de portée réglementaire telle l'ambrosie (cf. arrêtés préfectoraux selon départements). Des spécifications types et contrôles dans le marché plantation sont à prévoir.

HYPOTHÈSES PARTICULIÈRES POUR LE DIMENSIONNEMENT

Poids propre hors terre

Le poids propre de la structure et des superstructures sera évalué en appliquant l'Eurocode EN 1991-1-1.

Les valeurs caractéristiques maxi et mini seront évaluées en appliquant les Directives Communes 79.

Charges de terre

- Masse volumique: 20,0 kN/m³
- Banquettes latérales (valeur pour une banquette sur un côté):

Dimensions (m)	Nominale	Variation
Largeur	5,00	-0 / +1,00
Épaisseur	0,80	-0,20 / +0,30

Talus à 1/1

- Zone centrale:

Dimensions (m)	Nominale	Variation
Largeur	L	-2.00 / +0
Épaisseur	0.20	-0.00 / +0.20

L = largeur de l'ouvrage entre écrans, diminuée des banquettes (L=15m sur la Figure n°6).

Andains

Masse volumique: 20.0 kN/m³.

Un andain sera schématisé par un parallépipède de section 0,80 x 0,80 m, régnant sur la longueur de l'ouvrage, dont l'axe se situe à L/4 de l'axe de l'ouvrage.

Étanchéité

L'étanchéité sera conforme au fascicule 67 titre III et devra être titulaire d'un avis technique du CETU.

Pour des ouvrages de type passages supérieurs, le choix se portera sur des complexes épais collés au support. La 1^{ère} couche sera remontée dans des engravures aménagées le long des longrines latérales supports d'écran.

Charges d'exploitation

Surcharge routière: il sera pris en compte une charge de calcul type LM1 (cf. Eurocode EN 1991-2) appliquée sur une unique voie (de 3 m de largeur) disposée de manière quelconque entre les 2 écrans (calcul enveloppe). Cette charge permettra d'accepter sur l'ouvrage des véhicules de secours roulant à faible vitesse (donc sans

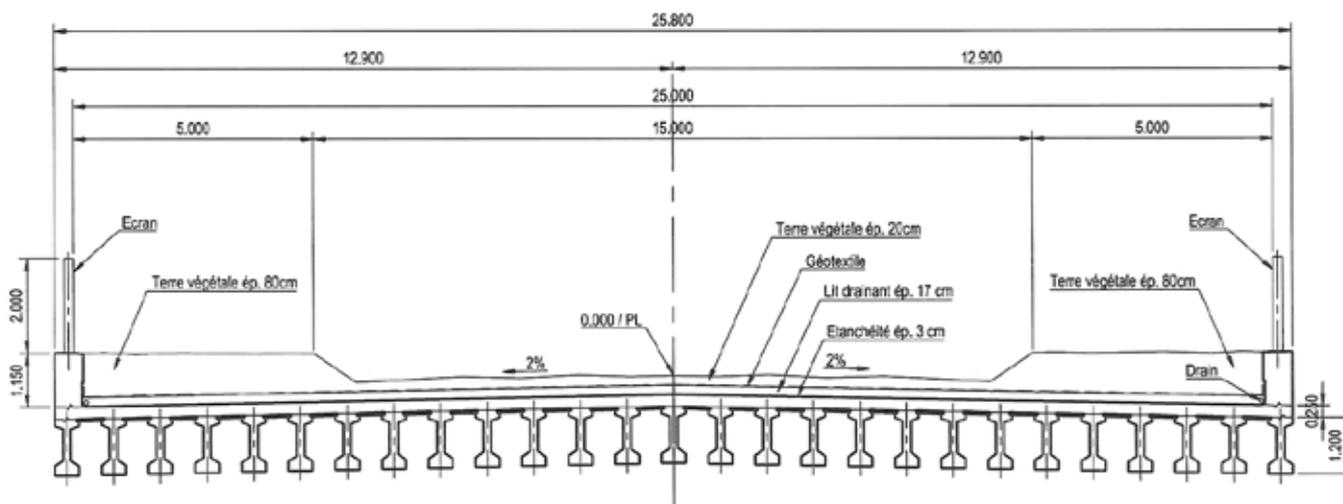


Figure n°6 : Coupe avec répartition des épaisseurs de terre.

générer d'effort horizontal ni d'effet dynamique). A ne prendre en compte qu'en ELS* caractéristique, cumulée avec les charges de terre maxi, avec les coefficients de la 1^{ère} classe de trafic.

Surcharge de chantier : à définir au cas par cas si les surcharges routières ci-dessus ne sont pas suffisantes pour couvrir les phases de chantier (notamment le remblaiement).

Surcharge sur remblais d'entonnements, pour l'étude des murs et culées: 1t/m².

Charges climatiques

En application de l'Eurocode EN 1191-1-3, une charge de neige sera appliquée sur l'ouvrage, évaluée en fonction de sa situation géographique. Les écrans d'occultation seront considérés comme des obstacles au sens de l'article 6.2 de l'Eurocode (accumulation). La neige ne sera pas cumulée avec les surcharges routières.

CHOIX ET OPTIONS RETENUS POUR L'APPLICATION DES EUROCODES

- Classe de conséquences: CC2.
- Classe de fiabilité: RC2.
- Niveau de supervision du projet: DSL3.
- Niveau de contrôle pendant l'exécution: IL3.
- Durée de vie: 100 ans.

BRISE VUES ET CLÔTURES

Contrairement aux écoducs et autres aménagements d'ouvrages hydrauliques, la pose d'un brise vue est nécessaire pour prolonger l'occultation aux abords de l'ouvrage.

Pose d'un brise-vue en polyéthylène (opacité 75 %) sur les clôtures repositionnées et ce sur une longueur d'environ 25 ml en prolongement des écrans d'occultation de part et d'autre dans chacun des deux sens soit une centaine de mètre au total. Prévoir ainsi l'ajout de piquets de clôture supplémentaires et de jambes de force additionnelles pour garantir la résistance au vent du brise vue (cf. Photos n°36).

Renforts de clôtures petite mailles sur plusieurs centaines de mètres de part et d'autre de l'écopont dans chacun des 2 sens.

Renfort sur clôture autoroutière pouvant être constitué de deux couches de grillages petites mailles en galvanisation riche:

- un renfort en 6,5 x 6,5 mm (Ø du fil 0,7 mm);
- un renfort en 25 x 13 mm ou 25 x 25 mm (Ø du fil 1,8 mm) semi enterré sur 30 cm dans le sol et minimum 70 cm hors sol (cf. Figure n°7, page 43).

Prévoir des raccords « clôtures-écrans » imperméables à la petite faune (cf. Figure n°7, page 43).

Repositionnement et remplacement de clôtures sur des longueurs variables sont indispensables pour créer l'effet d'entonnoir.



Photos n°36 : Raccord correct, brise vue avec jambes de force et joint souple sous écran (de gauche à droite). (© VINCI Autoroutes)

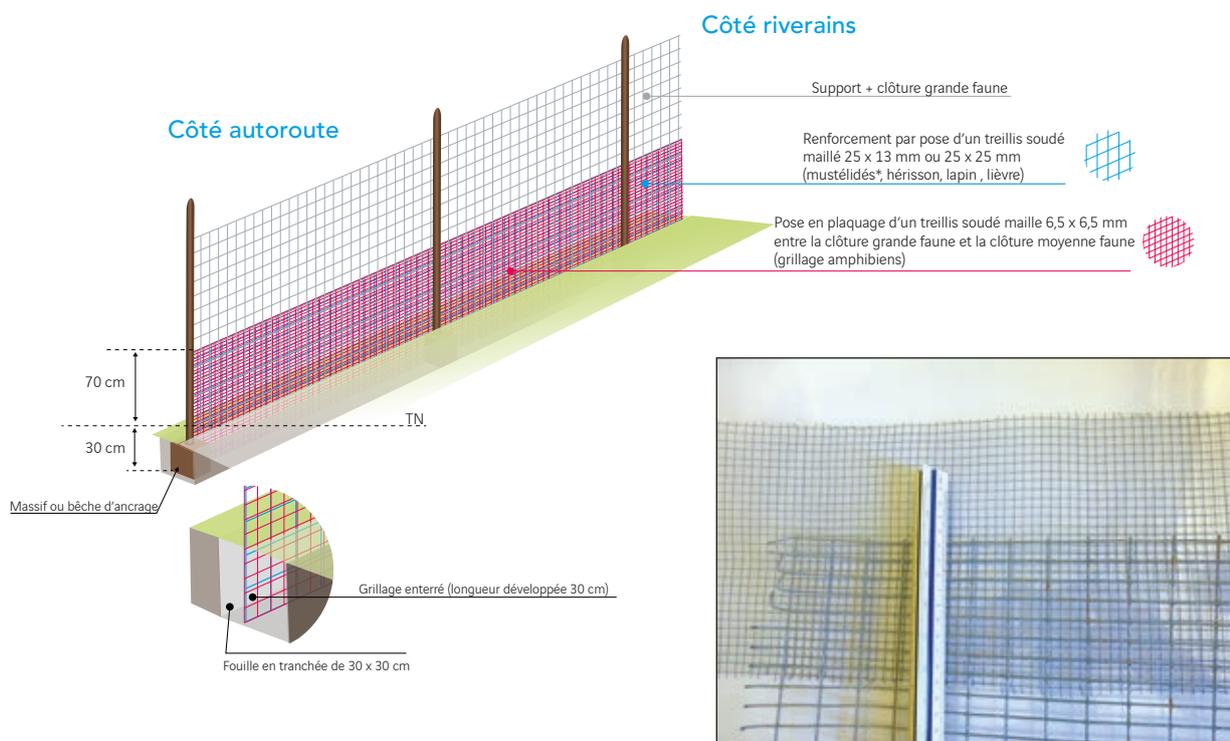


Figure n°7 : Renforts 6,5 x 6,5 mm + 25 x 13 mm et schéma de renforcement.

GÉNIE ÉCOLOGIQUE

Plantations

Trois types de formations végétales à prévoir :

- arbres et arbustes sur les bandes boisées du tablier et sur les entonnements (en lignes) ;
- arbrisseaux en plantations isolées sur tablier ;
- semis d'herbacées sur tablier et entonnements.

Utiliser des essences locales. Attention aux périodes de plantation et de semis à respecter (novembre à mars pour plantation et septembre à mars pour semis). Prévoir un contrôle des matériaux et végétaux avant mise en œuvre.

S'agissant des « plantations » **ne pas oublier que :**

- la réception définitive n'est pas prononcée aussitôt après la fin des travaux de « création », mais intervient après deux saisons de végétation (21 mois en moyenne après le constat d'exécution des prestations végétales marquant la fin des travaux de création) ;

- qu'entre les travaux de création et la réception définitive ou constat final, des points d'arrêts sont à faire pour déclencher les phases relatives aux travaux de parachèvement et délais de garantie (= travaux de confortement). Rappel des points d'arrêts (**en bleu** dans le synoptique *Tableau n°5, page 44*) :

- Chronologie :

1. Constat d'exécution des prestations végétales
2. 1^{er} constat de reprise
3. Réception
4. 2^e constat de reprise
5. Constat final (= réception définitive)

Tableau n°5 : **Synoptique du marché de plantation type.**

Travaux de création	Automne	Délai Partiel 1	DP1-1 TRAVAUX PREPARATOIRES
	Hiver		DP1-2 TRAVAUX DE PLANTATION
	Printemps		≤10 j constat d'exécution des prestations végétales
Travaux de parachèvement	Avril	Délai Partiel 2	TRAVAUX DE PARACHEVEMENT
	Mai		
	Juin		
	Juillet		
	Août		
	Sept		
	Oct.		1 ^{er} constat de reprise
	Nov.		Remplacement des végétaux puis réception
	Déc.		
Délai de garantie	Janvier	Délai Partiel 3	TRAVAUX DE CONFRONTMENT
	Février		
	Mars		
	Avril		
	Mai		
	Juin		
	Juillet		
	Août		
	Sept		
	Oct.		2 ^e constat de reprise
	Nov.		Remplacement des végétaux puis constat final
	Déc.		

Les spécifications types pour les végétaux sont : densité de semis de 20 gr/m², arbustes et arbrisseaux en plants ramifiés (60 - 80 cm) dans des conteneurs C2 ou C3 ou racines nues ou plants forestiers selon espèces, arbres de hauteur 175 - 200 cm (baliveaux).

Mares

Prévoir si possible plusieurs mares sur les entonnements avec une profondeur suffisante de 60 - 70 cm (évite un atterrissement précoce et conserve plus longtemps l'eau) et des pentes douces. Forme circulaire avec une surface mini 5 m².

Une mare peut être réalisée sur le tablier en veillant à ne pas endommager les dispositifs d'étanchéité de ce dernier. Sa profondeur ne pourra souvent pas excéder une vingtaine de cm et son caractère humide restera limité. Cependant, la mare centrale peut être employée pour inciter les animaux à la contourner et ainsi passer plus près des pièges photographiques. Elle reste donc particulièrement intéressante sur les ouvrages larges.

Pour maintenir une certaine humidité les mares seront étanchéifiées par la mise en place en fond de forme, d'un feutre anti-poinçonnement (300 g/m²) + bâche type EPDM (géomembrane, épaisseur 1 mm), recouverts de terre végétale (>10 cm minimum). Pour maximiser l'approvisionnement naturel des mares en eau (pluie et ruissellement), tenir compte de la pente naturelle des terrains ou étendre davantage la géomembrane pour l'utiliser comme collecteur (cf. ci-après).

Andains

Souvent préconisé, l'andain se compose d'un alignement continu de roches (Ø 60-80 cm) avec souches et rondins de bois (Ø 10 cm minimum) liaisons par un câble en acier (passage du câble par percement dans le bois) fixé aux extrémités ou alors recouvrement de la totalité de l'andain par un grillage de type « Ursus » (maille > 10 cm) correctement raccordé au sol. Ces dispositifs doivent permettre d'éviter le vol ou le jet des matériaux sur l'autoroute.

La longueur de l'andain devra permettre de se raccorder à la végétation existante de part et d'autre de l'ouvrage.

Il convient d'utiliser des essences peu putrescibles comme le châtaignier, le robinier, voire le chêne (cf. Photos n°38). Les souches et rondins finiront cependant par se décomposer et disparaître au bout de quelques années, la végétation prenant progressivement le relais. Les habitudes de déplacement de la faune seront alors prises et le remplacement des matériaux en bois ne semble pas se justifier.



Photos n°37 : Réalisation de mares. (© VINCI Autoroutes).



Photos n°38 : Réalisation d'andains ; on note le passage du câble sur la photo de droite (de gauche à droite). (© VINCI Autoroutes).

Anti-intrusion

Prévoir un alignement de blocs d'un Ø compris entre 80-120 cm (1 à 2 t environ) disposés de manière à empêcher le passage de véhicule à 4 roues. Conserver une interdistance maximum de 1 m entre chaque bloc (cf. Photo n°39). Cet alignement de blocs sera réalisé sur entonnement hors tablier.



Photo n°39 : **Alignement de blocs anti-intrusion.**
(© VINCI Autoroutes).

Des piquets de bois (autoclave, Ø 120-200 mm) scellés verticalement (1 m hors sol) peuvent également compléter le dispositif de blocs pour réduire encore davantage la pénétration.

Un dispositif de barrières métalliques sous la forme d'une succession de barres horizontales et de cadres peut être utile également pour entraver fortement l'intrusion d'engins tout en préservant le passage de la petite et de la grande faune.



Photo n°40 : **Barrière métallique anti intrusion engin, mais perméable à la faune, sur un écopont.** (© VINCI Autoroutes).

ÉQUIPEMENTS POUR LE SUIVI ÉCOLOGIQUE

Les appareils sont souvent fixés sur les écrans bois en partie centrale. Toutefois, il paraît judicieux de prévoir également la pose d'appareils directement sur les blocs constituant l'andain (pose par percement et chevillage).

Pour l'installation éventuelle de pièges photographiques ou de SM2 par exemple sur entonnement, il est possible de prévoir la pose de deux poteaux bois (autoclave, Ø 120-200 mm) scellés verticalement (2 m hors sol) qui serviront de mats de fixation.

DISPOSITIONS PARTICULIÈRES POUR LE SUIVI PHOTOGRAPHIQUE DES ÉCOPONTS

Le suivi de la grande faune par piège photographique infrarouge est limité par les portées du flash (lisibilité des clichés nocturnes) et du détecteur, celles-ci varient selon le modèle du piège-photo et la taille des animaux détectés. Jusqu'à 8 m de large le passage de la grande faune peut-être suivi par un seul appareil, de 8 à 15 m deux pièges-photo en vis-à-vis et perpendiculaires à l'axe de l'écopont sont nécessaires. Au-delà, l'ajout d'appareils sur la partie centrale suppose de prévoir un système de fixation tel qu'un bloc de pierre suffisamment gros. L'ajout d'une mare centrale reste techniquement possible et peut utilement servir à contraindre les animaux à passer plus près des appareils.

La création d'un andain revient à ajouter un couloir de passage supplémentaire et suppose un piège supplémentaire, notamment pour la petite faune.

Pistes, zone de stockage et plateforme de travail à créer devront être réalisées sur géotextile avec apport de matériaux. Le géotextile favorisera l'enlèvement et la remise en état naturel du site.

Plateforme de travail sera clôturée (ex. type Héras). Le géotextile devra être remonté sur la clôture sur environ 1 m de hauteur afin :

- d'éviter la fuite de matériaux vers le milieu naturel ;
- d'éviter l'intrusion (risque de destruction, CNPN) de la petite faune sur la zone de travail.

Possibilité de conserver le bois coupé pour façonner l'andain ou pour son stockage sous forme de tas de bois à l'extérieur des entonnements (gîtes pour la faune).

Une attention particulière à chaque portail pour empêcher la circulation de la faune sur l'ouvrage durant le chantier au regard du risque de pénétration sur les voies (cf. Photo n°41).



Photo n°41 : Dispositif de portail de chantier avec panneau indiquant la fermeture obligatoire.
(© VINCI Autoroutes).

CHANTIER

La phase de terrassement est la plus perturbante au regard des sensibilités environnementales. Le calage de cette phase précise impose d'éviter la période de sensibilité allant d'avril-août (période de reproduction/élevage des jeunes de la plupart des espèces animales).

Pistes sensibles et emprises conformes aux préconisations environnementales **édictees lors de l'état initial écologique** (respect des mesures d'insertion, balisage, aire de stationnement, mise en défens...) à délimiter sur le plan dès le stade AVP.

INDICATIONS RÉGLEMENTAIRES

La réalisation d'un écopont suppose, à ce jour et hors cas particulier, d'établir d'un formulaire de « cas par cas » au titre de l'étude d'impact, art. R122-2 (Code de l'environnement, réforme de l'étude d'impact, rubrique n°7a -pont inférieur à 100 m).

Le formulaire de « cas par cas » intègrera l'évaluation des incidences Natura 2000 au titre du décret du 09 avril 2010 (réforme de l'évaluation).

Avant tout projet, prendre l'attache juridique nécessaire pour vérifier l'évolution du droit ou de la jurisprudence en la matière.

Fiche méthodologique 3

BANQUETTE/ENCORBELLEMENT

Spécifications issues du retour d'expérience pour la conception/réalisation des encorbellements et banquettes dans les ouvrages hydrauliques.

Banquettes et encorbellements sont tributaires de la capacité hydraulique des ouvrages, et seule une étude hydraulique permet de vérifier ce paramètre dimensionnant. Exclure cette étape préalable revient à hypothéquer fortement l'utilisation future par la faune (aménagement trop souvent inondé). Si l'aménagement affecte trop défavorablement le gabarit de l'ouvrage (rehausse de la ligne de crues, non-respect des arrêtés de police de l'eau), les risques hydrauliques et réglementaires engagent la responsabilité de l'exploitant. L'établissement de la règle hauteur d'eau/débit permettra de visualiser les options de calage altimétrique de l'aménagement projeté. Un calage inférieur à Q3 paraît souvent faible avec une occurrence d'immersion de l'encorbellement/banquette non négligeable. Souvent les configurations autoroutières permettent d'envisager un calage entre Q3 et Q5 en veillant à conserver un tirant d'air de 80 cm au-dessus de l'aménagement.

La vérification du maintien de la capacité de franchissement piscicole fait partie intégrante de l'étude et constitue une obligation réglementaire (arrêté de prescriptions générales du 28 novembre 2007). Si l'effet d'une banquette est de rehausser la lame d'eau par un rétrécissement de la largeur de l'ouvrage, cela a aussi pour effet d'accroître la vitesse de l'eau au risque de devenir infranchissable pour le poisson.

Il convient de vérifier par le calcul que le tirant d'eau et la vitesse de l'eau, projetés dans une gamme de débit comprise entre $[QMNA_5^* - 2.5 \times \text{Module}]$ (correspondant à environ 80 % du temps), sont compatibles avec les capacités de franchissement des espèces de poissons présentes dans le cours d'eau.

De nombreux projets de banquette initialement imaginés, se transforment en encorbellement, pour des raisons de gabarit hydraulique et/ou de franchissement piscicole. Dans d'autres cas, l'aménagement s'accompagne de l'ajout de barrettes, déflecteurs et autres, destinés aux poissons. Reste que l'encorbellement est souvent moins large qu'une banquette et que son raccordement aval et amont aux berges est nettement plus délicat.

Ainsi, le raisonnement de la continuité des ouvrages hydrauliques doit être pensé pour les franchissements terrestres et aquatiques.



Photo n°42 : Barrettes équipées d'un encorbellement dans un ouvrage hydraulique. (© Freyssinet)

CONFIGURATIONS

	Encorbellement	Banquette
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • moins impactant qu'une banquette pour la capacité hydraulique de l'OH; • argumentation Police de l'eau plus simple; • préfabrication qui optimise le temps de réalisation « les pieds dans l'eau ». 	<ul style="list-style-type: none"> • dispositif implanté dans le cheminement naturel des animaux; • pouvoir auto-nettoyant • installation possible dans des buses métalliques.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • impossible à faire sur buse métallique; • raccordements aux berges difficiles; • généralement moins de pouvoir auto-nettoyant (nettoyage par crue), car calés plus haut qu'une banquette. 	<ul style="list-style-type: none"> • plus impactant pour la capacité d'écoulement de l'OH qu'un encorbellement; • encadrement administratif Police de l'eau pouvant être plus complexe; • temps de réalisation généralement plus long.

Vérifier si une éventuelle réfection de l'OH (rechemisage de buses) est programmée ; le cas échéant en tenir compte pour le dimensionnement.

La largeur à rechercher est comprise entre 50 cm (minimum) et 70 cm (maximum) selon le type d'OH.

Une attention particulière est à porter au calage selon la configuration de l'OH. Cela requiert une analyse, car un calage n'est pas nécessairement parallèle au fond de la buse (risque d'immersion partielle pour des valeurs limites de Q en cas de rupture de pente dans l'OH et/ou d'effets de remous aval) ni obligatoirement calé de niveau (z constant qui peut s'avérer contraignant pour le tirant d'air).

Pour les encorbellements, les solutions de conception robustes sont à rechercher (type béton polymère, PRV*, Béton Fibré Ultra-haute Performances (BFUP)) optimisant les temps de pose.

Les solutions bois sont à éviter (vol, dégradation, pérennité moindre).

Le calcul de la résistance de l'encorbellement doit tenir compte du passage possible de l'homme dessus (intérieur et extérieur de l'OH), car aménagement toujours accessible (pêcheurs, curieux).

Attention particulière à porter aux dispositifs de raccordement aux berges en visant à :

- ne pas créer de « points durs » pour l'écoulement de l'eau;
- permettre si possible l'accès à la faune depuis le pied de berge en lit vif et le haut de berge.



Photos n°43 : Encorbellement en béton polymère, encorbellement achevé dans l'OH et raccordement offrant une possibilité de passage depuis le pied et le haut de berge et ne générant pas un point dur à l'écoulement (de gauche à droite).
(© VINCI Autoroutes).



Photos n°44 : Coffrage d'une banquette double marche (gauche) et vue de la banquette achevée à l'intérieur de l'Ouvrage Hydraulique (OH) (droite). (© VINCI Autoroutes).

DIMENSIONNEMENT

Le dossier de la Police de l'eau devra démontrer :

- l'absence d'effets néfastes sur la ligne d'eau et la capacité hydraulique de l'ouvrage ;
- l'absence d'effets dommageables sur la hauteur et la vitesse de l'eau pour le franchissement piscicole (arrêt de prescription général) et l'indication sur l'éventuel classement en liste 1 et/ou 2 (R214-17 Code de l'environnement).

L'aménagement doit effectivement permettre le franchissement piscicole durant 80 % du temps, les hauteurs et les vitesses modélisées dans une gamme de débits comprise entre $[QMNA_5^* - 2,5 \times \text{Module}^1]$ devront être compatibles avec les capacités de franchissement des espèces de poissons présents sur ce cours d'eau.

Cette démonstration vaut pour un encorbellement comme pour une banquette. L'incidence de l'encorbellement est généralement moindre, car il n'affecte pas les vitesses de l'eau pour des débits inférieurs à son calage (puisque hors d'eau). La banquette agit dans tous les cas sur la hauteur et la vitesse de l'eau (une démonstration du champ des vitesses peut être utile).

Pour ces raisons, un projet d'aménagement d'ouvrage hydraulique pour la faune terrestre s'accompagne très souvent de l'ajout de rugosités ou autres déflecteurs (adaptés à la capacité de l'OH) permettant de réduire la vitesse de l'eau pour conserver des valeurs compatibles avec les capacités de nage des poissons présents.

Si l'ouvrage ne permettait déjà pas le franchissement piscicole avant aménagement, il convient de prévoir l'ajout, à l'occasion du projet, de rugosités ou autres dispositifs adaptés en veillant à leur compatibilité avec la capacité hydraulique de l'ouvrage.

En cas de mouvement de sédiments pour les besoins du chantier (curage puis remise dans l'OH ou besoin d'un apport extérieur), leur innocuité devra être démontrée au moyen d'une analyse sédimentaire (analyse dite « S1 » conformément à l'arrêté du 09 août 2006).

DISPOSITIONS PARTICULIÈRES POUR LE SUIVI PHOTOGRAPHIQUE DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Les contraintes de suivi des ouvrages hydrauliques aménagés sont très variables (dimensions, largeur utile, matériaux des parois, accessibilité d'ouvrage en eau, etc.). Ils sont donc généralement traités au cas par cas. Comme pour les écoducs, il est préférable de positionner l'appareil à 5 m à l'intérieur de l'ouvrage, orienté vers le côté le plus long. Pour cela, divers supports (cornière, bras articulé) de fixation peuvent être envisagés pour suspendre le boîtier afin de ne pas entraver le passage de la faune sur une largeur utile souvent réduite (50 cm), et de garder ainsi un recul suffisant pour la détection des passages.

¹ Débit moyen interannuel

CLÔTURES

Contrairement aux écoducs et écoponts pour lesquels les clôtures ont un rôle prépondérant de guidage notamment pour l'herpétofaune, les clôtures se raccordent rarement aux ouvrages hydrauliques, le rôle de guidage est moindre et les enjeux amphibiens ne sont pas à rechercher ici.

Ainsi seul un renfort de clôtures petites mailles avec une simple couche de 25 x 13 mm ou 25 x 25 mm (Ø du fil 1,8 mm) semi enterré sur 30 cm dans le sol et minimum 70 cm hors sol est nécessaire (cf. Figure n°8).

Renfort à prévoir sur environ 150 ml de part et d'autre de l'OH dans chacun des 2 sens soit un linéaire d'environ 600 ml.

Dans la majeure partie des cas, le repositionnement et le remplacement de la clôture autoroutière sont inutiles pour ce type d'aménagement (sauf état de détérioration ne permettant pas le renforcement). À vérifier au préalable au niveau AVP.

ÉQUIPEMENTS POUR SUIVI ÉCOLOGIQUE

Prévoir la pose d'un « L » constitué de 2 morceaux de cornière fixés aux parois de l'ouvrage hydraulique à 80 cm au-dessus de l'encorbellement ou de la banquette.

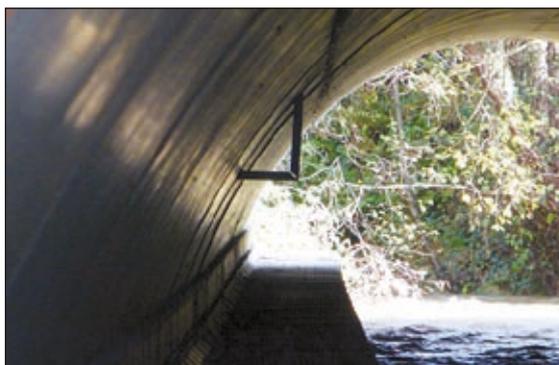


Photo n°45 : Fixation du « L » en vue du suivi écologique post-aménagement. (© VINCI Autoroutes).

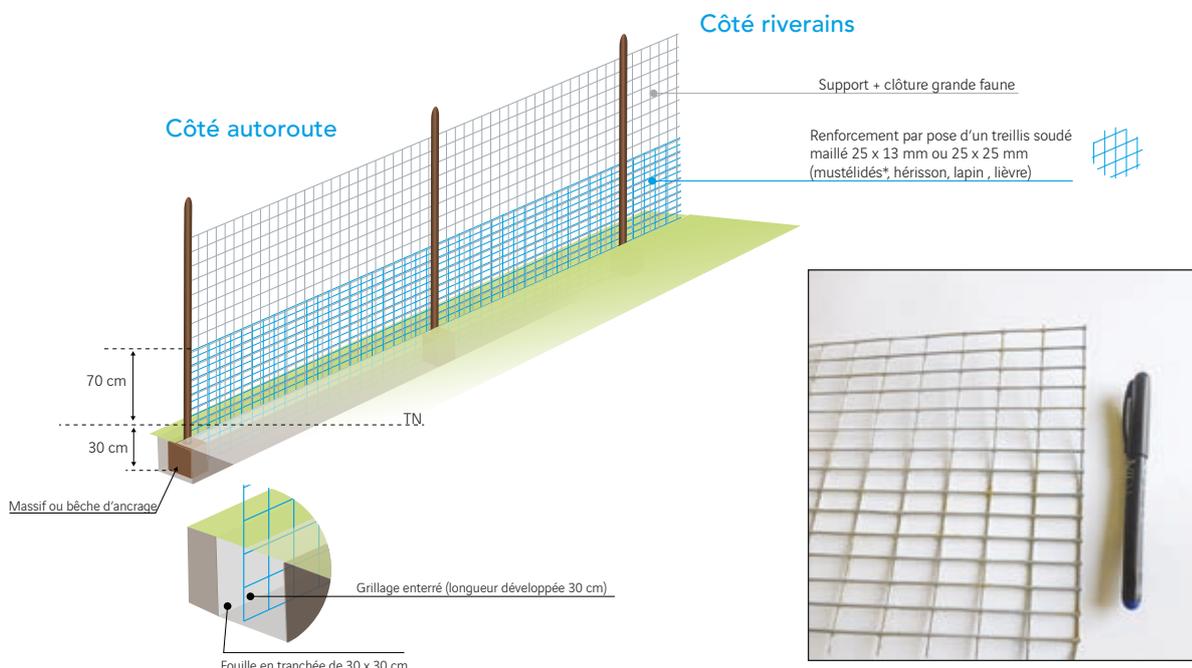


Figure n°8 : Mailles en 25 x 13 mm et schéma de renforcement (de gauche à droite).

CHANTIER

Bien que limité à la période de basses eaux, le calendrier de réalisation favorable (cf. *Direction départementale des territoires (DDT) compétente*) variera selon les enjeux écologiques présents (ex. si enjeux Loustre/Vison, il peut être demandé de ne travailler qu'à partir de septembre, si enjeux Écrevisse à pattes blanches, cela peut être retardé parfois jusqu'en octobre selon la sensibilité).

Dérivation par busage du cours d'eau requise avec batardeaux et pêche électrique préalable de sauvegarde imposée (cf. *Photos n°46*).

Pistes et emprises conformes aux préconisations environnementales des fiches projets transmises (respect des mesures d'insertion, balisage, aire de stationnement, mise en défens...), à délimiter sur le plan de l'AVP.

Les pistes sensibles, zone de stockage et plateforme de travail à créer devront être réalisées sur géotextile avec apport de matériaux. Le géotextile favorisera l'enlèvement et la remise en état naturel du site.

La plateforme de travail sera clôturée (ex. type Héras). Le géotextile devra être remonté sur la clôture sur environ 1 m de hauteur afin d'éviter :

- la fuite de matériaux vers le milieu naturel ;
- l'intrusion (risque de destruction, CNPN) de la petite faune sur la zone de travail.

Plan de prévention pollution obligatoire, dispositifs de filtration adéquats et précautions anti-pollution (cf. *Photos n°47*).



Photos n°47 : Kit anti-pollution, groupe électrogène sur cuve double fond avec bâche imperméable tout autour (de haut en bas). (© VINCI Autoroutes).



Photos n°46 : Dérivation par busage et batardeaux (on note la matérialisation du raccord à la berge sur la photo), pêche électrique préalable réalisée par une FDPPMA (de gauche à droite). (© VINCI Autoroutes).

Veiller à éviter toute érosion régressive des berges et du lit notamment au droit de la sortie d'eau aval du busage de dérivation. L'installation d'un dispositif anti-érosif ou autre système est préconisé au niveau de cette sortie d'eau pour préserver le lit de la rivière (cf. Photo n°48).



Photo n°48 : Bâchage anti-érosif en sortie de la buse de dérivation. (© VINCI Autoroutes).

INDICATIONS RÉGLEMENTAIRES

La réalisation d'un encorbellement est soumise, à ce jour et hors cas particulier, à encadrement administratif de la Police de l'eau (généralement de type « déclaration » ou « porter à connaissance » pour les ouvrages autorisés au titre du R214-18 et R214-51 du Code de l'environnement).

S'agissant d'un encadrement administratif de la Police de l'eau, le dossier intègre obligatoirement une évaluation des incidences Natura 2000 au titre du décret du 09 avril 2010 (réforme de l'évaluation).

Avant tout projet, prendre l'attache juridique nécessaire pour vérifier l'évolution du droit ou de la jurisprudence en la matière.



GLOSSAIRE

Anoure : (littéralement « sans queue »), amphibien dépourvu de queue à l'âge adulte et possédant des membres postérieurs adaptés au saut (grenouilles, crapauds).

Banquette : structure de type marche simple ou multiple, reposant sur le fond d'un ouvrage hydraulique ; calé latéralement, permettant le passage de la faune à pieds secs.

CARMEN : Cartographie du Ministère de l'Environnement.

DDT : Direction Départementale des Territoires.

Écoduc : passage inférieur de petites à moyennes dimensions (jusqu'à environ 2 m de large) permettant le passage de la faune sous l'infrastructure de transport (ex. : buse sèche avec substrat terreux).

Écopont : passage supérieur, d'une largeur suffisante et aménagé pour l'ensemble de la faune sauvage (petite, moyenne et grande) en créant une diversité d'habitats (semis, plantations, mares, andains, caches...) pour permettre le passage d'un maximum d'espèces animales au-dessus de l'infrastructure de transport.

Ectotherme : les organismes ectothermes sont des organismes dont la température corporelle est la même que celle du milieu extérieur.

ELS : États Limites de Service en matière d'ouvrages d'art.

Encorbellement : structure fixée aux parois d'un ouvrage (généralement hydraulique) permettant le passage de la faune à pieds secs.

Eurocodes : les Eurocodes constituent un ensemble de 58 normes européennes, d'application volontaire, harmonisant les méthodes de calcul utilisables pour vérifier la stabilité et le dimensionnement des différents éléments constituant des bâtiments ou ouvrages de génie civil, quels que soient les types d'ouvrages ou de matériaux.

Grande faune : cerf élaphe, chevreuil, sanglier, chamois, loup, lynx...

Littérature grise : ce terme désigne les documents édités hors des circuits commerciaux par des organismes publics ou privés : rapport d'études, actes de colloques, thèses, etc.

MES : matières en suspension.

Moyenne faune : mustélidés (fouine, martre, putois, genette, blaireau, loutre, vison d'Europe) renard, chat sauvage, lapin de garenne, lièvre...

Mustélidés : famille de mammifères carnivores de petite ou moyenne taille, à longue queue, aux pattes courtes, au corps long et étroit (belette, hermine, martre, fouine, putois, vison, loutre, blaireau...).

Nidifuge : espèce dont les individus sont capables de se déplacer en marchant pratiquement dès la naissance.

ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques.

Petite faune : batraciens, reptiles, petits mustélidés (belette, hermine) micromammifères (mulot, campagnol, musaraigne...) hérisson d'Europe...

PIGF : Passage Inférieur Grande Faune.

PLU : Plan Local d'Urbanisme.

PLUi : Plan Local d'Urbanisme intercommunal.

PVA : Paquet Vert Autoroutier.

PRV : Polyester Renforcé en fibres de Verre.

Q3 : débit de crue (en m³/s) pour une période de retour de 3 ans.

QMNA5 : débit minimum se produisant en moyenne une fois tous les 5 ans.

SCoT : Schéma de Cohérence Territorial.

SRCE (schéma régional de cohérence écologique) : schéma d'aménagement du territoire permettant notamment l'élaboration de la Trame Verte et Bleue.

Taxon : correspond à une entité d'êtres vivants regroupés parce qu'ils possèdent des caractères en commun du fait de leurs parentés.

Technique « à front ouvert » : méthode de creusement semi-manuelle par laquelle les opérateurs creusent à l'avancement.

Urodèle : (littéralement « queue visible »), amphibien pourvu d'une queue à l'âge adulte et se déplaçant en utilisant ses 4 pattes (ex : triton).



DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

- **Guide technique** – *Passages pour la grande faune*, SETRA, décembre 1993.
- **Guide technique** – *Aménagements et mesures pour la petite faune*, SETRA, août 2005.
- **Bilan d'expérience** – *Routes et passages à faunes, 40 ans d'évolution*, SETRA, août 2006.
- **Rapport COST 341** – *Fragmentation des habitats due aux infrastructures de transport*, SETRA, septembre 2007.
- **Note d'information** – *Clôture routière et faune*, SETRA, 2008 (en refonte).
- **Guide 3 du COMOP TVB** – *Prise en compte des orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques par les grandes infrastructures linéaires de l'État et de ses établissements publics – 3^e document en appui à la mise en œuvre de la Trame verte et bleue en France: Allag-Dhuisme F., Barthod C., Bielsa S., Brouard-Masson J., Graffin V., Vanpeene S., Chamouton S., Dessarps P-M. Orsini A., 2010.*
- **Note d'information n°96** – « *Petits ouvrages hydrauliques et continuités écologiques – Cas de la faune piscicole* », SETRA, décembre 2013.
- **Informations sur la Continuité Écologique - ICE** – *Évaluer le franchissement des obstacles par les poissons. Principes et méthodes*, ONEMA, juillet 2014.
- **Article scientifique publié dans la Revue d'Écologie** – « *Fagart S., Heurtebise C., Quaintenne G., Jourde P., Micol T. (2016) - Fréquentation de buses dédiées aux passages de la petite et moyenne faune sous 2 autoroutes de l'ouest de la France. Bilan des deux premières années de suivis par pièges photographiques : La Terre et la Vie, Vol. 71 (1) : 82-98* ».
- **Guide technique** – *Chiroptères et infrastructures de transport*, CEREMA, avril 2016.
- **Rapport du retour d'expérience des aménagements et des suivis faunistiques sur le réseau VINCI Autoroutes** – VINCI Autoroutes, LPO France, CEREMA, 2016.
- **Wildlife surveys following the construction of modified culverts - Developing and providing a vibration-trap** – FAGART, S. & HEURTEBISE C. (2016). IENE, 2016.
- **Use by large mammals of wildlife crossing structure on an overpass in western France. Results of the first three years of camera-trap surveys** – BOUTON, G., DAVID, M., HEURTEBISE, C. (2016). IENE, 2016.





VINCI Autoroutes

Direction Technique de l'Infrastructure
74, allée de Beauport
84278 Vedène cedex
Tél. : +33 (0)4 90 32 73 54
Fax : +33 (0)4 90 32 91 08

