Cerema

Note d'information
Environnement – Santé – Risque

Infrastructures linéaires de transport et Odonates

Les Odonates, plus communément appelées Libellules, sont représentés par des espèces inféodées aux milieux aquatiques et aux zones humides. On compte 96 espèces en France métropolitaine. Dix d'entre elles bénéficient d'une protection au niveau national. Selon l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) le territoire français métropolitain possède la plus grande richesse spécifique d'Europe et l'un des plus fort taux d'endémisme du continent à savoir que 8 espèces sont uniquement présentes en France métropolitaine. La responsabilité de la France vis-à-vis de la sauvegarde des Odonates revêt donc une importance capitale.



Les libellules vivent, selon les espèces, dans et à proximité de nombreux habitats de milieux humides et aquatiques. Cependant, depuis 1960, plus de 50 % de ces types de milieux ont disparu en France métropolitaine [1].

L'impact des infrastructures linéaires de transport (ILT) sur les populations d'Odonates est surtout lié à la destruction et/ou à la fragmentation de leurs habitats. Les mesures à mettre en place, dans le cadre des études d'impact des projets d'ILT, doivent être adaptées et proportionnées aux impacts identifiés. Elles doivent également prendre en compte les exigences écologiques spécifiques à chaque espèce ainsi que leur état de conservation et celui de leurs habitats sur le territoire concerné.

Cette note, après une présentation du cycle de vie des Odonates et des milieux qu'ils occupent, présente quelques aspects réglementaires et outils d'aide à la hiérarchisation des enjeux en lien avec les Odonates. Certains volets de l'étude d'impact nécessaires aux projets d'ILT sont détaillés à travers la prise en compte de ce groupe taxonomique. Des exemples de mesures d'évitement, de réduction et de compensation (ERC) ainsi que des méthodologies de suivi sont également proposées.

Cette note d'information s'adresse aux maîtres d'ouvrage, gestionnaires d'infrastructure ainsi qu'aux différents acteurs de l'environnement (associations, établissements publics, conservatoires, etc.).



Note n° 05 - Décembre 2019

Collection | **Connaissances**

Écologie des Odonates

La plupart des éléments concernant l'écologie des Odonates expliqués dans cette fiche sont issus, sauf mention contraire, de l'ouvrage de référence sur les Odonates : Les libellules de France, Belgique et Luxembourg, Collection Parthénope Daniel Grand et Jean-Pierre Boudot, biotope Édition (2006) [2].

Classification des Odonates

L'ordre des Odonates est représenté en France métropolitaine par :

- le sous-ordre des Zygoptères ou « Demoiselles »
- le sous-ordre des Anisoptères ou Libellules « vraies ».

Les principales différences entre ces deux « groupes », pour les espèces métropolitaines, sont :

- Zygoptères : petites libellules, avec les ailes antérieures et postérieures identiques, généralement fermées au repos lorsqu'elles sont posées.



Exemple de Zygoptère :
Ceriagrion tenellum (De villier, 1789) Agrion délicat

- Anisoptères : libellules de taille moyenne à grande, robustes, avec les ailes antérieures plus étroites que les postérieures, étalées au repos.



Exemple d'Anisoptère :
Libellula depressa (Linné, 1758) Libellule déprimée mâle

Cycle de vie

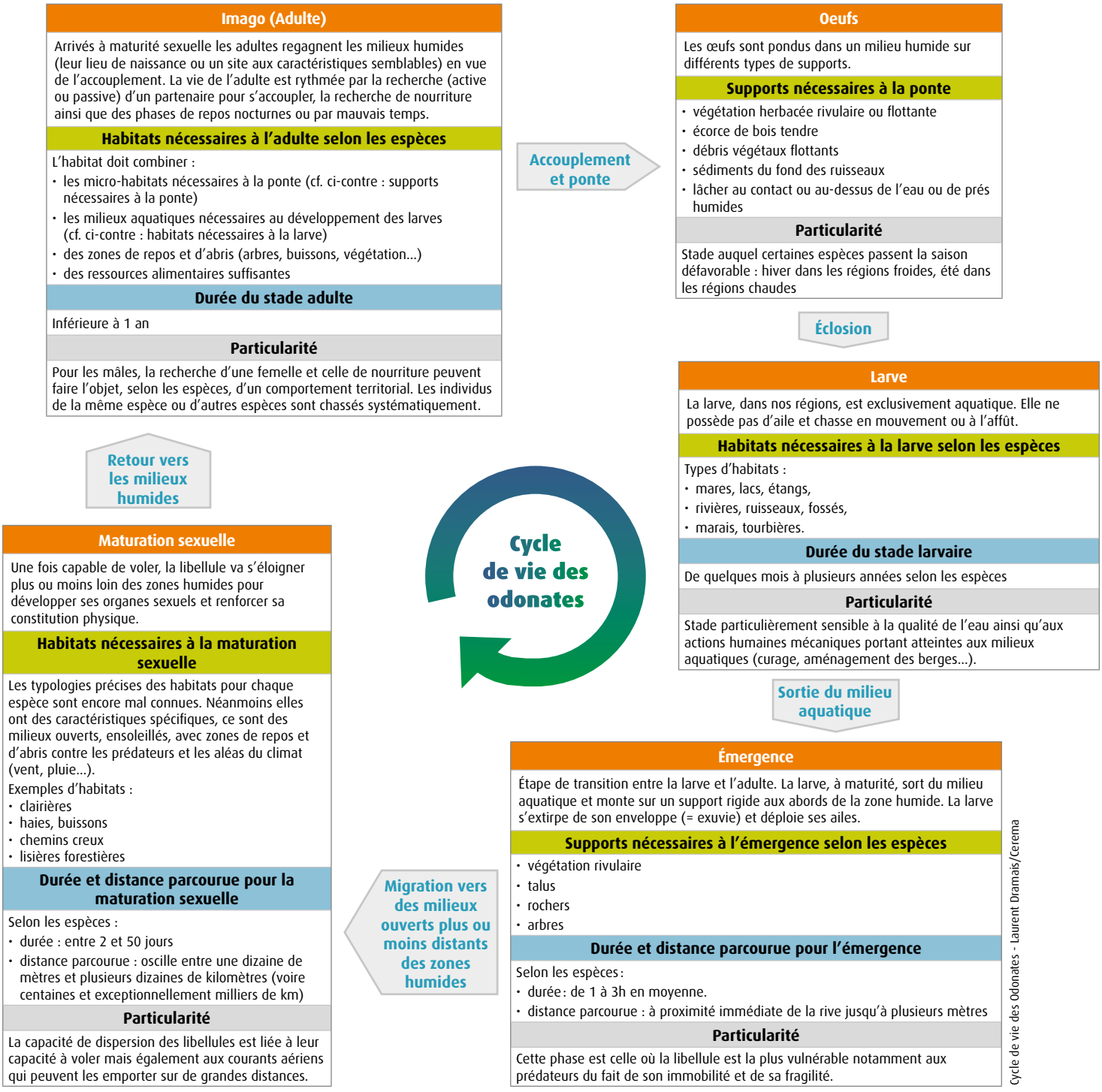
À l'instar de nombreux insectes, le cycle de vie des Odonates est rythmé par plusieurs phases de développement jalonnées de mues qui vont transformer profondément leur morphologie.

On distingue 5 principales phases de développement dans la vie d'une libellule dont la durée peut varier, selon les espèces et la latitude, entre plusieurs années (phase larvaire) à quelques heures (phase d'émergence). Selon les espèces, chaque phase correspond à un habitat ou micro-habitat spécifique. Certaines espèces sont inféodées pour tout ou partie de leur cycle de vie à des habitats très spécifiques quand d'autres sont plus généralistes (espèces pionnières/ubiquistes). La dernière mue ou mue imaginale donne naissance à l'insecte adulte, appelé également imago, c'est à ce stade qu'il arrive à maturité sexuelle.

Les Odonates sont des insectes prédateurs tant en phase larvaire qu'en phase adulte. À ce titre, leurs effectifs sont moins élevés que les populations de proies (moustiques, mouches, papillons...), leur fécondité est plus faible et leur durée de vie reproductive est plus longue que les autres groupes d'insectes inféodés aux zones humides [3].

Ainsi, toutes les actions écologiques sur les milieux naturels telles que la restauration, la réhabilitation, la création ou la gestion doivent être adaptées afin de prendre en compte les exigences écologiques spécifiques des différentes espèces concernées et leur permettre d'effectuer l'ensemble de leur cycle de vie. Ces actions portent sur trois éléments principaux des milieux humides en interaction : le sol, l'eau et la végétation [4].

Le schéma page suivante illustre le cycle de vie des libellules avec un panel de milieux, non exhaustifs, dont elles sont dépendantes pour chaque phase de développement.



Statut réglementaire des Odonates

Les Odonates font l'objet de différentes protections réglementaires concernant les individus et les différents milieux qui les abritent. Cela concerne les espèces inscrites aux différentes annexes de la Directive européenne dite Habitats Faune Flore dans le cadre du réseau Natura 2000 [5] et [6] ainsi que les espèces bénéficiant d'une protection nationale [5] (et régionale pour l'Île-de-France). Les atteintes aux habitats humides et aquatiques qu'elles fréquentent sont soumises à la Loi sur l'eau [5]. L'atteinte à ces espèces et/ou aux milieux humides qu'elles fréquentent, nécessitent l'engagement de démarches administratives par les maîtres d'ouvrage (MO) [5]. En dehors de ces demandes « spécifiques », les Odonates sont aussi à considérer dans l'élaboration de toute étude d'impact.

Outils administratifs pour la prise en compte des Odonates

Le cadre réglementaire évoqué ci-dessus nécessite, de la part des MO, une prise en compte des Odonates à différentes échelles. Les différents enjeux et impacts identifiés peuvent s'appuyer sur les documents et listes de références pour justifier des enjeux et des actions écologiques proposées. On peut citer ici les listes rouges (LR) nationale et régionale [7], le Plan National d'Actions en faveur des Odonates (PNAO) [8] et ses déclinaisons régionales ainsi que les Espèces à enjeu pour la cohérence nationale de la Trame Verte et Bleue (TVB) [9].

Méthodologie pour la prise en compte des Odonates dans les projets d'infrastructure linéaire de transport

Les projets d'ILT peuvent générer des impacts sur les populations d'Odonates soit :

- dans le cas de la destruction d'individus (larves ou imagos) ;
- lors de la dégradation/destruction des différents milieux qui les abritent notamment l'ensemble des milieux humides.

Ainsi, certains volets de l'étude d'impact nécessitent une attention particulière au vu des caractéristiques écologiques des Odonates. Il est à noter que les dossiers de demande de dérogation s'améliorent globalement. Les différents points, détaillés ci-dessous, sont indispensables à la complétude et la pertinence des études d'impacts [10].

L'état initial de l'environnement (EIE)

La qualité de cet état initial est un préalable indispensable pour « assurer la justesse et la pertinence des étapes suivantes de l'étude d'impact » [11] (mesures ERC, de suivi...). Concernant les Odonates, l'exhaustivité de l'EIE nécessite une recherche bibliographique des données disponibles sur le territoire du projet ainsi que des inventaires de terrain basés sur des protocoles adaptés aux différentes espèces (nombre de passages, période, modalité d'échantillonnage...). Des compétences spécifiques sont indispensables.

Recherche bibliographique

Elle doit se baser sur les inventaires existants réalisés sur le territoire (ZNIEFF, SINP, Système d'information régionaux, plateformes GINCO, INPN, données d'associations naturalistes...), les zonages réglementaires (RNN, APB...) et les outils nationaux (PNA et LR nationale). Cette recherche doit également s'appuyer sur les déclinaisons régionales du PNA à travers le Plan Régional d'Action ainsi que les listes rouges régionales lorsqu'ils (elles) sont disponibles, des référents locaux sur cette thématique doivent être sollicités le cas échéant. Ce travail permet d'affiner au niveau du territoire du projet les enjeux locaux en lien avec les Odonates et d'orienter les inventaires de terrain.

Inventaires de terrain

Les particularités écologiques des Odonates (phase larvaire, maturation, zones de chasse et de repos...) nécessitent l'utilisation de techniques et de méthodes d'inventaires spécifiques. En l'absence de protocole spécifique aux études d'aménagement, la Société Française d'Odonatologie propose sur son site internet des techniques et méthodes. On trouve ainsi des préconisations selon le type d'étude (inventaire, suivi, étude), les types d'habitats, la périodicité des relevés ainsi que de nombreuses recommandations [12]. À noter que les dates et conditions météorologiques dans lesquelles ont été réalisés les inventaires sont des paramètres importants à mentionner car elles conditionnent la présence ou l'absence de certaines espèces et donc la qualité desdits inventaires.

Analyse des effets d'un projet d'ILT sur les Odonates

Les impacts sur les Odonates et leurs milieux proviennent de la spécificité des projets d'ILT : caractéristiques techniques, emprise, phase travaux... Ils sont dus aux différents travaux nécessaires à la création de nouveaux ouvrages : terrassement, nivellement, excavation, déblais/remblais, passage d'engins... ou, a posteriori, en phase d'exploitation, à la dégradation des milieux plus ou moins proches de l'infrastructure (modification des écoulements, pollution, entretien des dépendances...). Tous les habitats nécessaires à l'ensemble du cycle de vie des Odonates sont potentiellement concernés (habitats larvaires, zones de repos, maturation sexuelle...). Ainsi, l'analyse des effets du projet sur les Odonates nécessite certains points d'attention [10] au vu de la variété des impacts possibles :

- une vigilance particulière doit être portée sur la destruction/perturbation d'habitats naturels d'espèces d'Odonates par effet d'influence du projet (emprise, ruissellement/infiltration...) ;
- être attentif à l'évolution des lieux d'alimentation, reproduction, maturation sexuelle de la phase chantier à l'exploitation ;
- identifier le risque de modification des conditions écologiques (régime hydraulique, composition de la végétation, etc.) ;

Ainsi, les projets d'ILT peuvent générer des impacts plus ou moins importants sur les individus et les habitats nécessaires à l'ensemble du cycle de vie des Odonates.

Les différents types d'impacts des projets sur les Odonates

- La destruction d'individus en phase travaux

La destruction d'individus concerne surtout le stade larvaire via le comblement et/ou la modification des écoulements pouvant provoquer l'assèchement et/ou l'envasement des milieux aquatiques et humides entraînant la destruction des larves. Concernant la phase adulte, les individus de certaines espèces de zygoptères, aux capacités de vol limitées, peuvent être détruits en phase chantier lors des travaux de terrassement si ces derniers sont réalisés à une période inadéquate (période de vol notamment). Cela concerne également les spécimens en phase d'émergence.

- La destruction de milieu

Ces impacts sont liés à la destruction des habitats aquatiques dans lesquels se développent les larves : mares, étangs, fossés, rivières via les travaux évoqués plus haut. S'y ajoutent d'autres types de travaux inhérents à certains chantiers : curage, busage, recalibrage, dérivation de cours d'eau. Les milieux nécessaires aux autres stades de développement peuvent également être détruits lors du chantier : destruction de haies, mégaphorbiaies, ripisylves...

- La dégradation de milieu

Ces dégradations se caractérisent notamment par la modification des caractéristiques écologiques des milieux : modifications de la végétation rivulaire ou aquatique ou physico-chimiques des milieux aquatiques telles que modification du débit, de la turbidité, du pH, envasement... et peuvent provoquer la destruction des individus en phase larvaire ou d'émergence et ce bien après la phase chantier. Les cours d'eau interceptés et/ou situés à proximité du projet peuvent être sujets à la pollution des eaux superficielles si les eaux de ruissellement ne sont pas collectées et traitées avant rejet dans le milieu naturel. Concernant les imagos, ces dégradations concernent tout ou partie des habitats nécessaires à la chasse et le repos : dégradation des haies, prairies, bosquets, lisières, chemins...

- Fragmentation des habitats

Les travaux liés aux projets d'ILT peuvent être à l'origine de la fragmentation des habitats nécessaires au cycle de vie des libellules via l'effet barrière engendré. Cet effet se caractérise par une barrière physique mais aussi par une rupture des conditions thermique et lumineuse et peut s'illustrer par le fait que certaines espèces de zygoptères volant le long de berges ensoleillées interrompent leur vol au niveau de l'ombre portée d'un viaduc sur des berges d'un cours d'eau.

Cela concerne en particulier les espèces inféodées à des habitats très spécifiques, parfois rares, et/ou ayant une capacité de dispersion faible. Par exemple, l'Agrion de Mercure est très sensible à la fragmentation du fait de sa faible capacité de dispersion et de ses exigences écologiques spécifiques et bien que son habitat se retrouve sur l'ensemble du territoire métropolitain l'une des principales menaces qui pèse sur cette espèce est le manque de connectivité entre les différentes populations [8].

Évaluation des impacts

Les impacts identifiés doivent être évalués et hiérarchisés. Cette évaluation s'effectue au vu de la réglementation et des enjeux nationaux et locaux de préservation des espèces d'Odonates. Elle s'appuie notamment sur la présence ou non, sur les sites impactés, d'espèces :

- avec un statut de protection réglementaire (nationale ou régionale) ;
- d'intérêt communautaire ;
- inscrites sur les listes rouges nationale et/ou régionale ;
- faisant l'objet d'actions spécifiques du PNAO et/ou des PRAO ;
- à enjeu pour la cohérence de la TVB.

La seule présence de ces espèces sur le périmètre du projet ne permet pas de hiérarchiser les impacts de façon satisfaisante. Une évaluation de leur état de conservation et ce à différentes échelles, notamment régionale et locale dès l'état initial est nécessaire. Par exemple *Cordulegaster bidentata*, espèce non réglementée, est classée LC (préoccupation mineure) sur la LR nationale mais est classée menacée catégorie EN : « en danger » sur la LR de la région PACA et doit donc être prise en compte de manière approfondie dans les éventuels projets impactant cette espèce en PACA.

Il est à noter que l'évaluation de l'état de conservation est souvent négligée dans les dossiers de demande de dérogation en cas d'atteinte aux espèces protégées [10] alors qu'il conditionne l'obtention de ladite dérogation (ali. 4° art. L.411-2 du code de l'environnement).

Le PNA propose un protocole pour évaluer l'état de conservation de certaines espèces d'Odonates sur un site donné avec 4 indicateurs principaux : estimation des effectifs, qualité de l'habitat, dégradation et perspectives [8]. Les PRAO fournissent également un état des lieux de l'état de conservation de certaines espèces de leur territoire.

Mesures : éviter, réduire, compenser, accompagner (ERCA)

Lorsque les impacts bruts du projet ont été identifiés et hiérarchisés, dans le cas d'atteintes aux espèces d'Odonates protégées, menacées et/ou des milieux humides dont elles dépendent, une réflexion doit être menée pour *Éviter* ces impacts ou les *Réduire*. S'ils ne peuvent être évités ou suffisamment réduits et que des impacts résiduels demeurent, il faut les *Compenser*. Des mesures d'*Accompagnement* peuvent également venir compléter cette démarche (non traitées ici).

Sont présentés ci-après des exemples de mesures ERC issues de projets existants ou, à défaut, de préconisations issues du guide du CGDD : Guide d'aide à la définition des mesures ERC, 2018 [13].

Les exemples ci-dessous peuvent concerner les populations d'Odonates aux différents stades de développement et/ou aux habitats dont elles dépendent.

Évitement

Définition : « Mesure qui modifie un projet ou une action d'un document de planification afin de supprimer un impact négatif identifié que ce projet ou cette action engendrerait » [14].

Sont donc considérées comme évitement les mesures qui suppriment totalement un impact, à savoir qu'aucune atteinte n'est portée au milieu et/ou à l'espèce identifiée pendant toute la durée du projet (travaux et exploitation).

Deux types d'évitement peuvent être mis en place pendant les différentes phases associées au projet (élaboration, travaux, exploitation) :

Évitement géographique

Exemples :

- redéfinition des caractéristiques du projet : choix d'un tracé alternatif de l'infrastructure et/ou des différents chemins d'accès au chantier et/ou des installations de chantier,
- mise en défens (par le biais d'un balisage par exemple) pendant les travaux ou de manière permanente en phase d'exploitation.

Évitement technique

Exemple : absence totale de rejet dans le milieu naturel (eaux pluviales et de chantier), source de pollutions à l'origine de potentielle destruction de larves, via la collecte et le traitement des eaux de ruissellement du chantier en circuit fermé.

Exemple d'évitement : Redéfinition des emprises d'un bassin d'assainissement

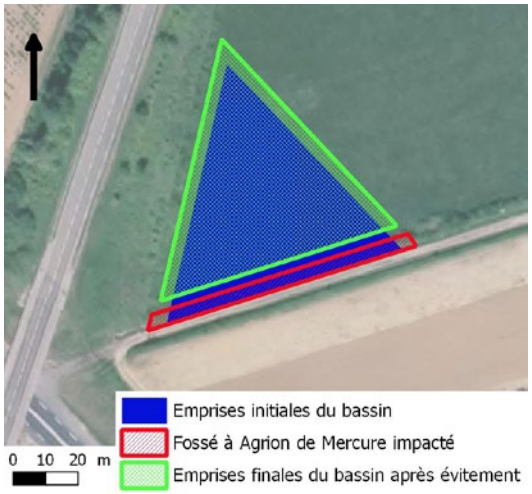
D'après : Demande de dérogation relatif à la mise à 2x2 voies de la RN79 (DREAL BFC 2017)

- Description de la mesure

L'emplacement du futur bassin d'assainissement, ci-dessous en bleu, a été redéfini pour éviter un fossé abritant l'Agrion de Mercure.

- Coûts

Cette mesure d'évitement est intégrée aux coûts de conception du projet et permet d'éviter tout impact lié à la destruction d'individus et de l'habitat de l'Agrion Mercure. Ainsi, il n'y a pas de coût spécifique associé à cette mesure. Les éventuels surcoûts générés par rapport au projet initial sont à pondérer par les économies engendrées par l'absence de nécessité de mesure de réduction ou de compensation. Il faut néanmoins vérifier que la présence du bassin n'a pas d'impact indirect sur le fossé : drainage, rejet ou infiltration des eaux du bassin.



Réduction

Définition : « Mesure définie après l'évitement et visant à réduire les impacts négatifs permanents ou temporaires d'un projet sur l'environnement, en phase chantier ou en phase exploitation. » [14]

On retrouve ici des mesures similaires à celles considérées au titre de l'évitement mais pour lesquelles les mesures mises en place n'ont pas permis d'éviter un impact en totalité.

Réduction géographique

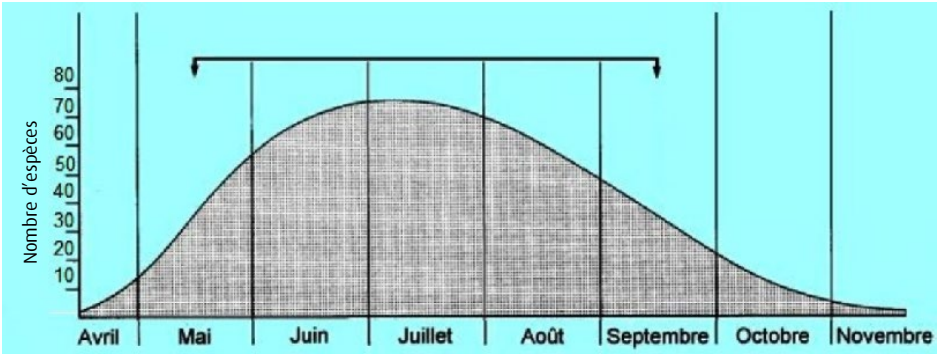
Exemple : mise en place de balisage et/ou mise en défens d'une partie d'un milieu accueillant une population d'Odonates.

Réduction technique

Exemples : mise en place de dispositifs d'assainissement provisoire de gestion des eaux pluviales et de chantier, gestion écologique des habitats favorables aux Odonates dans la zone d'emprise du projet, maintien d'un débit minimum "biologique" de cours d'eau, pose de filet sur les parapets d'un pont afin d'éviter les collisions [15].

Réduction temporelle

Exemple : adapter la période des phases travaux ou d'entretien sur l'année selon le contexte et/ou les espèces concernées. Exclure les périodes d'émergence (toutes espèces confondues), la période d'observation favorable (cf. graphique ci-dessous) ou, si la totalité du milieu aquatique est impactée, éviter les interventions hivernales (qui pourraient détruire l'ensemble des larves et donc la population entière).



Courbe moyenne d'activité des adultes de l'ensemble des espèces se développant en plaine au cours de l'année (d'après SFO) [16]. La période d'observation favorable se situe entre mi-mai et mi-septembre.

Exemples de mesures de réduction

1. Mise en place d'un dispositif de franchissement de cours d'eau

- Description de l'impact et mesure associée

Les engins de chantier peuvent, par leur passage, dégrader les petits cours d'eau et fossés, habitats de certaines espèces d'Odonates. La mise en place d'un dispositif de franchissement temporaire est une des mesures de réduction possible.

- Coûts

Pont en rondin ou passerelle métallique, ces types de dispositif coûtent entre 1 000 et 1 500 €.



2. Gestion des MES en phase chantier

- Description de l'impact et mesure associée

L'ensemble des phases travaux d'un chantier d'infrastructure est concerné par la problématique des matières en suspensions (MES) relarguées dans les milieux humides et aquatiques. Les Odonates dans leur vie larvaire sont très sensibles à la qualité de l'eau, notamment à la turbidité, qui dépend de la concentration en MES. La mise en place de filtres à paille en amont des bassins de décantation permet la gestion d'une partie de ces MES et permet également de gérer, en partie, d'autres types de pollutions (chimiques, hydrocarbures...) [17].

- Coûts

Mise en place et entretien : bassin de décantation + filtre à paille sur 2 ans = environ 5 000 €.



3. Adapter les périodes de travaux aux cycles biologiques des espèces

- Description de l'impact et mesure associée

Dans ou à proximité des zones à enjeux pour les Odonates, il s'agit d'éviter les travaux aux périodes les plus sensibles. Principalement lors des phases d'émergence pour l'ensemble des espèces et en période de vol pour les zygoptères dont les capacités de vol sont limitées. Ces périodes sont variables selon les espèces, les régions ainsi que les conditions climatiques. Une recherche bibliographique est donc nécessaire pour connaître ces périodes sensibles selon la biologie des espèces impactées et la localisation du projet. Ces éléments sont à pondérer par les conditions météorologiques du moment (variation des périodes d'émergence).

- Coût

Ce type de mesure est en général intégré aux coûts des travaux avec un travail sur le phasage le plus approprié des différents travaux à effectuer sur les zones à enjeux.

Compensation

Définition : Chaque mesure compensatoire est conçue en réponse à un impact résiduel à savoir un impact subsistant après application des mesures d'évitement puis de réduction. Les articles L.163-1 et suivant du code de l'environnement définissent réglementairement les mesures compensatoires qui sont « (...) rendues obligatoires par un texte législatif ou réglementaire pour compenser, dans le respect de leur équivalence écologique, les atteintes prévues ou prévisibles à la biodiversité occasionnées par la réalisation d'un projet (...) ».

Ces mesures doivent répondre aux principes suivants :

- équivalence écologique avec la nécessité de « compenser dans le respect de leur équivalence écologique » ;
- « objectif d'absence de perte nette voire de gain de biodiversité » ;
- proximité géographique avec la priorité donnée à la compensation « sur le site endommagé ou, (...), à proximité de celui-ci afin de garantir ses fonctionnalités de manière pérenne » ;
- efficacité avec « l'obligation de résultats » pour chaque mesure compensatoire ;
- pérennité avec l'effectivité des mesures de compensation « pendant toute la durée des atteintes ».

Sont présentés ci-après des exemples de mesures compensatoires favorables aux Odonates. Pour plus de précisions sur les aspects techniques des différents types d'actions ou d'aménagements de génie écologique à mettre en place se référer au guide technique de l'OPIE Aborder la gestion conservatoire en faveur des Odonates, 2016 [4].

Création/renaturation de milieux

Il s'agit ici de créer ou renaturer un milieu aux caractéristiques écologiques identiques au milieu détruit et/ou favorable à l'espèce impactée. Cette typologie de mesures compensatoires doit comprendre :

- la maîtrise du site par la propriété ou par contrat ;
- les mesures techniques visant la création de milieux ;
- les mesures de gestion nécessaires à l'efficacité et la pérennité des mesures.

Concernant les Odonates la mise en place de ce type de mesures impose la création ou la renaturation des habitats nécessaires au cycle de vie des espèces ciblées :

- habitat de la larve (régime hydraulique, substrat...) ;
- présence des supports nécessaires à l'émergence (végétation rivulaire, ripisylve...) ;
- milieu nécessaire à la maturation des individus immatures (lisières, haies...) ;
- zones de repos, de chasse et présence de supports nécessaires à la ponte pour les imagos.

Exemple de création d'un fossé favorable à l'Agrion de Mercure

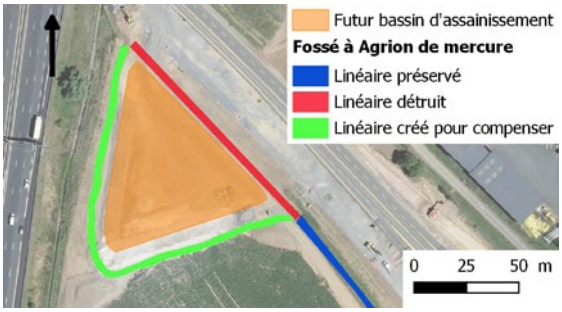
D'après : Dossier de demande d'autorisation unique A406/RN79 Noeud de Macon Sud (APRR , Avril 2017)

- Description de la mesure

Dans le cadre de la mise en 2x2 voies d'un tronçon de la RN79 accompagné d'un bassin multifonctions, la destruction de 110 mètres linéaires de fossé abritant l'Agrion de Mercure (en rouge) ne pouvant être évitée a été compensée par la création de 220 mètres linéaires de fossé favorables à l'espèce (en vert).

Le dossier de demande de dérogation précise également les caractéristiques techniques et écologiques du fossé et les modalités de gestion de cette mesure pour répondre aux exigences du cycle de vie de l'Agrion :

Stade(s) concerné(s)	Aménagement/entretien
Larve	• Créer le fossé favorisant le méandrage et l'adoucissement des berges • Maintenir le régime hydrologique • Protéger l'habitat larvaire lors du curage • Maintenir et améliorer la qualité physico-chimique du fossé
Ponte et émergence	• Lutter contre la fermeture complète du fossé
Immature et adulte	• Maintenir et protéger (clôture) les zones herbacées proches, • Favoriser les capacités de dispersion de l'espèce.
coûts	Estimés à 70 000 €.



Points de vigilance

Le choix du site de compensation

La complexité du fonctionnement des milieux humides favorables aux Odonates nécessite de choisir avec soin le site sur lequel sera mis en place la mesure compensatoire pour garantir son efficacité dans le temps. En effet, le choix d'un site ne présentant pas les caractéristiques abiotiques de l'habitat escompté (alimentation en eau , nature du sol...) présente un risque d'échec très élevé [15]. Un choix pertinent peut par exemple consister à privilégier un site sur lequel une population de l'espèce impactée est déjà présente mais en déclin et/ou était présente par le passé, accompagné d'une évaluation de la capacité de la mesure compensatoire à remédier à ce déclin et/ou à recréer l'habitat détruit.

Aménagements/actions de génie écologique

Pour être efficaces, les aménagements et actions doivent recréer l'ensemble des caractéristiques biotiques et abiotiques des habitats (très variables selon les espèces) nécessaires au cycle de vie de l'espèce impactée :

- recréer les habitats nécessaires aux différents stades d'évolution (végétation, substrat), maturation sexuelle et imagos (zones de chasse, de repos, de ponte),
- recréer les caractéristiques physico-chimiques des habitats larvaires aquatiques (régime hydraulique, pH, turbidité...).

Restauration/réhabilitation

Elle est définie dans les lignes directrices [14] comme une « Action sur un milieu dégradé par l'homme ou par une évolution naturelle (ex : fermeture d'un milieu par développement des espèces ligneuses suite à un abandon de gestion), visant à faire évoluer le milieu vers un état plus favorable à son bon fonctionnement ou à la biodiversité. Interventions faisant appel à des travaux (terrassement, travaux hydrauliques, génie écologique, etc.) ».

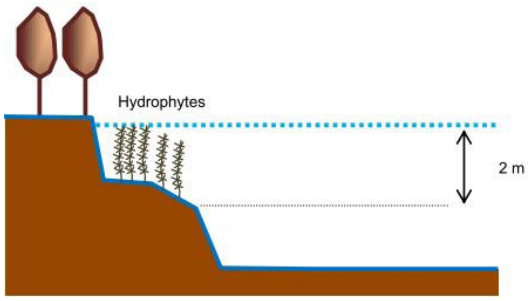
Ainsi, pour les Odonates, la restauration/réhabilitation peut concerner les cours d'eau avec des actions sur les berges, la (re)connexion avec les annexes hydrauliques, la restauration des conditions hydromorphologiques du lit mineur du cours d'eau (reméandrage, diversification des écoulements, apport de matériaux, reprofilage pour agir sur le profil en long ou en travers, pente), autant d'actions susceptibles de créer différents micro-habitats favorables aux Odonates à différents stades de leur développement.

Exemple de restauration : Reprofilage de berge favorable à *Oxygastra curtisii* et *Gomphus graslinii*

D'après : Annexe 3 de l'arrêté n° 2013 220 – 0001 Dérogation esp. pro. contournement LGV Nîmes-Montpellier, 2013

- Description de la mesure

Proposition de renaturation de berges de plans d'eau de gravières pour créer des habitats favorables au développement larvaire et à la ponte de deux espèces d'Odonates protégées *Oxygastra curtisii* et *Gomphus graslinii* impactées par le projet.



Même si ces deux espèces sont inféodées préférentiellement aux zones de cours d'eau au courant très lent, on peut également les retrouver dans les milieux d'eaux stagnantes. Leur présence dans des sites proches du site de compensation a incité le maître d'ouvrage à proposer cette mesure. Ces deux espèces ont besoin, pour la ponte et le développement larvaire (même si concernant *Gomphus graslinii* les données sont encore à approfondir [8], [18]), de berges abruptes et profondes accompagnées d'un substrat sableux où s'accumulent les débris végétaux (feuilles, branches…). La présence d'une ripisylve avec une strate arborée est donc indispensable de par l'ombre qu'elle porte à la surface de l'eau ainsi qu'aux débris végétaux qu'elle produit, la larve d'*Oxygastra curtisii* affectionnant également les chevelus racinaires immergés où elle se cache. Cette mesure compensatoire favorise l'état larvaire, la ponte et l'émergence de ces espèces.

- Coûts

Les coûts de ce type de mesure sont très variables et dépendent du linéaire à renaturer. Au reprofilage des berges s'ajoute la plantation d'une ripisylve avec différentes strates notamment arborée ainsi que, éventuellement, l'apport de matériaux si le substrat du fond de l'étang ou du lit du cours d'eau n'est pas adapté. On peut cependant, à titre indicatif, évoquer certains coûts :

- terrassement pour reprofilage de la berge : 800 €/j pelle mécanique,
- réinjection de matériaux : 10 € m^3,
- reconstitution de ripisylve : 20 € par mètre linéaire de berge.

Ces moyennes de coûts sont issues principalement de [19].

Évolution des pratiques de gestion

On entend par « évolution des pratiques de gestion » deux catégories de mesures dont l'abandon ou le changement total des modalités de gestions antérieures (ex : changement de pratique culturale par conversion d'une parcelle de culture intensive de céréales en prairie permanente fauchée ou pâturée). Cette évolution peut-être bénéfique aux populations de certaines espèces d'Odonates en (re)créant par exemple les habitats nécessaires à la maturation et/ou la chasse et le repos des imagos à proximité du milieu aquatique nécessaire aux larves. En règle générale, les Odonates pour les stades de maturation sexuelle, d'activité de chasse et de repos ont besoin de zones ouvertes riches en proies, comprenant des éléments du paysage où elles peuvent se reposer et se cacher des prédateurs telles que des haies ou des lisières.

La question du foncier mobilisé dans le cadre de ce type de mesure compensatoire peut prendre différentes formes et l'évolution des pratiques de gestion peut être effectuée soit en interne soit par un autre opérateur. Toutes ces questions sont largement développées dans la littérature existante [20].

Exemple évolution des pratiques de gestion : conversion de culture en prairie

D'après : Dossier de demande d'autorisation, Aménagement de l'A480 et de l'échangeur du Rondeau dans la traversée de Grenoble, AREA/État, 2018

- Description de la mesure

L'objectif de cette mesure vise la restauration et / ou l'amélioration de milieux ouverts favorables aux espèces impactées par le projet, et notamment l'Avifaune et les Reptiles mais le futur milieu sera également favorable aux Odonates comme zone de chasse et de repos.

- Détails

Objectif : convertir les deux parcelles en cultures en milieux prairiaux et ainsi diversifier la mosaïque de milieux et la diversité floristique.

Surface : 11,7 ha

Description technique :

- destruction du précédent cultural (technique de déchaumage),
- préparation du lit de semence des sols et ensemencement des surfaces traitées en privilégiant l'apport de semis naturels pratiqués préférentiellement à partir de semences locales (technique des « fleurs de foin ») issues d'une parcelle source dont les qualités générales (type de sol, perméabilité...) correspondent le plus possible à celles de la parcelle receveuse.
- mise en place :
  - de clôtures extérieures à réaliser de manière durable et robuste
  - de clôtures intérieures, séparant les sous parcelles à pâturer, qui seront préférentiellement des rubans électriques mobiles alimentés par une batterie, à bonne hauteur (suffisant à contenir les équidés à privilégier pour le pâturage).

Entretien/Gestion :

- exigence de maintien des surfaces en prairies sans modification d'affectation du sol,
- gestion extensive de préférence par pâturage tournant d'équidés avec une charge adaptée (valeur de 0,5 à 1 UGB/ha),
- maintien de bandes enherbées notamment en lisières extérieures des boisements existants au sud du site et des haies plantées,
- absence de fertilisation,
- interdiction d'utiliser des produits phytosanitaires.

Coût :

- déchaumage : 100 €/ha,
- fleurs de foin : 300 €/ha,
- clôtures : extérieures : 10 €/ml ; mobiles : 3-4 €/ml,
- gestion extensive : 250 €/ha par année.

Points de vigilance

Gestion et suivi

Pour être pérennes, les mesures compensatoires doivent faire l'objet d'actions de gestion pour atteindre et maintenir les caractéristiques écologiques et physico-chimiques des habitats pendant toute la durée de l'impact du projet.
Un suivi doit également être mis en œuvre pour vérifier l'atteinte des objectifs fixés initialement et si nécessaire, réajuster la gestion pratiquée.

Le suivi associé aux mesures

Définition : les mesures compensatoires doivent se traduire par une « (...) obligation de résultats et être effectives pendant toute la durée des atteintes » (L.163-1 du code de l'environnement). Ainsi chaque mesure compensatoire doit être accompagnée d'objectifs de résultat qui doivent être évalués dans le cadre d'un suivi.

Ce suivi permet :

- de vérifier l'accomplissement des objectifs ou de s'assurer que la trajectoire écologique est sur la « bonne voie » ;
- de réajuster les mesures s'il s'avère que tout ou partie des objectifs fixés ne sont/seront pas atteints.

En cas d'atteinte aux espèces d'Odonates et de mesures prises en leur faveur, un programme de suivi doit être mis en œuvre. Il doit s'appuyer sur un protocole spécifique [21].

État initial de l'environnement

Le site de compensation doit faire l'objet d'un EIE précis pour juger de l'efficacité de la mesure compensatoire et définir un état « 0 » à partir duquel sera estimée la plus-value écologique liée à la mesure compensatoire. Trois possibilités :

- soit le site se trouve à proximité de l'impact et l'EIE du projet est assez précis et peut-être utilisé ;
- soit le site se trouve à proximité de l'impact mais l'EIE du projet n'est pas assez détaillé et doit être précisé ;
- soit le site de compensation est éloigné du site impacté, il nécessite un EIE propre.

Objectif du suivi

Les objectifs de résultats peuvent être de différentes natures. Par exemple :

- installation sur le site de compensation d'une population stable de l'espèce impactée sur plusieurs années ;
- bon état de conservation de l'espèce sur le site symbolisé par une typologie d'état (bon, mauvais...)

Indicateur pour répondre à l'objectif

Les indicateurs nécessaires pour évaluer la réalisation des objectifs doivent être facilement mesurables, exemple :

- présence d'une population de l'espèce « x » Indicateur objectif chiffré : recensement du nombre d'individus estimé de l'espèce impactée et évolution sur plusieurs années.

Protocole de suivi

Ce protocole doit détailler les techniques et méthodes utilisées nécessaires pour mesurer les indicateurs et comprendre :

- un plan d'échantillonnage ;
- une ou plusieurs techniques et/ou méthodes à appliquer ;
- des règles complémentaires d'application : durée, fréquence, conditions météorologiques...

Pérennité du suivi

Le suivi doit également faire l'objet d'une restitution cartographique détaillée pour garder la traçabilité de l'échantillonnage (position des transects...) accompagné du détail du protocole de suivi. C'est particulièrement important en cas de transfert éventuel du suivi à une autre personne ou un autre organisme (pour garantir sa pérennité et sa pertinence scientifique).

Coûts

Exemple pour un suivi à effectuer sur 20 ans à n+1, n+3, n+5, n+10, n+15 et n+20 (récurrence variable selon les projets et le type de mesures compensatoires), avec trois passages par an selon un protocole détaillé avec une journée écologue de BE à 600 €, on obtient un coût de 10 800 € pour un suivi sur 20 ans (soit 540 €/an).

Points de vigilance

Les inventaires de suivi

L'inventaire notant la présence et le nombre d'individus sur le site de compensation doit être complété et analysé par des observations comportementales : comportement territorial, cœurs copulatoires, présence d'individus immatures... ainsi que la récolte et l'identification des exuvies, ceci pour justifier l'installation effective de l'espèce sur le site.

D'autre part si l'objectif fixé est d'atteindre un fonctionnement écologique similaire au site impacté avec comme indicateur le retour d'un cortège odonatologique, la richesse spécifique (= nombre d'espèce présentes) du site n'est pas un indicateur pertinent de la réalisation de cet objectif. En effet, la création d'un nouveau milieu humide va rapidement être colonisé par des espèces d'Odonates ubiquistes qui peuvent ne pas être celles impactées par le projet et/ou qui ne sont pas représentatives des fonctions écologiques recherchées du milieu.

Il est donc indispensable de prévoir la durée sur laquelle le suivi de l'indicateur est nécessaire pour pouvoir statuer sur l'atteinte des objectifs en termes de retour d'une espèce précise et/ou des fonctionnalités écologiques voulues du milieu.

Exemples de mesures en faveur des espèces les plus impactées

Sont présentées ci-dessous les spécificités écologiques, les menaces et des exemples de mesures compensatoires des deux espèces protégées les plus fréquemment impactées par les projets d'ILT au vu de leur répartition large (présence dans les départements en vert sur les cartes de répartition d'après l'INPN).

L'Agrion de Mercure

Coenagrion mercuriale (Charpentier, 1840)





Statut

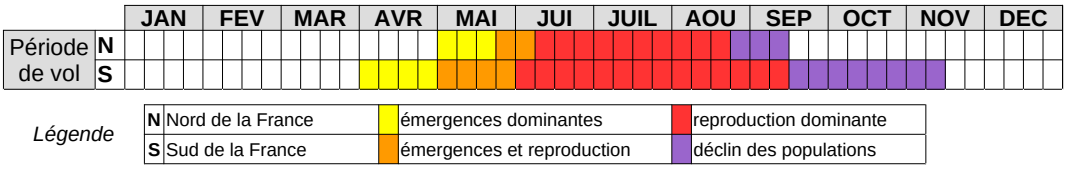
- Annexe II DHFF (327 sites Natura2000 en France métropolitaine [6])
- Protection nationale : art.3 de l'arrêté du 23 avril 2007

Habitats

L'espèce affectionne les petits cours d'eau, fossés, suintements plutôt ensoleillés, avec une bonne qualité de l'eau et un débit permanent. La présence d'une végétation aquatique (pour la ponte et les larves) et rivulaire (pour permettre l'émergence) est indispensable. Les zones de maturation sexuelle, de repos, et de chasse se trouvent à proximité directe du cours d'eau (moins de 100 m) et se composent de zones ouvertes : mégaphorbiaies, prairies...

Période de vol

Le tableau ci-dessous (d'après [2]) présente les périodes indicatives de vols de l'Agrion de Mercure. La différenciation Nord/Sud présente le décalage des différents stades entre les zones méridionales et les zones aux latitudes et altitudes plus élevées sachant que ces périodes peuvent varier d'environ deux semaines en fonction des conditions météorologiques de l'année. À noter que les larves, toutes espèces d'Odonates confondues, sont présentes toute l'année dans les milieux aquatiques.



Principales menaces

- fragmentation de la population ;
- eutrophisation et/ou pollution des eaux (d'origine agricole, industrielle et urbaine) ;
- curage, rectification et canalisation des petits cours d'eau ;
- fermeture du milieu ;
- arrêt de l'alimentation en eau du milieu par abaissement de la nappe.

Exemple de mesures compensatoires Agrion de Mercure

La création et/ou la renaturation d'un milieu favorable à l'Agrion de Mercure peut-être une mesure compensatoire proposée en cas d'impact résiduel engendré par les projets d'ILT sur cette espèce. Le tableau ci-dessous présente des exemples d'actions et d'aménagements.

Composante du milieu		Caractéristiques des habitats favorables à l'Agrion de Mercure	Exemples d'actions et d'aménagements favorables à l'Agrion de Mercure
sol	berges	• berges en pente douce	• reprofilage des berges
Eau	régime hydraulique	• eau courante de faible profondeur à vitesse faible à modérée	• creusement du lit du fossé ou reméandrage de ruisseau • apport éventuel de matériaux
		• débit permanent toute l'année	• (re)connexion avec un fossé/ruisseau existant • mise en place de vanne
	qualité de l'eau	• eau oligotrophe à mésotrophe	• modalités d'entretien des dépendances de l'ILT et/ou contractualisation avec les agriculteurs/industriels riverains pour mettre en place des pratiques limitant l'eutrophisation/pollution des eaux
Végétation	végétation aquatique et rivulaire	• présence de végétation aquatique toute l'année : hélophytes et hydrophytes	• plantation d'espèces hélo et hydrophytes • action sur la végétation pour éviter la fermeture du milieu (notamment le développement d'une strate arborée)
	végétation environnante	• présence de prairie semi-naturelle et/ou mégaphorbiaie en périphérie des cours d'eau	Modalités d'entretien adaptées d'une bande rivulaire : • mise en défens temporaire en période d'émergence/vol • pâture/fauche à partir de fin août septembre

Mesures de suivi et d'accompagnement

L'efficacité de ces mesures nécessite un suivi des populations d'Agrion avec un protocole adapté sur toute la durée de l'impact ainsi que le suivi des paramètres hydrologiques (niveau et qualité de l'eau) et de la végétation (fermeture du milieu) essentiels pour l'espèce.

La Cordulie à corps fin

Oxygastra curtisii (Dale, 1834)





Statut

- Annexe II et IV de la DHFF (188 sites Natura 2000 en France métropolitaine [6])
- Protection nationale : art. 2 de l'arrêté du 23 avril 2007

Habitats

Les larves vivent dans les parties calmes des eaux courantes, fleuves à cours lent, canaux ainsi que sur certains plans d'eau : lacs, anciennes gravières... Le dénominateur commun à ces habitats est la présence d'une ripisylve développée. Les femelles pondent dans les zones ombragées par la ripisylve souvent à l'interface de l'eau et des racines d'arbres. Les larves vivent préférentiellement dans les débris végétaux et le chevelu racinaire immergé. L'émergence se déroule sur les branches, troncs et racines émergés de la ripisylve. Les zones de maturation sexuelle se trouvent souvent éloignées des sites d'émergences dans des friches buissonnantes ou des allées forestières par exemple.

Période de vol

Concernant cette espèce une attention particulière doit être portée sur la période d'émergence qui se déroule majoritairement sur une période réduite (10 à 15 jours). La topographie des milieux favorables à l'émergence : racines, branches, troncs à proximité directe d'une berge abrupte (ce qui les rend très sensibles au marnage). À l'instar des autres espèces d'Odonates, les larves d'*Oxygastra curtisii* sont présentes toute l'année dans les milieux aquatiques.

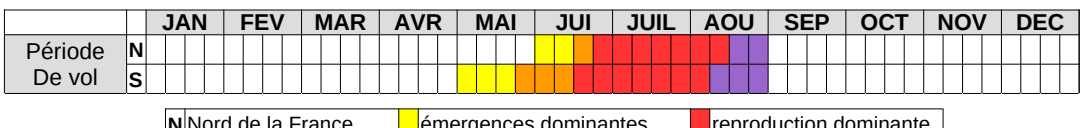
Principales menaces

- eutrophisation et/ou pollution des eaux (d'origine agricole, industrielle et urbaine) ;
- aménagement des grandes rivières ;
- exploitation de granulats ;
- déboisement des rives ;
- activités génératrices de marnage en période d'émergence (activité nautiques, trafics fluviaux).

Exemple de mesures compensatoires Cordulie à corps fin

La création et/ou la renaturation d'un milieu favorable à la Cordulie à corps fin peut-être une mesure compensatoire proposée en cas d'impact résiduel engendré par les projets d'ILT sur cette espèce. Le tableau ci-dessous présente des exemples d'actions et d'aménagements.

Composante du milieu		Caractéristiques des habitats favorables à la Cordulie à corps fin	Exemples d'actions et d'aménagements favorables à la Cordulie à corps fin
Sol	berges	• berges en pente abrupte	• reprofilage des berges
	substrat	• substrat sablo-limoneux au fond de la rivière	• apport éventuel de matériaux
Eau	régime hydraulique	• partie calme des eaux courantes • parfois eaux stagnantes	• reméandrage du cours d'eau pour créer des zones d'eaux calmes • diversification des faciès du cours d'eau (mouilles, radiers) • destruction d'ouvrage de protection des berges si le contexte le permet
		• eau oligotrophe à mésotrophe	• modalités d'entretien des dépendances de l'ILT et/ou contractualisation avec les agriculteurs/industriels riverains pour mettre en place des pratiques limitant l'eutrophisation/pollution des eaux
Végétation	végétation aquatique et rivulaire	• présence d'une ripisylve développée	• plantation d'espèces arbustives en contact direct avec le milieu aquatique et capables de développer un chevelu racinaire immergé : saules et aulnes notamment • recepage tous les 8 à 10 ans par rotation
	végétation environnante	• présence d'une mosaïque de formations végétales diversifiées sur les rives : herbacées, arbustives et arborées	• modalités de gestion adaptées des formations végétales en périphérie des cours d'eau pour préserver leur diversité (pâturage/fauchage/entretien de la ripisylve)



N	Nord de la France	émergences dominantes	reproduction dominante
S	Sud de la France	émergences et reproduction	déclin des populations

Mesures de suivi et d'accompagnement

L'efficacité de ces mesures nécessite un suivi des populations de Cordulie avec un protocole adapté sur toute la durée de l'impact ainsi que le suivi des paramètres hydrologiques, de la ripisylve et des formations végétales adjacentes. Une concertation autour des activités responsables de l'éventuel marnage en période d'émergence peut également être envisagée en accompagnement.

Bibliographie

[1] Les zones humides, Rapport de l'instance d'évaluation, Commissariat général du Plan, La Documentation Française, 1994

[2] Les libellules de France, Belgique et Luxembourg, Daniel Grand et Jean-Pierre Boudot Collection Parthénope, biotope Édition, 2006

[3] Influence of roadways on patterns of mortality and flight behavior of adult dragonflies near wetland areas, Soluk et al., Biological Conservation, 2011

[4] Aborder la gestion conservatoire en faveur des Odonates, Guide Technique, OPIE, Octobre 2016.

Réréfences législatives

[5] - Natura 2000 : Directive Habitats Faune Flore 92/43/CEE du 21 mai 1992
- Protection nationale : Arrêté du 23 avril 2007 fixant les listes des insectes protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection.
- Protection Île-de-France : Arrêté du 22 juillet 1993 relatif à la liste des insectes protégés en région Île-de-France complétant la liste nationale
- Loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques

[6] https://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/listeEspeces , INPN, 2019

[7] Liste rouge des espèces menacées en France Libellules de France métropolitaine, UICN, MNHN, 2016

[8] Plan national d'action en faveur des Odonates 2011-2015, MTES, 2010

[9] Décret n° 2019-1400 du 17 décembre 2019 adaptant les orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques

[10] Sécurisation des projets d'infrastructures linéaires de transports volet espèces protégées Collection connaissances, Cerema, Juillet 2017

[11] L'étude d'impact-Projets d'infrastructures linéaires de transport. Collection Références, Cerema, 2016

[12] Site de la Société Française d'Odonatologie rubrique « Méthodologie »: http://www.libellules.org/fra/fra_index.php

[13] Évaluation environnementale Guide d'aide à la définition des mesures ERC, CGDD, 2018

[14] Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels, CGDD, 2013

[15] The potential of diversion structures to reduce roadway mortality of the endangered Hine's emerald dragonfly (*Somatochlora hineana*), Furness et Soluk, Journal of Insect Conservation, 2015

[16] Société Française d'Odonatologie http://www.libellules.org/fra/fra_index.php

[17] Conception des ouvrages d'assainissement provisoires en phase chantier, Collection Connaissances, Cerema, 2015

[18] Sur l'habitat et la répartition de *Macromia splendens* (Pictet, 1843) et *Gomphus graslinii* (Rambur, 1842) dans la rivière de l'Hérault (département de l'Hérault), M. Lohr, 2007

[19] Détermination des coûts de référence des travaux de restauration hydromorphologique des cours d'eau et conception d'une base de données de projets et d'un outil d'estimation du coût du volet hydromorphologie des programmes de mesures 2016-2021, Agence de l'eau RMC, 2014

Questions foncières

[20] - Stratégies foncières locales et mobilisation des outils fonciers en faveur de la biodiversité, CETE, 2013
- Obligation Réelle Environnementale (ORE) Fiches de synthèse, Cerema, 2018
- Le bail rural à clauses environnementales (BRE) 10 questions 10 réponses, Cerema Méditerrannée, 2016
- Cahier technique - Trame verte et bleue, les outils pour sa mise en œuvre, Centre de ressources Trame verte et bleue, 2017

[21] Guide « Espèces protégées aménagements et infrastructures », MTES, 2012

Acronymes utilisés

APB	arrêté de protection de biotope
BFC	bourgogne-franche-comté
CGDD	commissariat général au développement durable
DHFF	directive habitats faune flore
DREAL	direction régionale de l'environnement de l'aménagement et du logement
EIE	état initial de l'environnement
ERC(A)	(« séquence ») éviter, réduire, compenser, (accompagner)
GINCO	gestion d'information naturaliste collaborative et ouverte
ILT	infrastructure linéaire de transport
INPN	inventaire national du patrimoine naturel
LR	liste rouge
MNHN	muséum national d'histoire naturelle
MO	maîtrise d'ouvrage
OPIE	office pour les insectes et leur environnement
PACA	(région) provence-alpes-côte-d'azur
PNAO	plan national d'actions en faveur des odonates
PRAO	plan régional d'actions en faveur des odonates
RNN	réserve naturelle nationale
SFO	société française d'odonatologie
SINP	système d'information sur la nature et les paysages
TVB	trame verte et bleue
UICN	union internationale pour la conservation de la nature
ZNIEFF	zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique

Pour aller plus loin

Liens utiles

- **DHFF** : https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=LEGISSUM%3Al28076
- **Protection nationale** : www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000465500
- **Liste rouge nationale** : https://uicn.fr/liste-rouge-libellules
- **Listes rouges régionales** : https://uicn.fr/etat-des-lieux-listes-rouges-regionales
- **PNAO** : http://odonates.pnaopie.fr
- **Espèces TVB** : www.trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/references-juridiques/decret-ndeg2014-45-20-janvier-2014-portant-adoption
- **SFO** : www.libellules.org/fra/fra_index.php
- **INPN** : https://inpn.mnhn.fr/accueil/index
- **SINP** : www.naturefrance.fr
- **GINCO** : https://ginco.naturefrance.fr

Contributeurs

Rédaction : Laurent Dramais (Cerema Centre-Est).

Relecture : Virginie Billon et Séverine Hubert (Cerema Centre-est), Manuel Bouron (CEN Savoie), Éric Guinard (Cerema Sud-Ouest), Bénédicte Lemaire (GON du Nord–Pas-de-Calais), Pierre Mazuer et Julian Pichenot (Cerema Est), Marine Paulais (MTES – DGITM), François Pich (Groupe APRR), Olivier Pichard (Cerema Nord-Pas-de-Calais).

Maquettage
Cerema Territoires et ville
Service édition

Photos et illustrations
Arnaud Bouissou/Terra, Séverine Hubert, Laurent Dramais, CRPF Bourgogne, Cerema Centre-Est

Impression
Jouve
Mayenne

Date de publication
Décembre 2019
ISSN : 2417-9701
2019/59

© 2019 - Cerema
La reproduction totale ou partielle du document doit être soumise à l'accord préalable du Cerema.

Contact

- Laurent Dramais Cerema Centre-Est
  04 74 27 53 98 - laurent.dramais@cerema.fr
- Virginie Billon Cerema Centre-Est
  04 74 27 53 56 - virginie.billon@cerema.fr

Commander ou télécharger nos ouvrages sur
www.cerema.fr

La collection « Connaissances » du Cerema

Cette collection présente l'état des connaissances à un moment donné et délivre de l'information sur un sujet, sans pour autant prétendre à l'exhaustivité. Elle offre une mise à jour des savoirs et pratiques professionnelles incluant de nouvelles approches techniques ou méthodologiques. Elle s'adresse à des professionnels souhaitant maintenir et approfondir leurs connaissances sur des domaines techniques en évolution constante. Les éléments présentés peuvent être considérés comme des préconisations, sans avoir le statut de références validées.

Aménagement et cohésion des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Infrastructures de transport - Habitat et bâtiment

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement - www.cerema.fr
Cerema Territoires et ville - 2 rue Antoine Charial - 69426 LYON cedex 03 - Tél. +33 (0)4 72 74 58 00
Siège social : Cité des mobilités - 25 av. François Mitterrand - CS 92803 - 69674 BRON Cedex - Tél. +33 (0)4 72 14 30 30